

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Informe de diagnóstico, Proyecto de investigación y Proyecto de servicios
realizados en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía de la
Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad General Escobedo, Nuevo León,
México.**

ORLANDO JOSÉ VIELMAN RUIZ

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

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

**Informe de diagnóstico, Proyecto de investigación y Proyecto de servicios
realizados en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía de la
Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad General Escobedo, Nuevo León,
México, N.A.**

DOCUMENTO DE GRADUACIÓN

**Presentado a la honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía de la Universidad de
San Carlos de Guatemala**

**POR:
ORLANDO JOSÉ VIELMAN RUIZ**

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

**INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

ING. M. Sc. MURPHY OLYMPO PAIZ RECÍÑOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes.
VOCAL PRIMERO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona.
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Alvarez.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid.
VOCAL CUARTO	Perito Agr. Marlon Estuardo González Alvarez.
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Wladimir González Paz.
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria.

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

Guatemala, octubre 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 documento de graduación titulado:

“INFORME DE DIAGNÓSTICO, PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL CENTRO DE AGRICULTURA PROTEGIDA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, CIUDAD GENERAL ESCOBEDO, NUEVO LEÓN, MÉXICO, N.A.”, presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Orlando José Vielman Ruiz

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Por ser mi creador, el centro de mi vida y mi fuente de fe y sabiduría.

MIS PADRES Marta Odilia Ruíz Alvarez y Orlando Efrén Vielman Aceituno

Por haberme dado la vida y por haber ejecutado sabiamente los propósitos de Dios para mi vida, por haber creído en mi formación académica e inculcarme valores éticos y morales desde pequeño, por ser mi sostén en todos los momentos de mi vida, gracias por su apoyo incondicional y amor, los amo.

MIS HERMANAS Rocío Margarita Vielman Ruiz y Sara María Gabriela Vielman Ruiz

Por ser mis compañeras inseparables a lo largo de toda mi vida, gracias por creer en mí y que este triunfo sirva como motivación para que alcancen todas sus metas, sueños y anhelos de su corazón, las amo.

MI FAMILIA Con todo mi cariño y respeto hacia cada integrante de ella.

MIS AMIGOS Por brindarme su valiosa amistad sincera, por cada momento vivido y acompañarme a lo largo de todo este tiempo, gracias por todo.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala
Universidad de San Carlos de Guatemala
La facultad de Agronomía
Mis asesores
Centro de Agricultura Protegida

AGRADECIMIENTOS

A:

Familia Rodas Listz

Por brindarme todo su apoyo, confianza y cariño, y por hacerme sentir como un miembro más de su querida familia. Gracias por todo.

Mi asesor

Dr. Heberto Antonio Rodas Gaitán por todos los conocimientos compartidos, por la asesoría en cada etapa de mi ejercicio profesional supervisado y sobre todo por su valiosa amistad.

Mi docente asesor

Ing. Agr. Hermógenes Castillo por su valiosa asesoría brindada en la ejecución de mi ejercicio profesional supervisado y del presente documento de graduación.

Dr. Emilio Olivares Sáenz

Por permitirme formar parte del personal del Centro de Agricultura Protegida que él dirige, por toda la confianza y el apoyo recibido.

CENTRO DE AGRICULTURA PROTEGIDA

A todos los integrantes del Centro Agricultura Protegida por brindarme todo su apoyo, su cariño y su amistad durante mi estancia, en especial a Don Jesús Ortiz, Nora Meza, Alan Sánchez, Liliana Morales, Maricela Facundo, Fernando Carballo, Arlette Rojas e Ing. Carlos Villareal.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
– ÍNDICE DE CUADROS	v
– ÍNDICE DE FIGURAS	vii
– RESUMEN	ix
 1. CAPÍTULO I: Diagnóstico en el Centro de Agricultura Protegida, Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1 Ubicación geográfica	4
1.2.2 Clima	4
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 METODOLOGÍA	5
1.4.1 Fase de gabinete	5
1.4.2 Fase de campo	6
A. Observación	6
B. Sondeo	6
1.4.3 Recursos	6
1.4.4 Propuesta de análisis de la información	6
1.5 Descripción de las actividades productivas centro de agricultura protegida	7
1.5.1 Cultivos en Invernadero (tomate, pepino y moringa)	8
A. Proceso de Semillero	8
B. Establecimiento del cultivo de tomate	10
C. Establecimiento del cultivo de pepino	15
D. Cultivo de moringa en invernadero	16
E. Cultivo de moringa en campo abierto	19
F. Lombricompostas	21

Contenido	Página
1.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
1.6.1 Matriz de priorización de problemas identificados	22
1.6.2 Descripción de los problemas priorizados	24
A. No existe un manejo integrado de plagas y enfermedades	24
B. Falta de control de los parámetros y la dieta de las lombricompostas.....	24
C. Agua con elevada salinidad	24
D. Equipo de protección para aplicación de productos químicos en mal estado.....	25
E. Invernadero de moringa en mal estado.....	25
F. Falta de control de las condiciones ambientales dentro de invernadero	26
1.7 CONCLUSIONES.....	27
1.8 RECOMENDACIONES	27
1.9 BIBLIOGRAFÍA.....	28
2. CAPÍTULO II: Proyecto de investigación	29
2.1 PRESENTACIÓN	31
2.2 MARCO TEÓRICO.....	33
2.2.1 Marco Conceptual.....	33
A. Lombricultura.....	33
B. Tipos de lombrices.....	34
C. Anatomía y Morfología de la Lombriz.....	36
D. Características y propiedades del Lombricompost.....	41
E. Humus	43
F. Proceso de producción del humus.....	45
G. Fuente de residuos orgánicos.....	48
H. Actividades de producción	50
I. Lombricultura en el Centro de Agricultura Protegida (CAP)	55
2.2.2 Marco Referencial.....	56
A. Ubicación geográfica	56
B. Clima	56
C. Investigaciones referenciales.....	57
D. Requerimientos para el manejo adecuado de lombrices en la producción de Vermicompost.....	59

Contenido	Página
2.3 OBJETIVOS	61
2.3.1 Objetivo General.....	61
2.3.2 Objetivos Específicos	61
2.4 HIPÓTESIS	61
2.5 METODOLOGÍA.....	62
2.5.1 Preparación del experimento	62
A. Material biológico.....	62
B. Fase I	63
C. Fase II	64
2.5.2 Metodología experimental	67
A. Diseño experimental	67
B. Tratamientos.....	67
C. Unidad experimental.....	68
D. Variables de respuesta	68
E. Análisis estadístico	74
F. Modelo estadístico.....	74
G. Hipótesis estadística.....	74
H. Toma de datos.....	75
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
2.6.1 Porcentaje de humedad.....	76
2.6.2 Porcentaje de materia orgánica	78
2.6.3 Porcentaje de cenizas	81
2.6.4 Porcentaje de carbono orgánico	83
2.6.5 pH.....	85
2.6.6 Conductividad eléctrica.....	88
2.6.7 Hongos y levaduras	89
2.6.8 Bacterias.....	90
2.6.9 Cromatografía circular	92
A. Cromatografía tratamiento 1	92
B. Cromatografía tratamiento 2	94
C. Cromatografía tratamiento 3	95

Contenido	Página
D. Cromatografía tratamiento 4	96
E. Cromatografía tratamiento 5	97
F. Cromatografía tratamiento 6	98
2.7 CONCLUSIONES	99
2.8 RECOMENDACIONES	101
2.9 BIBLIOGRAFÍA.....	102
 3. CAPÍTULO III: Informe de servicios Centro de Agricultura Protegida, Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad General Escobedo, Nuevo León, México.....	107
3.1 PRESENTACIÓN	108
3.2 EJECUCIÓN	109
3.2.1 Servicio 1. Proyecto de piletas de lombricultura	109
A. Problema	109
B. Objetivos	109
C. Metodología.....	110
D. Resultados obtenidos	114
E. Evaluación	114
3.2.2 Servicio 2. Manejo de compostas industriales finca Zu-Nopalito	115
A. Problema	115
B. Objetivo	115
C. Metodología.....	115
D. Resultados obtenidos	119
E. Evaluación	119
3.2.3 Servicio 3. Manejo orgánico del cultivo nopal y disminución de la incidencia de malezas.....	120
A. Problema ´	120
B. Objetivo	121
C. Metodología.....	121
D. Resultados obtenidos	124
E. Evaluación	125
3.2.4 Servicio 4. Servicios no planificados.....	125

Cuadro	Página
Cuadro 16. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para la interacción entre tipo de mezclas y especies de lombriz sobre la variable porcentaje de materia orgánica.	80
Cuadro 17. Porcentaje de cenizas para cada tratamiento y repetición.	81
Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable porcentaje de cenizas, por el efecto del tipo de mezclas y especie de lombriz.	82
Cuadro 19. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para la interacción entre tipo de mezclas y especies de lombriz sobre la variable porcentaje de cenizas.	82
Cuadro 20. Porcentaje de carbono orgánico para cada tratamiento y repetición.	83
Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable porcentaje de carbono orgánico, por el efecto del tipo de mezclas y especie de lombriz.	84
Cuadro 22. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para la interacción entre tipos de mezclas y especies de lombriz sobre la variable porcentaje de carbono orgánico.	84
Cuadro 23. pH para cada tratamiento y repetición.	85
Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable pH, por el efecto del tipo de mezclas y especie de lombriz.	86
Cuadro 25. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para el factor tipo de mezclas sobre la variable pH.	87
Cuadro 26. Conductividad eléctrica para cada tratamiento y repetición.	88
Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable conductividad eléctrica, por el efecto de los tipos de mezclas y especie de lombriz.	89
Cuadro 28. Unidades formadoras de colonias de hongos y levaduras para cada tratamiento y repetición.	89
Cuadro 29. Análisis de varianza para la variable unidades formadoras de colonias de hongos y levaduras, por el efecto de los tipos de mezclas y especie de lombriz.	90
Cuadro 30. Unidades formadoras de colonias de bacterias para cada tratamiento y repetición.	91
Cuadro 31. Análisis de varianza para la variable unidades formadoras de colonias de bacterias, por el efecto de los tipos de mezclas y especie de lombriz.	91
Cuadro 32. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para el factor especies de lombriz sobre la variable unidades formadoras de colonias de bacterias.	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Anatomía de una lombriz.	39
Figura 2. Preparación de las mezclas	64
Figura 3. Pesado de las distintas mezclas en contenedor.	65
Figura 4. Siembra de 50 lombrices en material precompostado.	66
Figura 5. Preparación de las muestras con NaOH 1 %.	71
Figura 6. Impregnación de papel filtro con Ag NO ₃	72
Figura 7. Preparación de muestras para su agitación y posterior impregnación.	72
Figura 8. Impregnación final de las muestras en el papel filtro.	73
Figura 9. Cromatogramas tratamiento 1 (<i>E. Foetida</i> , restos de moringa, bovinaza, restos de cafetería e invernadero).	93
Figura 10. Cromatogramas tratamiento 2 (<i>E. Foetida</i> , restos de moringa, gallinaza, restos de cafetería e invernadero).	94
Figura 11. Cromatogramas tratamiento 3 (<i>E. Foetida</i> , restos de moringa y bovinaza).	95
Figura 12. Cromatogramas tratamiento 4 (<i>E. Andrei</i> , restos de moringa, bovinaza, restos de cafetería e invernadero).	96
Figura 13. Cromatogramas tratamiento 5 (<i>E. Andrei</i> , restos de moringa, gallinaza, restos de cafetería e invernadero).	97
Figura 14. Cromatogramas tratamiento 6 (<i>E. Andrei</i> , restos de moringa y Bovinaza).	98
Figura 15. Construcción de piletas para lombricompost.	110
Figura 16. Recolección de desechos empleados para precompostaje.	111
Figura 17. Realización del precompostaje de los desechos orgánicos.	112
Figura 18. Manejo de las piletas de lombricompost.	113
Figura 19. Recolección de lixiviado de lombricompost.	114
Figura 20. Construcción de piletas.	116
Figura 21. Sistema de riego de compostas.	117
Figura 22. Volteo de compostas con máquina de volteo.	118
Figura 23. Toma de temperatura en compostas.	119
Figura 24. Problema identificado en el cultivo de Nopal.	120
Figura 25. Establecimiento del cultivo de Nopal.	121
Figura 26. Aplicación de composta a cultivo de nopal.	122
Figura 27. Colocación de acolchado en las camas de cultivo.	123
Figura 28. Realización de podas de formación del cultivo de nopal.	124
Figura 29. Reducción en la incidencia de malezas en el área.	125
Figura 30. Solarización del suelo del invernadero.	126
Figura 31. Aplicación del yeso agrícola, arena y gallinaza.	127
Figura 32. Llenado de bandejas con sustrato.	127
Figura 33. Siembra de semillas en bandejas.	128
Figura 34. Colocación de bandejas en invernadero.	128
Figura 35. Tratamiento previo a la siembra de las plántulas.	129

Figura	Página
Figura 36. Siembra de plántulas.....	129
Figura 37. Control de malezas dentro de cultivo de moringa.	130
Figura 38. Podas y recolección de vainas para semilla.....	130
Figura 39. Trasplante de estacas de moringa.	131

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía (EPSA), es la última fase de formación profesional donde el estudiante sale al campo a aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniero Agrónomo. El presente trabajo de graduación fue realizado durante el EPSA en la cohorte de febrero a noviembre de 2018 en el Centro de Agricultura Protegida (CAP) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), México. La fase del EPSA consta de tres documentos que conforman el trabajo de graduación. El primer documento se encuentra en el capítulo primero conformado por el proyecto de diagnóstico, el segundo documento se encuentra en el capítulo segundo conformado por el proyecto de investigación y el último documento se encuentra en el capítulo tercero conformado por el proyecto de servicios.

El CAP se encuentra ubicado en la calle General Francisco Villa s/n, colonia Ex Hacienda El Canadá, municipio General Escobedo, Nuevo León, México. Se encuentra a 25° 54' de latitud norte, 100° 8' de longitud oeste; a una altitud promedio de 510 m s.n.m. Esta zona es caracterizada por una temperatura media anual de 22.1 °C. La temperatura máxima promedio es de 38 °C y la temperatura mínima promedio es de 12 °C. Posee una precipitación media anual de aproximadamente oscilante entre 300 mm - 600 mm al año. La humedad relativa presente se encuentra entre el rango de 52 % - 96 %.

La primera fase la constituye el proyecto de diagnóstico, esta fase tuvo como finalidad diagnosticar las distintas actividades realizadas en el CAP y buscar posibles soluciones a las problemáticas identificadas. Se realizó un plan para el análisis de la información recabada mediante un sondeo. Luego fueron analizadas mediante una matriz de priorización en base a criterios pre establecidos y por último buscar posibles soluciones. Los problemas priorizados fueron los siguientes: no existe un manejo integrado de plagas y enfermedades en los cultivos en invernadero, invernadero de moringa en mal estado, falta de control de los parámetros y la dieta de las lombricompostas, equipo de protección

para aplicación de productos químicos en mal estado, no se tiene un control de las condiciones ambientales dentro de invernadero y salinidad excesiva del agua no existe un tratamiento.

La segunda fase la constituyó el proyecto de investigación que lleva por nombre: Vermicomposta a partir de mezclas de sustratos regionales y dos especies de lombriz (*Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*) en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. Dicha investigación tuvo como finalidad determinar el material más adecuado para el proceso de vermicompostaje, así como identificar la especie de lombriz más eficiente para éste proceso. Como primer paso para llevar a cabo la investigación se elaboró un anteproyecto, luego se llevó a cabo la ejecución y por último se realizaron trabajos de análisis de laboratorio.

La tercera fase consta de un informe de servicios realizados en el CAP y se brindó apoyo también a la finca Zu-Noaplito ubicada en el municipio de Zuzua, Nuevo León. La principal actividad que realiza esta finca es la producción de Nopal de manera orgánica, así como producción de enmiendas orgánicas. Los servicios ejecutados en el tiempo establecido fueron: servicio 1: construcción de dos piletas de lombricompost, servicio 2: Manejo de cuatro compostas industriales con restos de moringa picada y restos de Nopal, servicio 3: Manejo orgánico del cultivo de Nopal y prueba de acolchado a base de moringa picada y heno para caballo para disminuir la incidencia de malezas en el área y servicio 4: servicios no planificados a lo largo del tiempo del ejercicio profesional supervisado.



1. **CAPÍTULO I: Diagnóstico en el Centro de Agricultura
Protegida, Facultad de Agronomía Universidad
Autónoma de Nuevo León.**

1.1 PRESENTACIÓN

Las actividades relacionadas con la agricultura bajo condiciones protegidas en la Universidad Autónoma de Nuevo León se iniciaron en el año 2002 con la construcción de invernaderos en la ex hacienda “El Canadá” con apoyo de la Fundación UANL y la Fundación Produce Nuevo León A.C., con el objetivo de adaptar tecnología para difundirse entre productores en diferentes regiones del estado, principalmente en áreas marginadas.

El Centro de Agricultura Protegida (CAP) de La Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) se dedica a la formación de técnicos e investigadores en el área de cultivos bajo condiciones controladas con capacidades para desarrollar y asesorar proyectos de agricultura protegida. Además una de las misiones del CAP es generar conocimientos que puedan ser utilizados mediante la vinculación con el sector productivo a través de diferentes programas de difusión y extensión. Actualmente en el CAP se realizan trabajos sobre el manejo de distintos cultivos en invernadero como Tomate (*Solanum lycopersicum*), Pepino (*Cucumis Sativus*) y Moringa (*Moringa oleífera*). Además se realizan proyectos de investigación en el cultivo de Chile Habanero (*Capsicum chinense*) para generar información relevante.

El presente trabajo se realizó con el fin de diagnosticar la situación actual del Centro de Agricultura Protegida, además de determinar las deficiencias de las actividades y métodos productivos en el CAP. Con dicho diagnóstico se pudieron detectar distintos problemas que brindan un panorama del estado actual de las actividades que se llevan a cabo en el CAP. El diagnóstico se basó fundamentalmente en la identificación de problemas y su posterior priorización, con la finalidad de encontrar posibles soluciones y la viabilidad de los mismos con la elaboración de un proyecto de servicios y proyecto de investigación.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación geográfica

El presente diagnóstico se realizó en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en la Calle General Francisco Villa s/n, Colonia Ex Hacienda el Canadá, municipio General Escobedo, Nuevo León, México. Se encuentra a 25° 54' de latitud norte, 100° 8' de longitud oeste; a una altitud promedio de 510 m s.n.m. (Secretaría de desarrollo sustentable, NL. 2015).

1.2.2 Clima

Esta zona es caracterizada por una temperatura media anual de 22.1 °C. La temperatura máxima promedio es de 38 °C y la temperatura mínima promedio es de 12 °C. Posee una precipitación media anual de aproximadamente oscilante entre 300 mm - 600 mm al año. Se encuentra ubicado a una altura de 510 m s.n.m. La humedad relativa presente se encuentra entre el rango de 52 % - 96 % (Secretaría de desarrollo sustentable, NL. 2015).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Conocer las actividades que se realizan en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar los principales problemas que afectan los sistemas productivos de los invernaderos del Centro de Agricultura Protegida.

2. Conocer el estado actual del área de producción de Moringa (*Moringa oleífera*), tanto dentro de invernadero como en campo abierto.
3. Evaluar los sistemas de producción de lombricompostaje y lixiviados del Centro de Agricultura Protegida.

1.4 METODOLOGÍA

Para la realización del diagnóstico se trabajó únicamente en el área del Centro de Agricultura Protegida, siendo ésta área asignada por el director del CAP. Éste centro cuenta con el área de invernaderos y el área de campo donde se encuentra establecido el cultivo de moringa. Así también se cuenta con un área de lombricultura.

El diagnóstico que se realizó en el CAP se llevó a cabo de la siguiente manera:

1.4.1 Fase de gabinete

Para esta fase consistió en la recolección de información primaria sobre el área asignada por la administración, tal como, manejo de cultivos bajo condiciones controladas, el área de cultivo de moringa, la elaboración de lombricompostaje y apoyo en investigaciones montadas tanto en el campus de ciencias agropecuarias, como en la finca de la facultad ubicada en el municipio de Marín.

En ésta primera fase se recolectó la información con las personas encargadas de dichas áreas mediante el uso del sondeo, en donde se determinaron los principales problemas en los sistemas productivos del CAP. Posteriormente se procedió a la recolección de información secundaria de todas las actividades que se realizan en el CAP.

1.4.2 Fase de campo

A. Observación

Esta técnica se aplicó en el área asignada de trabajo mencionada anteriormente, por medio de un reconocimiento visual de dichas áreas e identificación de las problemáticas presentes. Se procedió a evaluar minuciosamente cada actividad realizada en cada proceso productivo para detectar las deficiencias.

B. Sondeo

Esta técnica fue una herramienta para determinar las problemáticas existentes en el área de trabajo asignada, consistió en la utilización de entrevistas personales a miembros encargados del manejo de las áreas de producción bajo condiciones controladas, el área de moringa y el área de lombricompostaje y compostaje; se obtuvieron criterios personales sobre la situación actual y se identificaron los problemas principales.

1.4.3 Recursos

- Entrevistas para sondeo
- Libreta de apuntes
- Recurso humano
- Computadora

1.4.4 Propuesta de análisis de la información

Como parte del análisis de la información recolectada en la fase de campo se realizó una triangulación de la información primaria obtenida, y luego se procedió a la descripción, análisis y priorización de la información con la ayuda de la herramienta “matriz de priorización”. Posteriormente se buscaron soluciones a los problemas mediante el proyecto de servicios y proyecto de investigación.

La matriz consistió en un cuadro con 4 columnas; la primera columna contiene los problemas identificados, en las columnas siguientes se colocan algunas categorías para asignar una calificación a la importancia del problema identificado, para determinar la importancia se asignó un valor numérico (1-10), posteriormente para determinar la prioridad de cada problema se realizó una sumatoria de los valores asignados a cada uno de los problemas identificados y se colocó una letra mayúscula para saber el orden (A-Z) de cada problemática.

Cuadro 1. Matriz de priorización de problemas del Centro de Agricultura Protegida.

Problema	Categoría 1	Categoría 2	Prioridad (sumatoria)
1	1-10	1-10	1-10 A
2	1-10	1-10	1-10 B

Fuente: elaboración propia, 2018

Posteriormente de la priorización de los problemas identificados se realizó una descripción de cada problema según el orden establecido en la matriz de priorización.

1.5 Descripción de las actividades productivas centro de agricultura protegida

El CAP cuenta entre sus instalaciones con dos invernaderos para la producción de tomate, pepino y el cultivo de moringa, experimentos de estudiantes de maestría y doctorado, un invernadero tipo gótico y otro tipo israelita. Existe un tercer invernadero tipo español que es destinado a vivero de plantas medicinales y ornamentales, experimentos y una división contigua en donde se encuentra ubicado el cuarto secador de la moringa cosechada, que cuenta con 4 camas cubiertas con una malla donde se colocan las hojas de moringa.

1.5.1 Cultivos en Invernadero (tomate, pepino y moringa).

De acuerdo a las actividades realizadas en el CAP, se describen a continuación los procesos que se llevan a cabo en la producción de los diversos cultivos bajo condiciones controladas; las actividades realizadas son las siguientes:

A. Proceso de Semillero

Este es el primer paso para la obtención de plantas sanas, libres de patógenos que puedan ocasionar daños, plántulas vigorosas y bien desarrolladas. Para este proceso se llevan a cabo las siguientes actividades:

a) Selección de variedades y semillas

En este paso se seleccionan la/s variedad/es a utilizar para el establecimiento del cultivo y el tipo de semilla. Para el caso del invernadero destinado al cultivo de tomate y pepino se utilizan distintas variedades de tomate las cuales se pueden mencionar: Pilavy, Charleston Imperial, Topanga, Bigram, Brighthina, Anibal, Iker, Cid y Moctezuma, entre otras.

Las semillas utilizadas provienen de distintas casas comerciales para ser evaluado su rendimiento en cada ciclo. Para el caso del pepino se utiliza solamente la variedad Corinto. Además de seleccionar la variedad y el tipo de semilla se selecciona el tipo de planta en base al tipo de crecimiento que posee. Existen dos tipos de plantas en base a su crecimiento: de crecimiento determinado y crecimiento indeterminado. Las plantas de crecimiento indeterminado pueden crecer de forma indefinida, en donde pueden alcanzar alturas hasta de 5 m. Las plantas de crecimiento determinado pueden alcanzar alturas aproximadas de 2 m. En el CAP se utilizan variedades de crecimiento indeterminado por lo que es necesario el uso de soportes para guiar a la planta de forma vertical llamados tutores.

b) Sustratos y contenedores

El sustrato es el medio de cultivo donde se desarrolla el sistema radicular de la plántula. El sustrato debe poseer ciertas características importantes para el desarrollo adecuado de la plántula, como por ejemplo: poseer buenas características físicas (buena aireación, retención de humedad, excelente estructura, liviano, no debe poseer tendencia a la compactación etc.), debe ser inerte, estar libre de patógenos y plagas, entre otros.

Para la producción de las plántulas de tomate y pepino se utiliza el sustrato Peat Moss en una proporción del 100 %. Se utilizan bandejas de duroport con 200 cavidades, en donde se llenan con el sustrato preparado, para posteriormente colocar las semillas de Tomate y Pepino para su germinación y manejo. En esta fase las plántulas pasan aproximadamente entre 3 a 4 semanas dentro del invernadero.

c) Desarrollo de la plántula

Esta etapa comprende desde la siembra de la semilla, hasta que la semilla logra germinar y la plántula alcanza un desarrollo foliar óptimo para realizar el trasplante de las mismas, este proceso dura aproximadamente 4 semanas.

d) Nutrición y riego

En esta etapa es indispensable brindarle a las plántulas los nutrientes necesarios para que alcancen un desarrollo óptimo. Además de brindar la cantidad de agua necesaria, evitando excesos o deficiencias del líquido. Por lo tanto el riego que se les proporciona a las bandejas se realiza diariamente aplicando una cantidad adecuada dependiendo la etapa de desarrollo que posea la plántula. De igual manera la nutrición es imprescindible en esta etapa crucial. Se realizan aplicaciones del fertilizante 12 – 43 - 12 con una dosis de 1 g/L.

e) Manejo de plagas y enfermedades

En esta etapa se realiza el manejo de plagas y enfermedades aplicando una mezcla de fungicidas sistémicos. Los fungicidas utilizados son: Propamocarb + Clorhidrato + Carbendazim. Se realizan aplicaciones una vez por semana. Para evitar que la Mosca Blanca inicie a ocasionar daños se realizan aplicaciones de un insecticida Imidacloprid con una dosis de 75 cc / 100 L de agua.

B. Establecimiento del cultivo de tomate

Este proceso consiste en el trasplante del material de propagación utilizado en el lugar destinado para su establecimiento. En este caso las plántulas de tomate se siembran en el suelo. Previo al establecimiento del cultivo se le brinda un tratamiento al suelo y luego se realiza la labranza necesaria. Previo al establecimiento del cultivo es necesario llevar a cabo una serie de actividades:

a) Preparación del suelo en invernadero

Para el establecimiento del cultivo es necesario la preparación del suelo. En el CAP se realiza la preparación del suelo del invernadero de la siguiente manera:

i. Solarización

Al finalizar el ciclo del cultivo anterior, se realiza una solarización del suelo; que consiste en cubrir el suelo con nylon para que con la acción del calor esto permita erradicar cualquier inóculo de patógenos presentes en el suelo.

ii. Tratamiento del suelo

Para poder desinfectar el suelo se realiza un tratamiento previo. El tratamiento consiste en la aplicación de Yeso Agrícola en una cantidad de 100 kg/ha, también se

incorpora al suelo cinco carretas con arena y una cantidad de gallinaza a razón de 5 ton/ha.

iii. Mecanización

Para suavizar el suelo y dejarlo en condiciones adecuadas para el establecimiento del cultivo se utiliza el tractor con el acoplamiento de distintos implementos. Primero se utiliza la rastra para pulir y mullir el suelo, luego se utiliza un arado de discos para voltear el suelo y dejarlo suelto para que exista una buena aireación y evitar la compactación. Además de realizar la mezcla del tratamiento aplicado en el paso anterior.

iv. Elaboración de camas

Las camas se realizan de modo manual con el uso de azadón. Sus dimensiones son aproximadamente de 60 cm de ancho, la distancia desde el centro de cada cama a la siguiente es de 1.60 m. El ancho de la calle entre cada cama es de 1 m.

v. Densidad de siembra

Existen dos formas de determinar la densidad de siembra. La primera es mediante surcos individuales por cama que es lo más aconsejable para evitar competencia entre plantas, en donde se dejan distancias aproximadas entre surco de 1 m – 1.4 m. La segunda es mediante surcos dobles en una cama, este es el método utilizado en los invernaderos del CAP. Los distanciamientos entre plantas en las camas pueden ir de 30 cm hasta una distancia de 50 cm aproximadamente en el invernadero, en el caso del CAP el distanciamiento de siembra utilizado es de 50 cm entre cada planta.

vi. Trasplante

El trasplante de las plántulas de tomate se realiza a los 25 - 35 días aproximadamente desde su germinación. Al momento del trasplante de las plántulas, se realiza una mezcla de productos para la protección de las plántulas que serán sembradas en el suelo. La solución se realiza con los siguientes productos: 2 ml de lixiviado de Vermicompost + 20 g de 18 – 18 - 18 + 16 mL de Rotaprid + 30 mL de Privicur + 20 mL de Derosal.

b) Prácticas culturales

i. Podas

- Podas de formación: Mediante esta poda se decide el número de ejes productivos que se utilizarán en las plantas. Para el caso del CAP se utiliza un solo eje, ya que la planta es más vigorosa y es más fácil su manejo. También se pueden dejar dos, tres, hasta cuatro ejes pero esto dificulta el manejo de la planta, es menos vigorosa y productiva.
- Podas de yemas o chupones: estos chupones llamados vulgarmente, son brotes que crecen en el punto de inserción entre el tallo principal y el peciolo de las hojas. Estos brotes son eliminados de manera manual, esto se realiza con el fin de evitar que estos brotes aprovechen los nutrientes que van dirigidos a los frutos.
- Podas de flores y frutos: Esta práctica ayuda a balancear el crecimiento vegetativo con el generativo. En algunos casos es necesario eliminar algunos frutos que se encuentran de menor tamaño que los demás frutos del racimo. Además se deben eliminar algunas flores del racimo en el caso de algunas variedades que son de frutos de tamaño grande. Esta poda está determinada por ciertos factores importantes que se deben de tomar en cuenta: Variedades, condiciones climáticas, estado de desarrollo de la planta y vigor, exigencias del mercado, etc.

- Podas de hojas bajas: A medida que se van cosechando los frutos y que la planta se va desarrollando y madurando es necesario eliminar las hojas viejas que se encuentran en la parte baja de la planta. Esto permite una buena aireación entre plantas y permite que la humedad relativa disminuya en la parte baja de la planta. Ésta práctica se empieza al momento de finalizar la cosecha del segundo racimo.

ii. Tutoreado

El tutoreado se realiza con rafia o pita, consiste en guiar la planta de manera vertical enrollando la planta a lo largo de la misma desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. Es necesario en determinado tiempo ir bajando la planta cuando alcanza la altura del cable que sostiene la rafia o pita del tutoreado.

c) Polinización

Los tomates generalmente son polinizados por el viento cuando su ciclo se realiza al aire libre. En condiciones controladas no es suficiente el aire que ingresa por lo que es necesario el uso de varios métodos de polinización. La polinización se realiza mediante el uso de abejorros dentro del invernadero colocando la caja en lugares estratégicos. Estos duran aproximadamente 3 meses del ciclo del cultivo, por lo que es necesario el uso de otro método de polinización pasado este tiempo. Luego del uso de abejorros se realizan vibraciones en el alambre donde se coloca la rafia del tutoreado con la ayuda de algún objeto largo.

d) Riego y fertilización

El riego es indispensable para las plantas ya que de ahí toman algunos elementos necesarios para llevar a cabo distintos procesos. El riego es suministrado por medio de un sistema de riego por goteo. El agua proviene de un tanque en donde es colectada el agua, que luego es inyectado hacia una bomba que lo envía por una tubería principal a

una tubería secundaria en donde llega a cada invernadero. No se realiza ningún tratamiento del agua aunque si sería necesario para determinar los elementos que contiene y si es apta para su utilización. Según información el agua es muy salina, por lo que es recomendable su tratamiento.

Previo a la fertilización se realiza un análisis del suelo para determinar los elementos presentes y así cuantificar la cantidad de fertilizante a aplicar. La fertilización se realiza por medio de fertirrigación, disolviendo fertilizantes en el agua del sistema de riego. Para ello es necesario contar con dos tanques para realizar la mezcla de los fertilizantes. La fertilización es suministrada el momento del trasplante utilizando abonos orgánicos (gallinaza) en una cantidad de 5 ton/ha. Además se realizan aplicaciones de hidróxido de potasio (KOH) en una cantidad de 40 kg/cama para corregir deficiencias. Cuando la planta muestra deficiencias se realizan aplicaciones de fertilizantes 18 – 18 - 18 y 12 – 43 - 12.

e) Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas se utilizan productos orgánicos para el control de Mosca blanca principalmente. Los productos utilizados son elaborados a base de Ajo, Neem y Canela. En algunos casos se usan productos con menos residualidad como el Cobre. Así también se utilizan productos químicos en caso de ser necesario.

f) Control de condiciones ambientales dentro del invernadero

La temperatura es la única condición ambiental que es controlada en el invernadero con el cierre y apertura de las ventanas laterales y la ventana cenital.

g) Cosecha

La cosecha del tomate en el CAP se realiza los días lunes de cada semana, durante todo el ciclo del cultivo. La cosecha se realiza de forma manual con el uso de

tijeras, guantes y cajas. Luego de cosechados los tomates son trasladados a un cuarto donde son pesadas las cajas, y son anotados los pesos obtenidos para llevar un registro de la producción de cada variedad. Luego son empacados en bolsas de plástico en donde se coloca 1 kg de tomate. Luego se llenan cajas con 20 bolsas cada una para ser trasladadas a la tienda de la UANL para su comercialización.

C. Establecimiento del cultivo de pepino

Previo al establecimiento del cultivo de Pepino es necesario el proceso de semillero que anteriormente se describió. El proceso de preparación del suelo es el mismo descrito en la sección de tomate.

a) Densidad de siembra

Para el caso del pepino el distanciamiento entre hilera es el mismo utilizado en el tomate, el distanciamiento entre plántula es de 30 cm – 50 cm. De igual manera que el cultivo de tomate se utiliza doble surco en cada cama.

b) Trasplante

El trasplante de las plántulas de pepino se realiza luego de la germinación de las semillas, aproximadamente a las 4 semanas.

c) Prácticas Culturales

i. Tutoreado o espalderas

El cultivo de pepino también necesita del uso de una guía para que crezca de forma vertical. En el invernadero del CAP el método de tutoreado es el mismo que se utiliza en el cultivo de tomate. Se utiliza pita o rafia en donde se enreda la planta de pepino desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

d) Polinización

Al igual que el tomate el cultivo de pepino necesita de polinizadores. En este caso se utilizan los abejorros para que cumplan con este papel, los primeros tres meses del ciclo del cultivo. Luego es necesario realizar vibraciones en el tutoreado para que se pueda realizar la auto polinización.

e) Riego y fertilización

El cultivo de pepino es un cultivo que requiere de una buena humedad en el suelo, llegando a la capacidad de campo. La cantidad de agua debe proporcionarse en base a las etapas fisiológicas de la planta, evapotranspiración en el invernadero, condiciones del suelo, etc. El agua es proporcionada en un sistema de riego por goteo y tiene el mismo funcionamiento explicado en la sección de tomate. La fertilización también se realiza por medio de fertirrigación. La fertilización se realiza al momento del trasplante con el uso de abonos orgánicos (gallinaza). De igual manera que el tomate se realizan aplicaciones de KOH 40 kg/cama. Cuando la planta muestra deficiencias se realizan aplicaciones de fertilizantes 18 – 18 - 18 y 12 – 43 - 12.

D. Cultivo de moringa en invernadero

a) Método de reproducción

La Moringa se puede reproducir de dos formas: por medio de estacas y por medio de semillas. El método más utilizado es por medio de semillas. Puede ser establecido directamente al suelo o por medio de viveros. En el CAP se utilizó el método de siembra directo al suelo.

b) Germinación

La semilla de moringa germina aproximadamente entre los 8 a 10 días de la siembra, ya sea en el suelo o bolsas.

c) Distanciamiento de siembra

El cultivo de moringa se encuentra establecido en un invernadero del CAP. El distanciamiento de siembra va a depender el fin para el que se utilizará el cultivo de Moringa, si es para la utilización del follaje o producción de semillas. En el CAP se sembraron los árboles de moringa a una distancia de 30 cm entre plantas y 30 cm entre surcos ya que el cultivo establecido en el invernadero es utilizado para fines de follaje y algunas áreas para semilla.

d) Prácticas culturales

ii. Podas

El rendimiento de la producción de hojas del árbol de moringa depende fundamentalmente de las podas que se realicen. Es fundamental una poda inicial cuando la planta está joven. Se debe promover el crecimiento de ramas laterales, para que crezca con hábito de arbusto. Además de la poda inicial es necesario realizar podas de mantenimiento o cuando se requiera la cosecha de hojas. Ésta poda se realiza cortando las ramas completas o cortando el arbusto a 20 cm del suelo (no se recomienda en la época seca).

iii. Manejo de malezas

El manejo de la maleza se realiza de forma manual con el uso de azadones ya que el distanciamiento de siembra es muy reducido.

e) Riego y fertilización

En el CAP se le proporciona el riego por medio del sistema de riego por goteo, el mismo utilizado en el cultivo de tomate y pepino. En el caso donde la precipitación sea escasa es necesario proveer de agua a las plantas durante todo el año para su óptimo desarrollo. La fertilización puede no ser necesaria ya que el cultivo de moringa puede desarrollarse en suelos poco fértiles, sin embargo, el alto contenido de proteínas de sus hojas hace que su crecimiento sea beneficiado si se aporta materia orgánica ya sea excremento animal, composta, lixiviados, lombricompostas, etc. Se han reportado mejores resultados a la fertilización orgánica que el uso de fertilizantes químicos.

f) Cosecha

El cultivo de moringa en invernadero tiene como fin la utilización de su follaje por lo que la cosecha se realiza cortando las ramas para luego quitar sus hojas. La cosecha se realiza cuando la planta ha alcanzado una altura aproximada de 1.80 m; la cosecha se realiza haciendo un corte de la planta a 20 cm de suelo.

g) Secado

Luego las hojas son trasladadas al área de secado, que consta de varias camas hechas con malla donde se colocan las hojas cosechadas para su secado. Dependiendo de las condiciones climáticas, así será el tiempo que pasen las hojas secando. Cuando las condiciones son adecuadas, las hojas pueden secar en 24 h; pero cuando las condiciones no son adecuadas puede tardar hasta 3 días.

h) Procesamiento

Luego de secadas las hojas pasan al área de procesamiento, donde son molidas con un molino eléctrico hasta quedar en un polvo fino tipo talco. Luego son encapsuladas, pulidas y empacadas en un frasco para su comercialización. En cada

frasco son colocadas 90 cápsulas. Luego el frasco es sellado y etiquetado para ser trasladado a la tienda de la universidad.

E. Cultivo de moringa en campo abierto

a) Establecimiento del cultivo a campo abierto

El cultivo de moringa a campo abierto cuenta con tres áreas: el área 1 tiene aproximadamente 8 años de edad. El área 2 tiene aproximadamente 5 años de establecido. El área 3 tiene aproximadamente 4 años de establecido. Y por último hay un área que es destinado a la investigación de maestrías y doctorados. Esta última área tiene aproximadamente de 1 a 2 años de establecido. La fase de vivero o reproducción se describió anteriormente. Para ésta área el distanciamiento de siembra varía en cada una de las tres áreas establecidas, ya que el fin para el que está destinada cada área es distinto.

b) Distanciamiento de siembra

Son utilizados dos distanciamientos de siembra. En un área es utilizado un distanciamiento de 2 m * 2 m. En el área de investigación el distanciamiento es de 1 m * 1 m.

c) Prácticas culturales

iv. Podas

Para estas áreas se han realizado podas a 20 cm del suelo, aprovechando toda la planta. Cuando la planta tiene aproximadamente 1.80 m de altura se realiza este tipo de poda.

d) Riego y fertilización

Para todas las áreas el riego utilizado es por goteo. No se realiza ningún tipo de fertilización en éstas áreas de moringa.

e) Cosecha

El cultivo de moringa en campo abierto tiene como fin la utilización de su follaje por lo que la cosecha se realiza cortando las ramas para luego quitar sus hojas. La cosecha se realiza cuando la planta ha alcanzado una altura aproximada de 1.80 m; la cosecha se realiza haciendo un corte de la planta a 20 cm de suelo.

f) Secado

Luego las hojas son trasladadas al área de secado, que consta de varias camas hechas con malla donde se colocan las hojas cosechadas para su secado. Dependiendo de las condiciones climáticas, así será el tiempo que pasen las hojas secando. Cuando las condiciones son adecuadas, las hojas pueden secar en 24 h; pero cuando las condiciones no son adecuadas puede tardar hasta 3 días.

g) Procesamiento

Luego de secadas las hojas pasan al área de procesamiento, donde son molidas con un molino eléctrico hasta quedar en un polvo fino, tipo talco. Luego son encapsuladas, pulidas y empacadas en un frasco para su comercialización. En cada frasco son colocadas 90 cápsulas. Luego el frasco es sellado y etiquetado para ser trasladado a la tienda de la UANL.

F. Lombricompostas

Éste pequeño proyecto tiene dos años de haberse establecido por lo que su manejo no es tan completo debido a la falta de capacitación para la encargada de suministrar alimento y el manejo del área.

El alimento proporcionado a las lombrices debe ser controlado estrictamente, sin embargo, en el CAP no se tiene un control de dieta que les suministran a las lombrices. Esto es necesario ya que se debe contar con el control de ciertos parámetros que son necesario para el buen desarrollo de las lombrices y que ellas puedan realizar de manera adecuada su trabajo. Los parámetros a considerar son los siguientes: pH, Temperatura, humedad y relación C/N. El parámetro de la relación C/N es indispensable para obtener el proceso de transformación en un tiempo corto. Esta medición de forma directa es poco practicada, es indispensable su control.

La humedad debe mantenerse en un rango de 65 % – 80 %, es necesario en condiciones al aire libre mantenerla, alcanzarla y controlarla. Esta humedad es para evitar la deshidratación de la lombriz y brindar condiciones adecuadas para su desplazamiento entre el sustrato.

La temperatura adecuada para que las lombrices realicen un trabajo óptimo es de 25 °C, la lombriz es capaz de soportar temperaturas entre el rango de 5 °C – 35 °C.

El pH recomendable es en el rango de 6.5 – 7.5, pH muy ácidos o muy alcalinos puede ocasionar daños a la lombriz, hasta ocasionar la muerte.

La lombricomposta del CAP no tiene un control de plagas, ya que se pueden observar en la superficie varios insectos plaga, como cochinillas, ciempiés, milpiés y babosas.

1.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de la información se utilizó la técnica de “matriz de priorización”, la cual ayudó a definir el orden de los problemas identificados en cada proceso productivo del CAP en base a la calificación asignada, los problemas se exponen en el cuadro 2:

Cuadro 2. Problemas identificados en el Centro de Agricultura Protegida.

No.	PROBLEMAS IDENTIFICADOS
1	No existe un manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivo de Tomate y Pepino.
2	Invernadero de moringa en mal estado.
3	Falta de control de los parámetros y la dieta de las lombricompostas.
4	Equipo de protección para aplicación de productos químicos en mal estado.
5	No se tiene un control de las condiciones ambientales dentro de invernadero.
6	Agua con elevada salinidad, no existe tratamiento del agua.

1.6.1 Matriz de priorización de problemas identificados

La matriz consiste en un cuadro con 4 columnas; la primera columna contiene los problemas identificados, en las columnas adyacentes se colocan algunas categorías para asignar una calificación a la importancia del problema, para determinar la importancia se asignó un valor numérico (1-10), posteriormente para determinar la prioridad de cada problema se realizó una sumatoria de los valores asignados a cada uno de los problemas identificados y se colocó una letra mayúscula para saber el orden (A-Z).

Cuadro 3. Matriz de priorización de problemas del Centro de Agricultura Protegida.

Problema	Pérdidas económicas (1-10)	Daños al ambiente (1-10)	Personas afectadas por el problema (1-10)	Prioridad (sumatoria)
No existe un manejo Integrado de plagas y enfermedades	10	3	6	19 A
Invernadero de moringa en mal estado.	7	5	3	15 E
Falta de control de los parámetros y la dieta de las lombricompostas.	8	7	3	18 B
Equipo de protección para aplicación de productos químicos en mal estado.	3	4	9	16 D
No se tiene un control de las condiciones ambientales dentro del invernadero.	8	3	3	14 F
Agua con elevada salinidad	7	7	3	17 C

Problemas priorizados en base al análisis efectuado anteriormente con las calificaciones que determinaron la importancia de cada problema:

- A. No existe un manejo integrado de plagas y enfermedades.
- B. Falta de control de los parámetros y la dieta de las lombricompostas
- C. Agua con elevada salinidad.
- D. No se tiene un control de las condiciones ambientales dentro de invernadero.
- E. Invernadero de moringa en mal estado.
- F. Equipo de protección para aplicación de productos químicos en mal estado.

1.6.2 Descripción de los problemas priorizados

A. No existe un manejo integrado de plagas y enfermedades

En el CAP solamente usan controles químicos para el manejo de varias plagas y enfermedades. Para realizar un manejo integrado de plagas es necesario realizar muestreos periódicos para saber si existe algún síntoma de patógenos o plagas. Se deben aplicar métodos preventivos en cada etapa del cultivo, combinando controles culturales, biológicos, etológicos y en caso de ser necesario químico. Existió presencia de Mosca Blanca y hubo un incremento de la población en todas las plantas del cultivo de tomate y pepino. A lo largo del ciclo de cultivo se observaron manchas de color blanco en las hojas de las plantas que fueron ocasionados por algún patógeno como *Alternaria solani* u Oídio.

B. Falta de control de los parámetros y la dieta de las lombricompostas

El CAP cuenta con un área de lombricompostaje, está elaborado con una alberca comúnmente llamado por la encargada del área. El recipiente tiene la capacidad aproximadamente con el volumen de 10 m³ de material. Actualmente el material aplicado al recipiente son restos orgánicos como: restos de tomate, tortilla, restos de frutas, restos de moringa, pasto, entre otros.

El recipiente debe estar libre de plagas, sin embargo, por falta de control el área tenía varias plagas como: ciempiés, milpiés, cochinillas y babosas. Esto perjudica la sobrevivencia de las lombrices y su reproducción. No se tenía un control de ciertos parámetros importantes en el manejo de las lombrices como lo son: temperatura, humedad, pH, relación C/N en base a los restos suministrados.

C. Agua con elevada salinidad

La calidad del agua es de suma importancia por la conservación del suelo y eficientizar el sistema de riego evitando acumulación de sarro y otros compuestos que

pueden dañar y tapar los orificios de los goteros. El uso regular de agua salina contribuye a la salinización del suelo y por consiguiente disminuye la productividad del cultivo. La salinización del suelo determina el incremento del potencial osmótico del mismo, con lo cual se dificulta la capacidad de absorción de agua por parte de las raíces de las plantas. Por otro lado, salinidad con alto contenido de sodio y bajo en calcio, induce problemas de estructuración del suelo, que reduce la infiltración de agua en el suelo y puede llegar a causar obstrucción en equipos de riego localizado.

Para poder aplicar una fertirrigación es necesario realizar el control periódico de ciertos parámetros para que la planta pueda aprovechar de manera eficiente los nutrientes proporcionados. Los parámetros que se deben controlar son el pH y la conductividad eléctrica. El pH adecuado para poder aplicar de manera eficiente los fertilizantes es entre el rango de 5.5 – 6.5 o 7, este pH permite que el fertilizante se encuentre de manera más disponible para el sistema radicular de las plantas. La conductividad eléctrica debe estar por debajo de 2 dS / m.

D. Equipo de protección para aplicación de productos químicos en mal estado.

Para la aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades y aplicación de fertilizantes foliares es necesario contar con el equipo adecuado de protección. Sin embargo se pudo observar que el equipo de aplicación que utilizan los trabajadores se encuentra en mal estado, esto trae consigo graves problemas a la salud de los trabajadores, por la toxicidad de los productos.

E. Invernadero de moringa en mal estado.

El invernadero donde se encuentra establecido el cultivo de moringa tenía dañado el nylon de recubrimiento de la parte del techo. Esto puede generar problemas ya que puede haber presencia de plagas y enfermedades en la plantación de moringa, porque se genera un espacio para el ingreso del inóculo o plaga.

F. Falta de control de las condiciones ambientales dentro de invernadero

Para maximizar el rendimiento del cultivo es necesario el control de ciertos parámetros que están estrechamente relacionados a las planta. Estos parámetros son los siguientes: temperatura, humedad relativa, luminosidad y CO₂. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 °C - 20 °C. Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada.

La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la humedad relativa. Con temperaturas bajas, el contenido en humedad relativa aumenta. La humedad relativa del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la humedad relativa es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse, además de los comunes problemas de mal cuaje.

El anhídrido carbónico de la atmósfera es la materia prima imprescindible de la función clorofílica de las plantas. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos. En los invernaderos que no se aplique anhídrido carbónico, la concentración de este gas es muy variable a lo largo del día. Alcanza el máximo de la concentración al final de la noche y el mínimo a las horas de máxima luz que coinciden con el mediodía.

1.7 CONCLUSIONES

1. Los principales problemas del área de invernaderos es que no existe un manejo integrado de las plagas y enfermedades que incluya varias metodologías. Otro de los problemas que afecta ésta área es el agua con altos contenidos de sales, esto provoca efectos negativos en las plantas, disminuyendo su rendimiento.
2. Los principales problemas que afecta el área de lombricomposta es que no se tiene un control de las condiciones adecuadas para el desarrollo de las lombrices. No hay capacitación para la persona que le brinda manejo a esta área.
3. El principal problema del área de moringa es que el invernadero se encuentra en mal estado. Además de que no se realiza ningún tipo de fertilización, lo cual le brindaría mayores beneficios a la concentración de proteínas a las hojas de las plantas.

1.8 RECOMENDACIONES

1. Es conveniente capacitar constantemente a los empleados del Centro de agricultura protegida para que puedan ayudar a mejorar todos los procesos productivos.
2. Es importante realizar renovaciones de las plantaciones de moringa en donde ya tienen varios años de haberse establecido, ya que su rendimiento va decreciendo con el paso de los años.
3. Es de suma importancia planificar un manejo integrado de plagas y enfermedades aplicando diversas técnicas para poder bajar costos y hacer más eficiente el uso de la agricultura protegida.
4. Para evitar ocasionar daños a las personas encargadas de las aplicaciones químicas, es indispensable que posean todos los equipos adecuados y en excelente estado.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Allende, M; Salinas, L; Rodríguez, F; Olivares, N; Riquelme, J; Antúnez, A. 2017. Manual de cultivo de tomate bajo invernadero. Boletín INIA no. 12 2017.Consultado 20 abr. 2018. Disponible en: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf>
2. González, G; Nieto, A; Murillo, B; Ramírez, R; Villavicencio, E; Hernández, J; Aguilar, X; Guerrero, Z. 2012. Guía técnica para la producción de lombricomposta. La Paz, Baja California, México, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. Consultado 3 may. 2018. Disponible en <https://es.slideshare.net/SakuraHayashi252/manual-de-lombricomposta>
3. López, C. 2003. Guía técnica del cultivo de pepino. Consultado 20 abr. 2018. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Pepino%202003.pdf>
4. Navarro Garrido, P. 2015. *Moringa oleífera* un aliado contra la desnutrición. Consultado 20 abr. 2018. Disponible en: <https://www.accioncontraelhambre.org/sites/default/files/documents/moringa-final-pag-simples.pdf>
5. Secretaría de Desarrollo Sustentable, México. 2015. Reporte del estado de la calidad del aire en el área metropolitana de Monterrey (en línea). Nuevo León, México. 191 p. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236724/Informe_nacional_calidad_del_aire_2015_Final.pdf

2. CAPÍTULO II: Proyecto de investigación

Vermicomposta a partir de mezclas de sustratos regionales y dos especies de lombriz (*Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*) en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.

Vermicompost from mixtures of regional substrates and two worm species (*Eisenia foetida* and *Eisenia andrei*) at the Center for Protected Agriculture of the Faculty of Agronomy of the Autonomous University of Nuevo Leon, Nuevo León, Mexico

2.1 PRESENTACIÓN

En la actualidad el sector agropecuario produce grandes cantidades de desperdicios orgánicos, la cual, en su mayoría no tienen ningún valor económico y que solamente generan contaminación. Hoy en día la agricultura orgánica toma mayor importancia debido a la aplicación de técnicas que aprovechan el uso de los desperdicios orgánicos para transformarlos en abonos y/o en alimentos de alto valor nutricional, donde se ha dado un extraordinario interés en el tema de las lombrices (Díaz, E. 2002). Una de las técnicas del aprovechamiento de los restos vegetales es el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la transformación de los desechos en abonos ricos en nutrientes (González, G., et al. 2012).

Para aplicar esta técnica se deben brindar condiciones adecuadas a la lombriz para hacer eficiente el proceso. El principal factor que determina la calidad, el tiempo de transformación y el buen desarrollo de las lombrices es el tipo de material orgánico incorporado al sistema. En el material orgánico se debe controlar la relación carbono/nitrógeno (C:N o C/N) que necesitan las lombrices. Es por ello que es necesario conocer la proporción y el tipo de material orgánico a utilizar en la preparación de la mezcla. Además, de llevar un control estricto de ciertos parámetros como: temperatura, humedad, pH, CE y plagas como cochinillas, ciempiés, milpiés, entre otros.

Actualmente ha aumentado el interés por el uso de los abonos orgánicos. Entre los más empleados se encuentran los estiércoles, compostas, biofertilizantes y vermicompost (Salazar, E. et al. 2003). Al igual que el compostaje, la importancia del vermicompost radica en que se reducen los desechos orgánicos que se generan en casa y que potencialmente pueden ocasionar contaminación en los vertederos. Las lombrices producen humus de alta calidad, lo que supone una serie de ventajas frente a otros abonos orgánicos, como se puede mencionar una riqueza en la cantidad de microorganismos y enzimas que restauran el equilibrio entre el suelo y la planta (Cervantes, P. 2016).

La Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) cuenta con dos instalaciones, el campus central ubicado en el municipio General Escobedo y el antiguo campus ubicado en el municipio de Marín. La facultad cuenta con un proyecto de lombricultura dedicado al uso y aprovechamiento del excremento de ganado y residuos vegetales que comprenden restos de podas (residuos obtenidos en podas de jardines de los campus). Dicho proyecto funciona en las antiguas instalaciones del campus de la FAUANL.

Sin embargo, en dicho proyecto no se incluye la utilización de los desechos vegetales obtenidos en el CAP, ubicado en el campus central. El CAP cuenta con distintas áreas de trabajo: invernadero de tomate, chile habanero y pepino, invernadero de moringa, moringa a campo abierto, en donde, de sus distintos procesos productivos se obtienen desechos vegetales, tales como: restos de moringa, restos de frutos de tomate, restos de podas en plantas de tomate. Además, en el campus central funcionan dos cafeterías que generan desechos orgánicos y que al no ser utilizados pasan a ser únicamente residuos y/o contaminantes del ambiente.

En la actualidad en el CAP se emplean únicamente los desechos obtenidos de los frutos de tomate para la producción de humus, utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). No obstante, el CAP carece de un soporte científico sobre el manejo de la dieta alimenticia de las lombrices, así como el conocimiento de parámetros que ayuden a decidir sobre las condiciones óptimas para su desarrollo. La selección de dichos parámetros incrementará la calidad del producto y así lograr una optimización en el uso de los productos derivados de este proceso de transformación de materia orgánica.

La presente investigación tiene como finalidad determinar el material más adecuado para el proceso de vermicompostaje, así como encontrar la especie de lombriz más eficiente para éste proceso. El experimento fue establecido en el CAP de la FAUANL, ubicada en el municipio de General Escobedo, Nuevo León, México. La investigación

determinó la calidad del lombricompost a partir de tres mezclas de materiales abundantes regionales (restos de moringa, restos de cafetería e invernadero, gallinaza y excremento de vaca) y dos especies de lombrices *Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*, con el fin de establecer el mejor material para la dieta de las lombrices.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Lombricultura

La Lombricultura o también conocida como vermicultura es la crianza de lombrices domésticas, con el fin de obtener un abono orgánico rico en nutrientes, aprovechando la reutilización de residuos de origen animal y/o vegetal. Éste técnica era desconocida hasta hace poco tiempo. Aplica normas y técnicas de producción utilizando las lombrices para el reciclaje de residuos orgánicos biodegradables, y como fruto de su ingestión, los anélidos efectúan sus deyecciones convertidas en el fertilizante orgánico más importante hoy en día (Díaz, E., 2002).

Con ésta técnica se obtiene un abono que contribuye en la fertilidad, aireación, formación del suelo y es posible obtener materia orgánica muy estable en un tiempo relativamente corto para su uso inmediato en la agricultura (Díaz, E. 2002).

En la actualidad la lombricultura ha tomado un auge en el medio agrícola productivo autosustentable, debido a que ésta ha sido un factor elemental para mantener la sostenibilidad de los sistemas productivos, además de ser una actividad muy sencilla con conocimientos menos complejos que otras técnicas. Estas características han hecho que se despierte interés por la crianza de lombrices. Actualmente muchos se dedican a la realización de esta actividad, pero en la mayoría de situaciones, las lombrices se

encuentran en sistemas de producción como un complemento de otras actividades agrícolas (Vásquez, P. 2005).

B. Tipos de lombrices

Hay que distinguir tres grupos de lombrices según su forma de vida:

1. Epigeas: Se alimentan de las plantas que se encuentran sobre la superficie del suelo o dentro de la capa de restos vegetales, raramente forman galerías y son de tamaño pequeño.
2. Endógenas: Son comedoras de suelo, y forman galerías en el suelo de manera horizontal y pueden ser pequeñas o grandes.
3. Anécicas: Se alimentan de restos de plantas y suelo, viven en galerías de forma vertical y son de tamaño grande (Gauche. 2015).

En definitiva, desde el punto de vista que nos interesa, se distinguen dos tipos de lombrices:

1. Lombrices del estiércol o del compost, los fabricantes del humus.
2. Lombrices de campo o del suelo, las labradoras del suelo (Gauche. 2015).

Del total de especies conocidas de lombrices, solamente 2500 han sido clasificadas y solamente tres especies han podido ser domesticadas, siendo *E. foetida* y *E. andrei* de las más conocidas y utilizadas en los criaderos del mundo (Vásquez, P. 2005).

Existe un dilema entre ambas especies ya que para muchos suelen ser la misma lombriz. La especie *E. andrei* fue identificada a comienzos de los años 70 pero dada la coincidencia que con todos los parámetros morfológicos y biológicos de *E. foetida*, fue durante mucho tiempo una especie “dudosa”, considerada por algunos una subespecie o

variedad de *E. foetida*. Sin embargo, poseen ciertas características que las diferencian. (Schuldt, M. 2006).

E. foetida se corresponde con la forma rayada y presenta el área entre los segmento sin pigmentación o de color amarillento o pálido; de ahí, su nombre común de lombriz rayada o lombriz tigre. En contraste, *E. andrei*, la lombriz roja común, tiene la forma de color rojo uniforme. Aparte de sus diferencias en la pigmentación, ambas especies son morfológicamente similares y sus parámetros biológicos, sobre todo el potencial reproductivo y sus ciclos de vida no se diferencian significativamente (Domínguez, J. *et al.* 2010).

E. foetida y *E. andrei* comúnmente conocidas como lombrices rojas californianas se clasifican taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Animalia
 Phillum: Annelida
 Clase: Clitellata
 Subclase: Oligochaeta
 Orden: Haplotaxida
 Familia: Lumbricidae
 Género: *Eisenia*
 Especie: *E. Foetida*

Reino: Animalia
 Phillum: Annelida
 Clase: Clitellata
 Subclase: Oligochaeta
 Orden: Haplotaxida
 Familia: Lumbricidae
 Género: *Eisenia*
 Especie: *E. andrei*
 Fuente: González, G. *et al.* 2012.

En el cuadro 4, se presentan las características de algunas especies de lombriz más utilizadas para llevar a cabo el proceso de vermicompost.

Cuadro 4. Características de algunas especies de lombrices.

Características	Eisenia foetida	Eisenia andrei	Dendrobaena veneta	Dendrobilus rubidus	Lumbricus rubellus	Drawida nepalensis
Tamaño adultos (mm)	4-8*50-100	4-8*50-100	5-7*50-100	3-4*35-65	4*70-100	2-3*40-50
Peso promedio adultos (g)	0.55	0.55	0.92	0.25	0.8	0.82
Ciclo de vida (días)	45-51	45-51	100-150	75	120-170	150
Tiempo de maduración (días)	28-30	21-26	65	54	74-91	34-42
Número de capsulas (día)	0.35-0.5	0.35-0.5	0.28	0.2	0.07-0.35	0.15
Viabilidad de Eclosión (%)	73-80	72	20	80	60-80	75-88
Número de descendientes/cápsula	2.5-3.8	2.5-3.8	1.1	1.67	1	1.93
Temperatura óptima y límites	25 (0-35)	25 (0-35)	25 (15-25)	25 (15-25)	-	25
Humedad óptima y límites	80-85 (70-90)	80-85 (70-90)	75 (65-85)	75 (65-85)	-	75

Fuente: Moreno. *et al.* 2014. Consultado por Villegas, V. y Laines, J. 2007.

C. Anatomía y Morfología de la Lombriz

a) Evolución y Biología

Los lumbrídeos se encuentran entre los seres vivos más adaptativos. Su origen se sitúa en el precámbrico, hace 700 millones de años. Existe un gran número de familias, especies y subespecies que han ido ocupando mares, lechos lodosos de lagunas y las capas superiores de casi todos los suelos del planeta. Son animales constituidos por una serie de anillos o metámeros, en los que se repiten los mismos órganos. Los anélidos comprenden sanguijuelas, poliquetos y oligoquetos. Ésta última clase reúne más de 1800 especies de lombrices (González, G. *et al.* 2012).

Desde el punto de vista ecológico, los gusanos de tierra pueden dividirse en tres grupos: primero se encuentran las lombrices que viven en la superficie del suelo (epigeas). Entre este grupo se encuentran las lombrices conocidas mundialmente como roja californiana. Este tipo de lombriz tiene la capacidad con una provisión regular de alimento y en un ambiente protegido, come diariamente un gramo de residuo orgánico (el equivalente al peso de un individuo adulto), 60 % del cual se convierte en un excelente abono biológico llamada humus de lombriz. El segundo grupo lo ocupan los lumbrícidos que pasan toda su vida en el interior del suelo (endógenas). Finalmente se encuentran entre la superficie y la profundidad el grupo de las anécicas, la cual es conocida como lombriz de tierra (González, G. *et al.* 2012).

b) Morfología

La lombriz posee un cuerpo cilíndrico y alargado, compuesto por dos anillos concéntricos: la pared del cuerpo y el tubo digestivo que se encuentran separados por un tejido llamado celoma (Vásquez, P. 2005).

El celoma está dividido en segmentos denominados metámeros o somitos. El primer somito, de la parte anterior de la boca, en donde se encuentra ubicado el prostomio, la cual es una estructura carnososa que sobresale de ella. El último órgano que se encuentra en la parte posterior es el ano (Vásquez, P. 2005).

El color de *E. foetida* es variable pero comúnmente es de color rojo con rayas entre los segmentos sin pigmentación o un color amarillento. *E. andrei* es de color rojo uniforme sin coloración entre sus segmentos. Ambas especies pueden llegar a medir aproximadamente entre 6 cm - 8 cm hasta 13 cm, y un diámetro aproximado de 3 mm – 4 mm (González, G., *et al.* 2012).

c) Anatomía

Las lombrices son organismos lineales, estrechos en ambas extremidades, con una ligera protuberancia en la parte central; carecen de cabeza, tienen boca en la extremidad posterior y su cuerpo está constituido por una serie de anillos (Salazar, E. *et al.* 2003).

La boca es un orificio con una cavidad, en donde el primer segmento llamado peristomio, el cual se caracteriza por soportar encima de la boca un lóbulo denominado prostomio. Una buena parte del cuerpo de la lombriz está ocupada por un canal digestivo, dicho tubo recorre de un extremo a otro. El sistema digestivo es simple, se constituye de una cámara bucal, faringe, esófago, buche, molleja, e intestino (Salazar, E. *et al.* 2003).

Los alimentos primero son humedecidos y pre digeridos con un líquido parecido a la secreción del páncreas del cuerpo humano. Posteriormente son aspirados por la faringe debido a poderosas contracciones de sus franjas musculares, haciendo el efecto de una bomba succionadora. A continuación sigue el esófago, que posee glándulas calcíferas encargadas de neutralizar la acidez del material orgánico. El palpo empuja el alimento a la molleja, donde es molido con poderosas contracciones. Finalmente en el intestino se completa el resto de la digestión y la mayor parte de la absorción (González, G. *et al.* 2012).

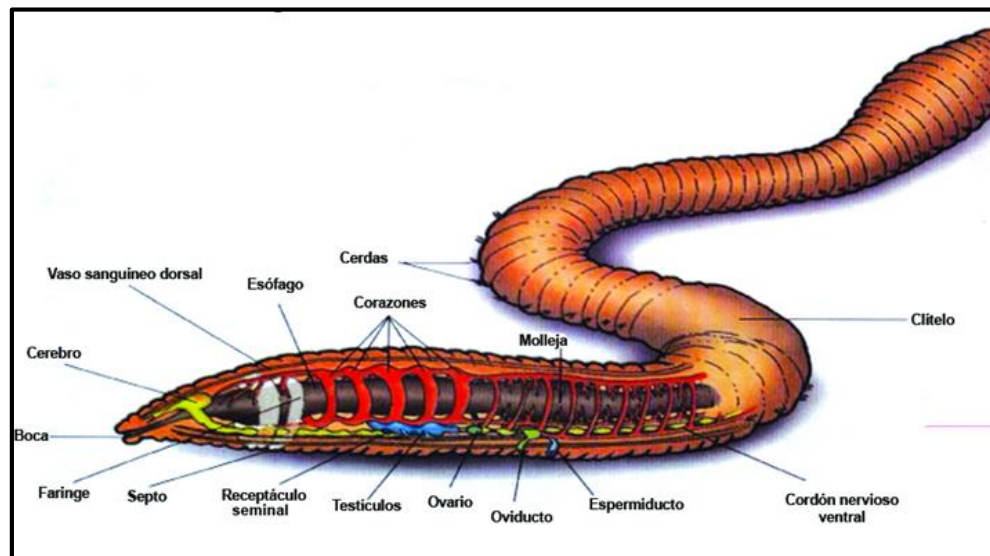
La pared del cuerpo está constituida por las siguientes partes de afuera hacia adentro:

- Una cutícula (lámina muy delgada, normalmente de color marrón brillante).
- Una epidermis (epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa, también hay células glandulares que producen una secreción serosa).
- Capas musculares (son dos, una circular externa y una longitudinal interna).

- Peritoneo (es una capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz).
- El celoma es una cavidad que contiene líquido celómico, se extiende a lo largo del animal y envuelve el canal alimenticio (González, G. *et al.* 2012).

Las lombrices poseen una estructura caracterizada por un engrosamiento rodeando el cuerpo de la lombriz, comúnmente se presenta hinchado, en algunas especies solo puede ser diferenciado por el color. Esta estructura es llamada clitelo, y es un indicador que la lombriz se encuentra en estado de adulto y es capaz de aparearse. Se localiza en la parte anterior del cuerpo detrás de los poros genitales, entre los segmentos 22 al 38 como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Anatomía de una lombriz.



Fuente: Somarriba, R. 2004.

Las lombrices poseen pequeños poros dorsales situados en los surcos intersegmentales en la línea media dorsal, el cual libera el líquido celómico que permite el sostenimiento sin esqueleto así como la reptación mediante movimientos peristálticos (Salazar, E. *et al.* 2003).

El aparato circulatorio está conformado por vasos sanguíneos o corazones contráctiles. Las lombrices solamente tienen dos vasos sanguíneos: uno dorsal y uno ventral. El aparato respiratorio es primitivo, el intercambio se produce a través de la pared del cuerpo. El aparato excretor está formado por nefridios, dos para cada anillo. El sistema nervioso es ganglionar. Posee un par de ganglios supra esofágicos, de la que parte una cadena ganglionar. Estos ganglios supra esofágicos están relacionados por comisuras de unión (González, G. *et al.* 2012).

d) Reproducción de la lombriz

Las lombrices son hermafroditas, es decir están dotadas del órgano sexual masculino y femenino, pero son incapaces de auto fecundarse y se reproducen recíprocamente por fecundación cruzada. El poro genital masculino llamado también poro espermatecal está localizado en la parte ventro lateral en el treceavo o quinceavo segmento. Los poros femeninos son poros simples, situados en un surco inter-segmental, su posición varía según la especie (Salazar, E. *et al.* 2003).

Durante el apareamiento se intercambian espermatozoides que no fecundan inmediatamente a los óvulos. El clitelo recibe espermatozoides durante la fecundación. Luego de producirse la fecundación, depositan en el lugar donde se alimentan 3 cápsulas de paredes resistentes llamadas cocones, conteniendo cada una de 3 a 10 lombrices pequeñas. Estas lombrices que son iguales a las adultas pero de color blanco y más pequeñas, están sometidas a peligros que pueden ser mortales para su delicada textura. Esto ocasiona una disminución el número inicial de individuos hasta en un 50 % (Díaz, E. 2002).

e) Usos de *Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*

La lombriz roja californiana es una de las lombrices más utilizadas en la técnica de lombricompost. Sin embargo, puede abarcar diferentes enfoques, las cuales se pueden mencionar: producción de humus, como alimento vivo o procesado para animales o humanos (Vásquez, P. 2005).

D. Características y propiedades del Lombricompost

El excremento de la lombriz constituye un fertilizante bio-orgánico, suave, liviano, desmenuzado, limpio, con olor a tierra fértil mojada y estable por periodos prolongados (Díaz, E. 2002). Éste abono puede presentar las siguientes propiedades.

a) Propiedades químicas

- i. Potencializa los cultivos incorporando a la rizósfera nutrientes en forma inmediatamente asimilables.
- ii. Estabiliza las reacciones del suelo debido a su alto poder buffer.
- iii. Inactiva los residuos de los plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- iv. Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias patógenos.
- v. Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, azufre, y fundamentalmente, actúa favorablemente respecto al nitrógeno.

b) Propiedades físicas

- i. Posee propiedades coloidales que al aumentar la porosidad y aireación del suelo contribuye a la infiltración, retención del agua y desarrollo radicular.
- ii. Mejora la estructura dándoles menor densidad aparente a los suelos pesados y compactos.
- iii. Mejora la permeabilidad y aireación.
- iv. Reduce la erosión del suelo.
- v. Aumenta la capacidad de retención de humedad.
- vi. Confiere color oscuro al suelo reteniendo calor.

c) Propiedades biológicas

- i. Estimula la actividad al tener los mismos microorganismos benéficos del suelo pero en mayor concentración, creando un medio antagónico para algunos patógenos, neutraliza sustancias tóxicas y solubiliza elementos nutritivos.
- ii. Es fuente de energía la cual activa la microfauna.
- iii. Se incrementa y diversifica la microflora (Díaz, E. 2002).

d) Beneficios del lombricompost

- i. Permite procesar recursos que de otra forma serían transportados a rellenos sanitarios, reduciendo los costos de disposición de los residuos.

- ii. Es un fertilizante de alta calidad, ya que posee nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, además de minerales y micronutrientes necesarios para los cultivos. Contiene cinco veces más nitrógeno, siete veces más potasio, 1.5 veces más calcio que las tierras fértiles, sin embargo estas cantidades dependerán el tipo de residuo orgánico a emplear en la técnica.
- iii. La lombricomposta contiene hormonas de crecimiento para los cultivos, así como enzimas y una alta cantidad microbiana benéfica y libre de patógeno.
- iv. Reduce la erosión de los suelos, además de mejorar las características del mismo (Lino, A. 2014).

E. Humus

Se llama humus a la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por el efecto de los microorganismos. En consecuencia, se encuentra químicamente estabilizado como coloide; el que regula la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo (Salazar, E. *et al.* 2003).

El humus se obtiene luego de un proceso, cercano a un año, en que la lombriz recicla a través de su tracto intestinal la materia orgánica, comida y fecada, por otras lombrices (Salazar, E. *et al.* 2003).

Hay que resaltar que un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados, no por el sistema digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana, que se lleva a cabo durante el periodo de reposo que éste tiene dentro del lecho. Por ejemplo, el 50 % del total de los ácidos húmicos que contiene el humus, son proporcionados por el sistema digestivo de la lombriz y el 50 % restante por el periodo de reposo o maduración (Salazar, E. *et al.* 2003).

Para poder determinar que el producto que se esté cosechando, sea de buena calidad, se tendrá en cuenta, entre otras cosas, parámetros como:

- pH neutro, en rango entre 6.7 a 7.3
- Contenido de materia orgánica digestible superiores a 28 %.
- Contenido de materia orgánica total 40 % – 45 %.
- Nivel de nitrógeno superior a 2 %.
- Relación C/N en un rango entre 9:1 a 13:1 (Salazar, E. et al. 2003).

e) Propiedades cuantitativas del humus

Una lombriz adulta come diariamente una cantidad idéntica a su propio peso, aproximadamente un gramo. De este valor, el 60 % lo excreta como abono y el 40% lo metaboliza para formar tejido y acumula energía. En un año cada lombriz adulta puede generar aproximadamente 1500 individuos. En el cuadro 5 se muestra la producción de humus y dinámica poblacional en un periodo de tiempo de 12 meses; en el cuadro 6 se muestran valores analíticos promedio del humus de lombricompost (Díaz, E. 2002).

Cuadro 5. Producción de humus y dinámica poblacional durante 12 meses.

0 meses	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
Población inicial de lombrices	1ª generación	2ª generación	3ª generación	4ª generación
1000 individuos	10,000	100,000	1,000,000	10,000,000
Lombrices 1 Kg	10	100	1,000	10,000
Alimento 1 Kg/día	10	100	1,000	10,000
Lombricomposta 0.6 kg/día	6	60	600	6,000
Proteína 0.04 kg/día	0.4	4	40	400

Fuente: Díaz, E., 2002.

Cuadro 6. Valores analíticos del humus de vermicompost.

Valores analíticos del humus	
Nitrógeno (N)	1.5 - 3%
Fósforo (P)	0.5 - 1.5 %
Potasio (K)	0.5 - 1.5 %
Magnesio (Mg)	0.20 - 0.50 %
Manganeso (Mn)	260 - 580 ppm
Cobre (Cu)	85 - 100 ppm
Zinc (Zn)	85 - 400 ppm
Cobalto (Co)	10 - 20 ppm
Boro (B)	3 - 10 ppm
Calcio (Ca)	2.5 - 8.5 %
Cenizas	28 - 68 %
Ácidos húmicos	5 - 7 %
Ácidos Fúlvicos	2 - 3 %
pH	6.5 - 7.2
Humedad	30 - 40 %
Materia orgánica	3 - 6 %
Conductividad Eléctrica (CE)	Hasta 3 milimhos/cm
Retención de humedad	1500 - 2000 cc/kg seco

Fuente: Díaz, E., 2002.

F. Proceso de producción del humus

a) Condiciones favorables para producción de humus

Para poder brindarle las condiciones adecuadas a la lombriz para la sobrevivencia, reproducción y desarrollo, es indispensable controlar ciertos parámetros, tales como: temperatura, pH, humedad, material orgánico, aireación y compuestos químicos.

b) Temperatura

La temperatura ideal se encuentran entre 15 °C y 25 °C, lo más cercano posible a la temperatura corporal de la lombriz que es de 19 °C. Por encima de los 30 °C puede llegar a resistir pero lo hace a costa de la disminución en la producción y un descenso en la reproducción (Somarriba, R. 2004). Una temperatura por debajo de los 15 °C entra en un periodo de latencia dejando de reproducirse, desarrollarse y producir humus (Vásquez, P. 2005).

c) Humedad

Una humedad alrededor de 70 % - 80 % se considera adecuada en la elaboración de lombricompost. Por arriba de este rango se considera una humedad excesiva que resulta en el desarrollo de condiciones anaeróbicas, esto trae consigo la muerte de las lombrices y la falta de humedad ocasiona que la lombriz no sea capaz de alimentarse y desplazarse (Lino, A. 2014.).

Según el tipo de riego que utilicemos, y las condiciones ambientales se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Por goteo: una hora cada dos días, después de los 15 – 20 días, una hora cada cinco días hasta el final del proceso.
- Por aspersión: media hora cada tres días, después de 15 días, de 20 min – 30 min cada semana hasta el final del proceso.
- Riego con mangueras: el primero al inicio, el segundo a los 10 días, el tercero a los 20 días y el siguiente cada 15 días hasta el final (Díaz, E. 2002).

d) Aireación

Las lombrices pueden vivir con poco oxígeno y altas cantidades de dióxido de carbono permaneciendo un tiempo prolongado en agua si ella se agita para incorporarle oxígeno. Es necesario proveer una buena aireación a los recipientes que contengan las lombrices para que le permita una buena respiración a través su piel y evitando demoras en el vermicompostaje. Una mala o escasa aireación disminuye el consumo de alimento y el desplazamiento debido a la compactación del material, y por último restringe el apareamiento (Díaz, E. 2002).

e) pH

Por la fisiología de la lombriz, ésta es capaz de contrarrestar la alcalinidad que presenta en su alimentación, debido a las glándulas calcíferas que contiene, pero presentándose un exceso de salinidad, pueden presentar enfermedades e incluso morir. En caso contrario, con exceso de acidez también se puede provocar la muerte. Es por eso que se recomienda un pH que se encuentre en el rango de 5 a 8 (González, G. *et al.* 2012).

f) Relación carbono/nitrógeno

La relación C/N determina el tiempo de transformación del material. Una relación C/N ideal se encuentra en el rango de 25 – 35:1. Los residuos animales suelen contener un alto contenido de nitrógeno, mientras los residuos de podas de plantas son una buena fuente de carbono (Ruiz, M. 2011).

g) Intensidad lumínica

La lombriz es muy sensible a los rayos ultravioleta que le ocasionan la muerte, por ello es recomendable ubicarlos en lugares sombreados o cubiertos.

G. Fuente de residuos orgánicos

Los estiércoles de origen animal son los encargados de proveer el nitrógeno al material. Además es indispensable saber o diferenciar la edad de los estiércoles para el manejo del sistema de lombricomposta (Garrido, R. 2014).

- a) Residuos industriales: residuos de papel, aserrín, etc.
- b) Residuos domésticos: desechos biodegradables de cocina.
- c) Residuos vegetales: restos de podas de plantas, residuos de explotaciones agrícolas.
- d) Residuos animales: estiércol de caballo, de bovino, de oveja, gallinaza, cabras, etc. (Garrido, R. 2014).

Los estiércoles se pueden encontrar en tres situaciones (Garrido, R. 2014):

- Estiércol fresco: el estiércol esta producido recientemente por el animal, teniendo una consistencia pastosa, de olor desagradable debido a que el pH es altamente alcalino, lo cual no es recomendable para la lombriz.

- **Estiércol maduro:** este estiércol tiene aproximadamente de 10 a 18 días de haber sido producido por el animal, su consistencia es semi-pastosa, su olor es soportable, el pH se encuentra estabilizado. Este es el sustrato adecuado, puesto que presenta las condiciones adecuadas para la crianza de lombrices, aunque en ocasiones es necesario incorporar agua para estabilizar su humedad y por ende su temperatura, este sustrato es el que más aceptan las lombrices.
- **Estiércol viejo:** es un estiércol con más de 20 días de haber sido producido por el animal, es de consistencia pastosa y dura, desmoronándose cuando se aplasta con la mano. No presenta prácticamente ningún tipo de olor. Este es un sustrato no apto para la producción de lombrices, ya que posee un pH demasiado ácido, la lombriz puede entrar en un período de latencia y se puede generar una plaga llamada planaria o lombriz rayada plana.

Fibras: estos materiales básicamente aportan carbono. Se emplean para acondicionar el material haciéndolo más esponjoso y aireado, facilitando su fermentación. Al ser combinados con excremento, proporciona aireación para así acelerar la fermentación.

En los cuadros 7 y 8, se presentan algunos residuos que son permitidos y los que no son permitidos para poder ser empleados en el vermicompost.

Cuadro 7. Listado de materiales orgánicos domésticos que se pueden emplear como alimento de lombriz.

Restos de Frutas	Restos de verduras	Otros
Plátano, manzana, pera, melón, sandía, mango, uvas, granadas, cereza, ciruela, chabacano, etc.	Repollo, brócoli, lechuga, berenjena, coliflor, calabaza, tomate, chile (todas sus variedades), zanahorias, espárragos, apio, cascara de papa, camote, etc.	Tortillas de maíz, rábanos, cilantro, perejil, césped, hojarasca de tabachim, guamúchil, guajes, hoja de mezquite, hierbas cortadas (malezas), residuos de café, cascara de huevo triturado, etc.

Cuadro 8. Listado de materiales que no son recomendables como fuente de alimento.

Cítricos	Grasas	Otros
Mandarina, naranja, toronja, tangelo, limón y lima.	Mantequilla, aceite, manteca, trozos de pan, y/o tortilla de harina.	Piña, kiwi, cebolla, cueros de pollo, huesos de animales, vegetales contaminados por lubricantes, vegetales contaminados por hongos, bacterias y virus, hojas de eucalipto, excremento de perro, gatos y humanos.

Fuente: González, G. et al. 2012.

H. Actividades de producción

a) Preparación de contenedores

Los contenedores son el hábitat de las lombrices donde se le brindarán las condiciones adecuadas y sus requerimientos, y así evitar el escape de las lombrices de los contenedores. El tamaño puede ser variable dependiendo del fin al que está enfocado el sistema de producción. Pueden ser contenedores de construidos con concreto, plástico, madera, nylon, ladrillos, troncos, etc. (Somarriba, R. 2004).

b) Adquisición de pie de cría

Debe adquirirse la lombriz y asegurarse que sea la lombriz Roja californiana y que se encuentren sanas. No adquirir lombrices de dudosa procedencia (Somarriba, R. 2004).

c) Relación carbono/nitrógeno

La relación C/N ideal para la elaboración de lombricomposta es de 20 – 35:1. La relación C/N se refiere a la cantidad de carbono que contiene un material respecto a la cantidad de nitrógeno de ese mismo material. Para fines comprensibles, materiales parecidos al de podas de plantas poseen más cantidad de carbono que nitrógeno, por lo tanto, una relación carbono/nitrógeno alta, mientras que productos como estiércoles poseen mayor cantidad de nitrógeno que carbono, por lo tanto, una relación C/N menor. Dado que una medición directa de la relación C/N es poco práctica, ésta puede ser estimada con la utilización de tablas y el cálculo de una relación combinada (Vásquez, P. 2005).

d) Selección de residuos orgánicos

El objetivo del sustrato es proveer un medio donde se puedan desplazar las lombrices, alimentarse y reproducirse. El sustrato para poder brindar estas condiciones debe poseer ciertas características, las cuales se pueden mencionar: habilidad para poder retener humedad, no compactarse para poder permitir la aireación del material, permitir el drenaje de humedad excesiva, no debe ser muy grueso, no debe poseer alto contenido de proteína y ser una buena fuente de carbono para los procesos (Ruiz, M. 2011).

e) Mezcla y precompostaje de residuos orgánicos

Los preparativos necesarios para los materiales que serán incorporados en el sistema de producción incluyen la reducción del tamaño de la partícula, el mezclado de los materiales en proporciones adecuadas, monitoreo de la humedad y determinación de la relación C/N de los materiales.

Todos los alimentos deben compostarse previo a su utilización o al menos precompostarse, es decir, superar la fase termófila del proceso en la que se pueden alcanzar temperaturas entre 50 °C y 60 °C, de manera que una vez superada esta fase y empiece a bajar la temperatura entonces ya se puede utilizar el material precompostado (Guache, A. 2015).

f) Suministro de riego

El material debe contar con una humedad aproximada del 70 % para facilitar la ingestión y el desplazamiento de la lombriz. Las lombrices toman el alimento succionándolo por lo tanto sin humedad se les dificulta dicha operación. El riego puede ser suministrado por un sistema de riego, con el uso de manguera, o con recipientes (Marnetti, J. 2012).

g) Alimentación

Pasados 25 a 30 días de haber realizado la siembra del pie de cría, se debe iniciar el suministro del alimento en forma de capas, se puede ir suministrando alimento con capas de 5 cm - 10 cm de grosor con un intervalo de 15 días - 10 días. Se debe verificar si se han consumido el alimento anterior para poder agregar alimento. Recordemos que la lombriz consume alimento igual a su peso (Vásquez, P. 2005).

h) Pruebas de material y siembra de lombrices

Es necesario realizar una prueba del material a emplear, debido a que en ocasiones la mezcla en el precompostaje no ha alcanzado el grado adecuado de descomposición o el material no es adecuado para la alimentación de las lombrices. Consiste en colocar 100 lombrices dentro del material a empelar para el proceso y dejarlas por un lapso de 3 h o para que sea más confiable 24 h. Las lombrices se

introducen dentro del material para descubrir si las condiciones son las adecuadas. Luego se debe inspeccionar el material y si las lombrices se encuentran en perfectas condiciones, el material es el adecuado con las características óptimas. Si las lombrices se encuentran muertas o no se encuentra ninguna lombriz el material no es adecuado. Un porcentaje de aceptación de sobrevivencia de lombrices en el material es de 80 %.

Posterior a la prueba de las 100 lombrices se procede a la siembra de las lombrices. Se recomienda una cantidad de 1 kg*m² de alimento.

i) Plagas

Las plagas más comunes en los sistemas de lombricompostaje son roedores e insectos, aunque se ha encontrado una diversidad de fauna en un sistema saludable, únicamente se deben controlar aquellos organismos que ocasionan daños a la lombriz y al sistema productivo, algunas de las plagas más comunes son las siguientes:

- Escarabajos y termitas: son peligrosos si existe sobrepoblación, lo cual es poco probable si es atendido correctamente. La mayoría son benéficos ya que se alimentan de la material en descomposición; cohabitan con la lombriz sin ocasionar daños.
- Ciempiés: estos depredadores ocasionalmente pueden provocar la muerte de las lombrices.
- Milpiés: son vegetarianos y pueden ayudar en la descomposición del material.

- Cochinillas: son insectos benéficos ya que ayudan en la descomposición del material vegetal. En mayor número puede ocasionar molestias (Lino, A. 2014.).

Entre los depredadores directos de las lombrices se encuentran las ratas, los ratones, las serpientes, sapos, pájaros, topes, entre otros. La planaria causa serios daños en el criadero. Se trata de un gusano de color oscuro con rayas a lo largo del cuerpo y de forma plana. Este parásito se adhiere al cuerpo de la lombriz y mediante un tubo absorbe todos los líquidos corporales matándola (Vásquez, P. 2005).

j) Cosecha de humus

Entre los métodos de cosecha más utilizados se encuentran los siguientes:

- Método manual: vaciando la lombricomposta en una superficie haciendo montículos pequeños y retirando los bordes cada diez minutos para permitir a la lombriz desplazarse hacia abajo.
- Método cribado exterior: es un método estresante para la lombriz ya que consiste en que la composta pasa a través de una malla o criba y la lombriz no.
- Método de cribado interior: la lombriz se traslada a las capas superiores del contenedor a través de una malla, mientras la composta permanece en el fondo.
- Método de migración: consiste en la colocación de alimento verde en la superficie o en un costado del contenedor para que la lombriz migre hacia éste y así poder retirar las lombrices o la composta.

k) Lixiviado

El lixiviado es un líquido obtenido a partir de la descomposición de la materia, es de color pardo-negruzco concentrado, con una alta carga de microorganismos y nutrientes. La humedad del sistema, es decir, la cantidad de agua que apliquemos para humedecer el sistema, provoca la mayor o menor cantidad de lixiviado.

l) Usos del lixiviado

El lixiviado de lombricompost puede ser utilizado aplicándolo al suelo, al follaje, o en el sistema de riego de cultivos. Se ha demostrado su capacidad de prevención de plagas y enfermedades debido a su contenido microbiano en el lixiviado de bacterias, hongos, protozoarios, levaduras y actinomicetos. También poseen sustancias químicas, como fenoles y aminoácidos, que inhiben las enfermedades a través de varios mecanismos, tales como: aumento de la resistencia del cultivo a la infección, antagonismo y competición con el patógeno por el espacio y el alimento frenando o impidiendo su desarrollo.

I. Lombricultura en el Centro de Agricultura Protegida (CAP)

En el CAP se cuenta con distintas áreas productivas las cuales son: Invernadero de tomate, pepino y chile habanero, invernadero de moringa y moringa establecida en campo abierto; de donde se obtienen subproductos de sus procesos productivos, que si no fueran reutilizados serían desechos que ocasionarían contaminación y no generarían ningún beneficio o valor económico (Guache, A. 2015).

Sin embargo en el CAP cuentan con un pequeño proyecto de lombricompostaje para la reutilización de los desechos generados. Dentro de los subproductos generados se pueden mencionar:

- Subproductos del área de invernadero tomate, pepino, chile habanero: restos de podas de hojas y brotes, frutos en mal estado.
- Subproductos del área de invernadero moringa: restos de podas de ramas y hojas, restos de troncos molidos.
- Subproductos área moringa en campo abierto: restos de podas de ramas y hojas, restos de troncos molidos, malezas cortadas.

El proyecto de lombricompostaje en el CAP inició aproximadamente dos años atrás con la reutilización de una alberca pequeña. El objetivo es poder reutilizar los subproductos obtenidos en todas las áreas de producción y poder disminuir el uso de fertilizantes químicos, y crear una agricultura auto sostenible.

2.2.2 Marco referencial

A. Ubicación geográfica

La presente investigación se estableció en el CAP de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en la Calle General Francisco Villa s/n, Colonia Ex Hacienda el Canadá, municipio General Escobedo, Nuevo León, México. Se encuentra a 25° 54' de latitud norte, 100° 8' de longitud oeste; a una altitud promedio de 510 m s.n.m. (Secretaría de desarrollo sustentable, NL. 2015).

B. Clima

Esta zona es caracterizada por una temperatura media anual de 22.1 °C. La temperatura máxima promedio es de 38 °C y la temperatura mínima promedio es de 12 °C. Posee una precipitación media anual de aproximadamente oscilante entre 300 mm - 600 mm al año. Se encuentra ubicado a una altura de 510 msnm. La humedad relativa

presente se encuentra entre el rango de 52 % - 96 % (Secretaría de desarrollo sustentable, NL. 2015).

C. Investigaciones referenciales

1. Garrido, R. (2014) en su investigación realizada en la Universidad Nacional de la Selva de Perú, evaluó el efecto de catorce sustratos para la producción de humus de lombriz roja (*Eisenia foetida*). Los sustratos evaluados fueron: estiércol de cuy (T1), estiércol de caprino (T2), estiércol de vacuno (T3), estiércol de porcino (T4), aserrín de madera blanda (T5), hojarasca de cacao (T6), aserrín + estiércol de cuy (T7), aserrín + estiércol de caprino (T8), aserrín + estiércol de porcino (T9), aserrín + estiércol de vacuno (T10), hojarasca de cacao + estiércol de vacuno (T11), hojarasca de cacao + estiércol de porcino (T12), hojarasca de cacao + estiércol de caprino (T13), hojarasca de cacao + estiércol de cuy (T14). Los resultados indicaron que en el T7 existe un incremento de la población de lombrices, número de cocones y biomasa de las mismas. Según el análisis físico químico del humus producido, el sustrato con mejor calidad correspondió al T1 por su riqueza en materia orgánica y nitrógeno, por lo cual se recomienda su uso en actividades agrícolas. Los T4 y T5, son los menos recomendados por su mínima influencia en la dinámica de las lombrices.
2. Lolita, C. (2009) en su investigación realizada en las instalaciones del módulo lechero de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, se evaluó el crecimiento, reproducción y adaptación de la lombriz *Eisenia foetida* en 5 sustratos orgánicos: se utilizó estiércol vacuno, broza de café, residuos de banano, restos de follaje de ornamentales y residuos de origen doméstico.

Los materiales fueron colocados en volúmenes de 0.03 m³ dentro de cajones de madera, a los cuales se les adicionó una población de 600 individuos maduros, lo que equivale a 20,000 individuos * m². El proceso duró 3 meses, durante los cuales se realizaron 3 muestreos. El peso promedio de los individuos varió de 0.34 g - 0.66 g.

Estadísticamente se diferenciaron 2 grupos: doméstico y banano (0.58 g y 0.66 g, respectivamente) y broza, estiércol y ornamental (0.40 g, 0.42 g y 0.36 g, respectivamente).

La reproducción y sobrevivencia al final del experimento fue diferente para cada uno de los sustratos utilizados, siendo el de broza el que presentó los mayores valores en población final y domestico con los menores (16,900 y 408 individuos de los 600 inoculados inicialmente). Las correlaciones mostraron un comportamiento inverso entre reproducción y peso de los individuos. Se concluye que tanto el tamaño de los individuos como su tasa de reproducción son influenciados por el tipo de sustrato.

3. López, C. *et al.* (2013), en su investigación realizada en la Universidad Autónoma Indígena de México, Sinaloa, se evaluó la influencia de tres diferentes sustratos orgánicos en la adaptación, producción de lombricompost y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Se estudiaron tres mezclas: rastrojo de frijol + estiércol de bovino (T1), aserrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza lactobacilos de suero de leche (T2) y aserrín + estiércol de bovino (T3). Cada mezcla por triplicado fue precompostado por 15 días.

Al terminar la prueba, se cosecharon los cocones totales y se cuantificaron las lombrices sobrevivientes. Los resultados fueron analizados en el paquete estadístico SAS mediante un diseño completamente al azar y la comparación de medias fue realizada mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). El T2: aserrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche presentó las mejores características para la adaptación, reproducción de la lombriz roja californiana, así como la mejor calidad del humus en función del contenido de nutrimentos.

4. Romero, S., Ferrera, R. (2002), en su investigación realizada en la Universidad de Chapingo, evaluaron la preferencia de la lombriz compostera *Eisenia andrei* por seis sustratos de estiércol de ganado bovino, paja agotada utilizada en la producción del

hongo *Pleurotus ostreatus* y desperdicios orgánicos del mercado municipal de Texcoco, estado de México, y mezclas de ellos.

Se evaluaron las poblaciones de lombrices a 75, 100 y 130 días después de la inoculación de éstas en los diferentes sustratos. Se observó la preferencia por los desechos de mercado, seguidos por la mezcla de éstos con paja (1:1 v/v), con incrementos, en cuanto al número de lombrices, superiores a 1,200 % respecto a la cantidad inoculada (1000 individuos por metro cuadrado). El estiércol presentó un efecto negativo en la dinámica poblacional de la especie, ya que sólo se encontró 8 % de las inoculadas, 130 días después del proceso y no se observaron capullos.

D. Requerimientos para el manejo adecuado de lombrices en la producción de Vermicompost

Para poder llevar a cabo la transformación de residuos de origen orgánico (animal o vegetal) con el uso de lombrices es necesario llenar ciertos requerimientos, las cuales se pueden mencionar:

- a) Tipo de material: es necesario escoger el material que se empleará como alimento para las lombrices. Tomar en cuenta la lista de materiales que se pueden emplear y los materiales que no se pueden utilizar en el cuadro 4 y 5.
- b) Relación C/N: es necesario obtener una relación C/N entre 20 - 35:1 de la mezcla de material empleado (Ruiz, M. 2011).
- c) Humedad: se deben suministrar riegos constantes para alcanzar una humedad entre el 70 % - 90 % (Lino, A. 2014.).

- d) Temperatura: las lombrices se pueden adaptar a un rango de temperatura entre 15 °C y 25 °C (Vásquez, P. 2005).
- e) pH: se recomienda un pH que se encuentre en el rango de 5 a 8 (González, G. et al. 2012).
- f) Precompostaje: es indispensable y deseable realizar este proceso previo a la siembra de las lombrices en el material, para garantizar una transformación más eficiente (Guache, A. 2015).
- g) Control de plagas: supervisión constate de plagas dentro del sistema de lombricompost (Lino, A. 2014).

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del lombricompost a partir de tres mezclas de sustratos regionales y empleando dos especies de lombrices (*Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*).

2.3.2 Objetivos específicos

1. Cuantificar parámetros físicos (humedad), químicos (materia orgánica, carbono orgánico, cenizas, pH y CE) y biológicos (hongos, levaduras, bacterias y enterobacterias) del vermicompost obtenido en cada uno de los tratamientos (T1: E. Foetida + restos de moringa + restos de cafetería e invernadero + bovinaza; T2: E. Foetida + restos de moringa + restos de cafetería e invernadero + gallinaza; T3: E. Foetida + restos de moringa + bovinaza; T4: E. Andrei + restos de moringa + restos de cafetería e invernadero + bovinaza; T5: E. Andrei + restos de moringa + restos de cafetería e invernadero + gallinaza; T6: E. Andrei + restos de moringa + bovinaza).
2. Analizar la calidad del lombricompost proveniente de mezclas de sustratos regionales y dos especies de lombriz por el método de cromatografía.

2.4 HIPÓTESIS

Las lombrices se ven beneficiadas por la correcta mezcla de sustratos orgánicos regionales, por lo tanto, la selección del mejor sustrato en base a sus propiedades y condiciones favorables de reproducción para las lombrices, hará que se tenga una mejor calidad de lombricompost.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Preparación del experimento

A. Material biológico

a) Especies de lombriz

i. *Eisenia foetida*

Es una de las especies más utilizadas para que se lleve a cabo ésta técnica, ya que posee ciertas características como su rápida adaptación a diversidad de climas, la rapidez con que se reproduce, gran voracidad, y tiende a permanecer en el mismo lugar (Vásquez, P. 2005). A esta lombriz se le conoce como roja californiana porque fue en este lugar donde se comenzó su reproducción y se detectaron sus grandes aptitudes como un organismo capaz de producir un abono orgánico de excelente calidad. En realidad esta lombriz es originaria de Eurasia (González, G., *et al.* 2012).

ii. *Eisenia andrei*

Ésta especie no es muy utilizada en el medio, ya que se carece de información sobre su desenvolvimiento en ésta técnica. En condiciones naturales *E. foetida* posee ventajas adaptativas sobre *E. andrei*, sin embargo, en medios de cultivo con abundante alimento *E. andrei* puede competir y puede llegar a desplazar a *E. foetida* (Schuldt, M. 2006).

b) Residuos orgánicos a emplear

Se utilizaron los siguientes materiales de residuos orgánicos:

- i. Restos de moringa picada
- ii. Restos de cafeterías e invernadero
- iii. Bovinaza
- iv. Gallinaza

B. Fase I

a) Preparación de las mezclas

- i. Recolección: Se procedió a la recolección de los materiales a utilizar en cada una de las áreas productoras de los desechos, así como la recolección de los estiércoles y la composta, donde posteriormente se trasladaron al área asignada para su respectivo precompostaje.
- ii. Precompostaje: Se realizó el precompostaje de los materiales a emplear. Para iniciar se colocó sobre un nylon en forma de camellones las mezclas de los materiales en sus distintas proporciones como se muestra en la figura 2. Se añadió agua al material mezclado hasta llegar a una humedad adecuada que se encuentre entre el 70 % - 80 %.

En caso de ser necesario se proporcionó riego una vez por semana para ajustar la humedad adecuada, y así evitar elevadas temperaturas. La temperatura se determinó dos veces por semana con la ayuda de termómetros especiales para composta, es recomendable que no sobrepase los 65 °C, para evitar la eliminación de los microorganismos benéficos. Por último se cubrieron los camellones de las mezclas con nylon, para evitar la evaporación del agua y la incidencia de plagas. Se realizaron volteos de los camellones una vez por semana tratando de homogenizar el material y para airear los mismos.

Figura 2. Preparación de las mezclas



Fuente: elaboración propia, 2018.

C. Fase II

a) Montaje del experimento:

- i. El material precompostado que fue el alimento de las lombrices se colocó en cubetas de 20 L de capacidad.

A las cubetas con el material precompostado en el fondo se realizaron agujeros que permitieron el paso del lixiviado hacia otra cubeta recolectora.

- ii. Se procedió a la preparación del ensayo colocando una cantidad de 5 kg de los sustratos a evaluar previamente mezclados y precompostados en sus proporciones adecuadas, en la figura 3 se muestra el procedimiento de pesado del material a emplear.

Figura 3. Pesado de las distintas mezclas en contenedor.



Fuente: elaboración propia, 2018.

- iii. Luego se procedió a aplicar el riego, aplicando una cantidad de 1 L medido con una probeta de dicha capacidad. De ser necesario se aplicó 500 mL más de agua, realizando una prueba de humedad tomando una cantidad del material y comprimiendo con la mano y si escurría agua de la mano era indicador que tenía la humedad adecuada.
- iv. Antes de la siembra se realizó la prueba de las 100 lombrices explicada anteriormente.

- v. Se realizó la siembra de las lombrices como se muestra en la figura 4, colocando una cantidad de 50 lombrices de diferentes edades (adultas y lombrices sin clitelo) en cada cubeta, con una cantidad de 5 kg del material precompostado.

Figura 4. Siembra de 50 lombrices en material precompostado.



Fuente: elaboración propia, 2018.

b) Manejo del experimento

- i. Se realizaron riegos constantes, con el fin de mantener la humedad adecuada del 70 % - 80 % para garantizar que ésta condición esté en forma adecuada. La cantidad de agua agregada en cada riego fue medida en una probeta de 1000 mL para asegurar una cantidad de agua homogénea para todos los tratamientos.

- ii. Luego de pasados 20 - 25 días de realizada la siembra de las lombrices, se verificó la disponibilidad de alimento para las lombrices, de ser necesario se inició con el suministro de alimento agregando una capa de aproximadamente de 10 cm. Se estuvo verificando la disponibilidad del alimento constantemente a razón de cada 15 días para suministrar alimento. El alimento proporcionado se encontró en la misma proporción establecida y en las mismas condiciones.
- iii. El material suministrado a las lombrices llevaba el mismo proceso de precompostaje, para mantener los parámetros adecuados.
- iv. Constantemente se realizaron monitoreos de plagas en los recipientes contenedores del sistema y su respectivo control.

2.5.2 Metodología experimental

A. Diseño experimental

La distribución de los tratamientos se realizó con respecto a un diseño completamente al azar en arreglo bifactorial, siendo los dos factores el tipo de mezcla (restos de moringa + bovinaza + restos de cafetería e invernadero, restos de moringa + gallinaza + restos de cafetería e invernadero y restos de moringa + bovinaza) y especies de lombriz (*E. Foetida* y *E. andrei*). De cada tratamiento se consideraron 3 repeticiones, para un total de 18 unidades por punto de muestreo.

B. Tratamientos

Los tratamientos que fueron sometidos a evaluación se componen de 2 factores y 3 niveles, como se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9.Tratamientos a evaluar

Factor/Tratamiento	A	B
1	<i>E. foetida</i>	Restos de moringa + Excremento de vaca+ Restos inv. y caf.
2	<i>E. foetida</i>	Restos de moringa + Gallinaza + Restos inv. y caf.
3	<i>E. foetida</i>	Excremento de vaca + Restos de Moringa.
4	<i>E. andrei</i>	Restos de moringa + Excremento de vaca+ Restos inv. y caf.
5	<i>E. andrei</i>	Restos de moringa + gallinaza + Restos inv. y caf.
6	<i>E. andrei</i>	Excremento de vaca + Restos de moringa

Fuente: elaboración propia, 2018.

C. Unidad experimental

Se utilizó como unidad experimental una cubeta con capacidad de 20 L donde se colocaron los materiales precomposteados y 50 lombrices de distintas edades (adultas con clitelo y lombrices sin clitelo).

D. Variables de respuesta

Previo a la determinación de las variables de respuesta se tomaron 3 muestras de cada tratamiento que corresponden a las repeticiones. Para estimar el efecto de los tratamientos se midieron las siguientes variables de respuesta:

a) Humedad, materia orgánica, cenizas y carbono orgánico

Estas variables fueron medidas en el laboratorio del Centro de Investigación y Desarrollo en Industrias Alimentarias (CIDIA). Dichas variables se determinaron utilizando la metodología de la mufla. Para determinar el porcentaje de humedad se inició tomando muestras aproximadamente de 50 g - 60 g de cada repetición, colocándolas en bolsas de papel manila. Luego se procedió a introducir las muestras en

el horno y se inició el secado a una temperatura de 105 °C. Pasadas 24 h se retiraron las muestras y se volvió a determinar su peso, y se realizaron los cálculos pertinentes.

Para determinar las variables restantes se procedió a moler las muestras en una licuadora hasta obtener una muestra fina y homogénea. Luego se pesaron unos crisoles y se colocó aproximadamente un gramo de cada muestra. Se colocaron los crisoles en una mufla y se inició con la incineración de las muestras a una temperatura de 500 °C – 600 °C durante 2 h. Finalizado el tiempo se retiraron las muestras y se colocaron en una desecadora para que enfriaran las muestra. Por último se pesaron nuevamente. Para determinar el porcentaje de materia orgánica, porcentaje de cenizas y porcentaje de carbono orgánico se realizaron los cálculos necesarios con las siguientes formulas (Vinuela, L. 2015):

$$\%MO = \frac{(P1-P2)}{P2-C} * 100 \quad \text{dónde:}$$

P1: peso inicial de la muestra

P2: Peso final de la muestra

C: peso del crisol

$$\%Cenizas = \frac{Crisol-Residuo}{Muestra} * 100$$

$$\%CO = \% MO * 0.58$$

b) Hongos, levaduras y bacterias

La estimación de estas variables se realizó en el laboratorio del CIDIA. Para determinar los hongos y bacterias se empleó la metodología de diluciones utilizando placas Petrifilm 3M. Inicialmente se tomó un frasco por repetición agregando 90 mL de la solución buffer y se agregaron 10 g de cada muestra; se agitó hasta homogenizar la solución. Luego se utilizaron 6 tubos de ensayo por repetición y se agregaron 9 mL de solución buffer a cada tubo.

Luego se trasladaron los materiales a una campana de extracción donde se realizaron las diluciones. Con la ayuda de una micropipeta se tomó una pequeña muestra del frasco y se agregó al primer tubo de ensayo procurando agitar, luego se tomó otra muestra del primer tubo de ensayo y se agregó al segundo tubo de ensayo y así sucesivamente hasta llegar al tubo 6. El paso anterior se realizó para cada repetición.

Luego se tomó una muestra con la ayuda de la micropipeta de la dilución 5 y 7 que fueron las utilizadas para determinar las Unidades formadoras de colonias (UFC) de hongos, levaduras y bacterias. Por último se agregó a una placa de Petrifilm 3M para hongos otro para bacterias. Luego se procedió a incubar las Petrifilm en una incubadora. Para el caso de hongos se incubó por 72 h y para las bacterias por 48 h. Para finalizar se realizó el conteo respectivo.

c) pH y Conductividad eléctrica

La estimación de estas variables se realizó en el laboratorio del CIDIA. Se colocó una muestra en un frasco y se agregó agua destilada. Luego con la ayuda de un potenciómetro marca Hanna se tomaron las variables de pH y CE.

d) Calidad de humus de vermicompost por medio de cromatografía

La estimación de esta variable se realizó en el laboratorio de CIDIA. Se empleó la metodología descrita por Ehrenfried E. Pfeiffer (1899-1961). Para iniciar se preparó una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1 %. Esta solución se realiza pesando 10 g de NaOH disolviéndolo en 1 L de agua destilada como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Preparación de las muestras con NaOH 1 %.

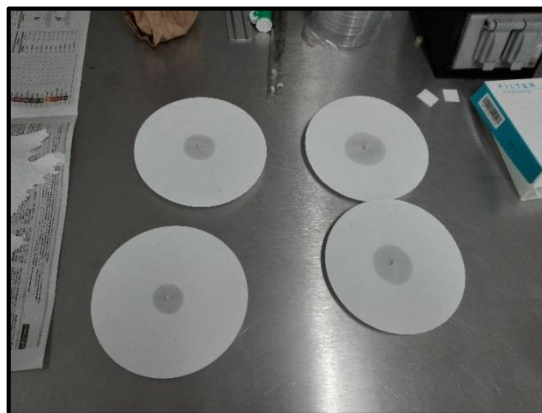


Fuente: elaboración propia, 2018.

Luego se procede a preparar una solución de nitrato de plata (Ag NO_3) al 0.5 %. Para esta solución se mezclan 0.5 g de Ag NO_3 en 10 mL de agua destilada. Luego se procede a preparar el papel filtro circular, puede emplearse papel filtro número 1 o 4. El papel filtro debe ser perforado en el centro con el uso de un sacabocados de 2 mm de diámetro. Luego se realizan marcas en el papel a partir del centro a 4 cm y 6 cm, que muestran los límites de impregnación del Ag NO_3 y la muestra a analizar. La elaboración de los pabilos se realiza con cuadros de papel de 2 cm * 2 cm. Se elaboran de preferencia con papel no. 4.

La impregnación se hace a través del pabilo, que previo se ha introducido en el agujero hecho al centro del papel filtro. Se procede a colocar una cantidad de Ag NO_3 en una caja Petri y se coloca el papel filtro que se desea impregnar, procurando que el pabilo quede dentro de la solución de Ag NO_3 como se muestra en la figura 6. Cuando el Ag NO_3 ha recorrido los 4 cm se retira el papel filtro y se procede a colocar dentro de periódico para que pueda secar en una cámara oscura.

Figura 6. Impregnación de papel filtro con AgNO_3 .



Fuente: elaboración propia, 2018.

Se procede a disolver 5 g de las muestras de suelo en 50 mL de NaOH al 1 %. Con la ayuda de un Erlenmeyer se procede a agitar esta mezcla con giros de derecha a izquierda y de izquierda a derecha. Se deben hacer de 6 a 7 giros durante 1 min - 2 min. Dejamos la muestra en reposo por 15 min y volvemos a agitar como se explicó anteriormente durante 1 min - 2 min. Esta vez se deja reposar por 1 h y repetimos luego el procedimiento de agitación. Finalmente se procede a guardar la muestra bien identificada mínimo por 6 h como observa en la figura 7. Una vez cumplido el tiempo de secado del papel filtro y el reposo final de la solución alcalina, procedemos a la corrida final de la muestra, que se hace de la siguiente manera:

Figura 7. Preparación de muestras para su agitación y posterior impregnación.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Con la ayuda de una jeringa de 20 mL vertemos en la cajita de Petri pequeña 10 mL – 15 mL de la solución que se encuentra en la parte superior de la solución alcalina con la muestra de suelo. La solución del suelo o sobrenadante debe dejarse correr hasta los 6 cm marcados previamente en el papel filtro, la solución pasará dos cm más allá de los cuatro que se encuentran impregnados con AgNO_3 como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Impregnación final de las muestras en el papel filtro.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Una vez terminada la fase de recorrido de la solución de suelo en el papel filtro circular, se procede al secado de los cromatogramas, el cual se debe de realizar con mucho cuidado. Los cromas se dejan descansar de forma horizontal y en una superficie plana y limpia. Una vez secos se pueden colgar en una ventana de vidrio y exponerla gradualmente, a la luz solar para que el revelado lentamente se estabilice.

E. Análisis estadístico

Para medir el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta, se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables, para ello se empleó el programa estadístico Infostat. Así también para saber la calidad del humus se aplicó la técnica de cromatografía descrita y desarrollada por Ehrenfried E. Pfeiffer (1899-1961). Éste análisis fue interpretado con la utilización de los cromatogramas obtenidos, en base a las formas y colores mostrados en cada papel filtro.

F. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + u_{ij}$$

y_{ij} : Representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B.

μ : Efecto constante denominado media global.

τ_i : Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor A.

β_j : Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor B.

$(\tau\beta)_{ij}$: Efecto producido por la interacción entre A×B.

U_{ij} : son vv aa. Independientes con distribución N (0, σ)

G. Hipótesis estadística

$H_0: \sigma_i=0$ No existe diferencia significativa entre las mezclas de sustratos orgánico.

$H_0: \sigma_i \neq 0$ Al menos una de las mezclas de sustratos orgánicos muestra diferencia significativa.

$H_0: \beta_i=0$ No existe diferencia significativa entre las especies de lombrices.

$H_0: \beta_i \neq 0$ Al menos una de las especies de lombrices muestra diferencia significativa.

Ho: $\sigma_i\beta_i=0$ No existe interacción entre la mezcla de sustratos orgánicos y especies de lombrices

Ho: $\sigma_i\beta_i\neq 0$ Existe interacción entre la mezcla de sustratos orgánicos y especies de lombrices.

H. Toma de datos

El cuadro 10 representa la toma de datos para un experimento completamente al azar con arreglo bifactorial, tanto para cantidad de material procesado y población de lombrices.

Cuadro 10. Toma de datos para el experimento.

Especie de lombriz	Mezcla de sustrato	Repeticiones			Yij.
		1	2	3	
E1	B1	T1.1	T1.2	T1.3	.
	B2	T2.1	T2.2	T2.3	.
	B3	T3.1	T3.2	T3.3	.
E2	B1	T1.1	T1.2	T1.3	.
	B2	T2.1	T2.2	T2.3	.
	B3	T3.1	T3.2	T3.3	.

Fuente: elaboración propia, 2018.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Porcentaje de humedad

Los datos obtenidos para la variable porcentaje de humedad de cada una de las repeticiones y los tratamientos se muestran el cuadro 11.

Cuadro 11. Porcentaje de humedad obtenido en cada tratamiento y repetición.

Repeticiones	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T8
I	49.48	61.72	51.26	48.58	65.18	45.87
II	48.58	65.23	51.78	49.13	65.45	47.75
III	49.1	64.7	52.32	48.58	61.31	50.01
Media	49.05	63.88	51.79	48.76	63.98	47.88
Desv. Est.	±0.452	±1.892	±0.53	±0.318	±2.316	±2.073

El análisis de varianza del cuadro 12, muestra las diferencias significativas que existen en los distintos factores sobre el porcentaje de humedad, indicando que sí existe diferencia significativa en al menos un tipo de mezcla ya que p-valor es menor al 0.05, sin embargo, para el caso de las especies de lombriz y para la interacción entre mezclas de materiales y especies de lombriz no existe diferencia significativa. El coeficiente de variación de 1.88 % indica que se le brindó un buen manejo al proyecto de investigación. Se procede a realizar un análisis Post- ANDEVA.

Cuadro 12. Análisis de varianza para porcentaje de humedad, por el efecto de las mezclas de materiales y especie de lombriz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.09	5	0.02	74.07	<0.0001
Especie lombriz	8.40×10^{-4}	1	8.40×10^{-4}	3.47	0.0872
Mezcla de materiales	0.09	2	0.04	180.4	<0.0001
Especie lombriz*Mezcla de materiales	1.50×10^{-3}	2	7.40×10^{-4}	3.04	0.0857
Error	2.90×10^{-3}	12	2.40×10^{-4}		
Total	0.09	17			

P-valor < 0.05 existe diferencia significativa entre tratamientos.

C.V.= 1.88 %.

En el cuadro 13 se muestra el resumen de la prueba de Tukey donde se puede apreciar que la mezcla de restos de moringa, gallinaza y restos de invernadero y cafetería muestra un mayor porcentaje de humedad, ya que ésta mezcla mostró ser más compacta debido a que la procedencia de la gallinaza era de la empresa Vertia, donde se le brinda un proceso para homogenizarla y hacerla más fina. Así también, mostró una mayor retención de humedad por no poseer tantos espacios porosos.

Las mezclas de restos de moringa y bovinaza, y la mezcla de restos de moringa, bovinaza y restos de cafetería e invernadero muestran menor porcentaje de humedad debido a que estas mezclas tienden a compactarse menos y son menos finas, por ello poseían más espacios porosos por lo que mostró mayor infiltración del agua agregada en los riegos y menor retención de humedad.

Cuadro 13. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para el tipo de mezclas sobre la variable porcentaje de humedad.

Mezcla de materiales	Medias	n	E.E.	
M+G+RIC	0.93	6	0.01	A
M+B	0.78	6	0.01	B
M+B+RIC	0.77	6	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). (M: restos de moringa, G: gallinaza, RIC: restos de invernadero y cafetería, B: bovinaza).

Según Díaz, E. (2002), los valores analíticos del humus de vermicompost debe poseer una humedad entre el 30 % y 40 %. Las lombrices para poder desarrollarse de una buena manera requieren de una humedad del 70 % - 90 % (Lino, A. 2014). Tineo. (1994), indica que la humedad y la aireación del sustrato están muy relacionadas. En un terreno empapado, las gotas de agua desplazan las burbujas de aire, y se produce falta de oxígeno y ventilación. Ambos factores influyen tanto en la ingesta de alimento como en la respiración y la reproducción. Si el sustrato está con una humedad superior al 85 % la oxigenación es insuficiente.

La falta de aireación, hace que el consumo de alimento se reduzca, y que las lombrices entren en un período de latencia, en el que por supuesto no se produce Vermicompost, se detienen los apareamientos y aumenta el tiempo de maduración de las cápsulas. Además Reinecke y Venter (1985), menciona que una baja humedad no afectaría solamente a la tasa de crecimiento, sino también al desarrollo sexual de la lombriz, por lo que ejemplares de la misma edad pueden llegar a desarrollar el clitelo a diferentes tiempos bajo diferentes condiciones de humedad; el desarrollo del clitelo en las lombrices es un indicador que las lombriz ha alcanzado un estado maduro para poder reproducirse.

2.6.2 Porcentaje de materia orgánica

Los datos obtenidos para la variable porcentaje de materia orgánica para cada uno de los tratamientos y repeticiones se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Porcentaje de materia orgánica para cada tratamiento y repetición.

Repeticiones	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	26	48.52	28.71	25	41.41	26.73
II	26.53	50	32	27.18	39.81	26.73
III	23.23	52.43	30.1	22.33	36.66	33.33
Media	25.25	50.32	30.27	24.84	39.29	28.93
Desv. Est.	±1.772	±1.974	±1.652	±2.429	±2.417	±3.811

El análisis de varianza del cuadro 15 muestra las diferencias significativas que existen en los distintos factores sobre el porcentaje de materia orgánica, indicando que existe diferencia significativa en al menos un tipo de mezcla, existe diferencia significativa en al menos una especie de lombriz y en la interacción entre ambos factores, ya que p-valor es menor al 0.05. El coeficiente de variación de 4.31 % indica que se le brindó un buen manejo al proyecto de investigación. Por lo tanto se procede a realizar una prueba Post-ANDEVA.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable porcentaje de materia orgánica, por el efecto del tipo de mezclas y especie de lombriz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.16	5	0.03	47.3	<0.0001
Especie lombriz	$1 * 10^{-2}$	1	$1 * 10^{-2}$	11.75	0.005
Mezcla de materiales	0.14	2	0.07	104.58	<0.0001
Especie lombriz*Mezcla de materiales	$1 * 10^{-2}$	2	$1 * 10^{-2}$	7.79	0.0068
Error	$1 * 10^{-2}$	12	$6.90 * 10^{-4}$		
Total	0.17	17			

P-valor < 0.05 existe diferencia significativa entre tratamientos.

C.V.= 4.31 %.

Se realizó una prueba de medias Tukey para la interacción entre los factores mezcla de materiales y especies de lombriz, ya que mostró diferencia significativa en el análisis de

varianza. En el cuadro 16 se muestra el resumen de la prueba de Tukey donde se puede apreciar que el T2 posee el mayor porcentaje de materia orgánica, seguido del T5 y por último los tratamientos T3, T6, T1 Y T4 que no son significativamente diferente.

Cuadro 16. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para la interacción entre tipo de mezclas y especies de lombriz sobre la variable porcentaje de materia orgánica.

Especie lombriz	Mezcla de materiales	Medias	n	E.E.	
E. foetida	M+G+RIC	0.79	3	0.02	A
E. andrei	M+G+RIC	0.68	3	0.02	B
E. foetida	M+B	0.58	3	0.02	C
E. andrei	M+B	0.57	3	0.02	C
E. foetida	M+B+RIC	0.52	3	0.02	C
E. andrei	M+B+RIC	0.52	3	0.02	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). (M: restos de moringa, G: gallinaza, RIC: restos de invernadero y cafetería, B: bovinaza).

Según Camiletti, J. (2016), la materia orgánica debe ir descendiendo debido a la acción de los microorganismos y las lombrices que actúan sobre esta. El grado de disminución de la materia orgánica en el vermicompostaje varía dependiendo de varios factores como la naturaleza de los residuos, su biodegradabilidad, la especie de lombriz y su densidad, de las condiciones del vermicompostaje y su duración. Roca et al. (2007), hace mención que la materia orgánica además de tener una influencia directa sobre la fertilidad del suelo, es un factor importante en la presencia y disponibilidad de micronutrientes.

El T2 presentó un mayor porcentaje de materia orgánica, esto se traduce en una mayor calidad de humus en términos de disponibilidad de materia orgánica humificada y nutrientes más disponibles para que la planta pueda aprovecharlos.

2.6.3 Porcentaje de cenizas

Los datos obtenidos para la variable porcentaje de cenizas para cada uno de los tratamientos se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Porcentaje de cenizas para cada tratamiento y repetición.

Repeticiones	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	74	51.49	71.29	75	58.59	73.27
II	73.47	50	68	72.82	60.19	73.27
III	76.77	47.57	69.9	77.67	66.34	66.67
Media	74.75	49.69	69.73	75.163	61.7067	71.07
Desv. Est	±1.772	±1.979	±1.652	±2.429	±4.09	±3.811

El análisis de varianza del cuadro 18 muestra las diferencias significativas que existen en los distintos factores sobre el porcentaje de cenizas, indicando que existe diferencia significativa en al menos un tipo de mezcla, existe diferencia significativa en al menos una especie de lombriz y en la interacción entre ambos factores, ya que p-valor es menor al 0.05. El coeficiente de variación de 3.13 % indica que se brindó un buen manejo al proyecto de investigación.

Se realizó una prueba de medias Tukey para la interacción entre los factores mezcla de materiales y especies de lombriz, ya que mostró diferencia significativa en el análisis de varianza. En el cuadro 19 se muestra el resumen de la prueba de Tukey donde se puede apreciar que los T4, T1, T6 Y T3 son estadísticamente iguales ya que poseen la misma letra de Tukey, le siguen el T5 y por último el T2.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable porcentaje de cenizas, por el efecto del tipo de mezclas y especie de lombriz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.16	5	0.03	34.66	<0.0001
Especie lombriz	0.01	1	0.01	11.03	0.0061
Mezcla de materiales	0.14	2	0.07	74.24	<0.0001
Especie lombriz*Mezcla de materiales	0.01	2	0.01	6.89	0.0102
Error	0.01	12	9.10*10 ⁻⁴		
Total	0.17	17			

P-valor < 0.05 existe diferencia significativa.

C.V.= 3.13 %.

Cuadro 19. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para la interacción entre tipo de mezclas y especies de lombriz sobre la variable porcentaje de cenizas.

Especie lombriz	Mezcla de materiales	Medias	n	E.E.	
E. andrei	M+B+RIC	1.05	3	0.02	A
E. foetida	M+B+RIC	1.04	3	0.02	A
E. andrei	M+B	1	3	0.02	A
E. foetida	M+B	0.99	3	0.02	A
E. andrei	M+G+RIC	0.9	3	0.02	B
E. foetida	M+G+RIC	0.78	3	0.02	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). (M: restos de moringa, G: gallinaza, RIC: restos de invernadero y cafetería, B: bovinaza).

Según Díaz, E. (2002), el contenido de cenizas en la vermicomposta debe estar comprendida entre el 27 % - 68 %. Según Gimeno, J. (2016) un alto contenido de cenizas en el humus es un indicador que el manejo del proceso no ha sido el adecuado y que ha habido mucha contaminación con tierra.

El contenido de cenizas indica la cantidad de minerales que posee la vermicomposta, por lo tanto determina la calidad del humus. Las cenizas contienen ciertos elementos que se encuentran disponibles para las plantas, así también, contribuyen a la asimilación de otros elementos. Cremona, M. (2011), menciona que algunas cenizas aportan nutrientes al suelo y las ceden en forma baja o muy baja. Sin embargo, es posible que a medida que el material se consolide se vaya incorporando al suelo lentamente y se mineralice para ceder en mediano o largo plazo, una mayor cantidad de nutrientes.

2.6.4 Porcentaje de carbono orgánico

Los datos obtenidos para la variable porcentaje de carbono orgánico para cada uno de los tratamientos se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Porcentaje de carbono orgánico para cada tratamiento y repetición.

Repeticiones	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	15.08	28.14	16.7	14.5	24.02	15.5
II	15.39	29	18.6	15.77	23.09	15.5
III	13.47	30.41	17.5	12.95	19.52	19.33
Media	14.65	29.18	17.56	14.41	22.21	16.78
Desv. Est.	±1.031	±1.146	±0.96	±1.412	±2.375	±2.211

El análisis de varianza del cuadro 21 muestra las diferencias significativas que existen en los distintos factores sobre el porcentaje de carbono orgánico, indicando que existe diferencia significativa en al menos un tipo de mezcla, existe diferencia significativa en al menos una especie de lombriz y en la interacción entre ambos factores. El coeficiente de variación de 4.66 %.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable porcentaje de carbono orgánico, por el efecto del tipo de mezclas y especie de lombriz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.07	5	0.01	33.34	<0.0001
Especie lombriz	$4.50 \cdot 10^{-3}$	1	$4.50 \cdot 10^{-3}$	10.22	0.0077
Mezcla de materiales	0.06	2	0.03	72.09	<0.0001
Especie lombriz*Mezcla de materiales	0.01	2	$2.70 \cdot 10^{-3}$	6.16	0.0145
Error	0.01	12	$4.40 \cdot 10^{-4}$		
Total	0.08	17			

P-valor < 0.05 existe diferencia significativa.

C.V.= 4.66 %.

Se realizó una prueba de medias Tukey para la interacción entre los factores mezcla de materiales y especies de lombriz, ya que mostró diferencia significativa en el análisis de varianza. En el cuadro 22 se muestra el resumen de la prueba de Tukey donde se puede apreciar que el T2 es el que posee mayor porcentaje de carbono orgánico, seguido del T5 y por último los T3, T6, T1 y T4.

Cuadro 22. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para la interacción entre tipos de mezclas y especies de lombriz sobre la variable porcentaje de carbono orgánico.

Especie lombriz	Mezcla de materiales	Medias	n	E.E.	
E. foetida	M+G+RIC	0.57	3	0.01	A
E. andrei	M+G+RIC	0.49	3	0.01	B
E. foetida	M+B	0.43	3	0.01	C
E. andrei	M+B	0.42	3	0.01	C
E. foetida	M+B+RIC	0.39	3	0.01	C
E. andrei	M+B+RIC	0.39	3	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). (M: restos de moringa, G: gallinaza, RIC: restos de invernadero y cafetería, B: bovinaza).

Camiletti, J. (2016), hace mención que al igual que el contenido de materia orgánica, el contenido de carbono orgánico disminuye a lo largo del proceso de vermicompostaje como consecuencia de la mineralización.

Según Martínez, E. *et al* (2008), el carbono orgánico es esencial para la actividad biológica del suelo, proporcionando recursos energéticos a los organismos presentes en el suelo. Además indica que existe una alta correlación entre el número de lombrices y la calidad y cantidad de residuos aportados; menciona también que al afectar la acumulación de carbono orgánico esto actúa en el número y el peso de las lombrices. Morales, C. *et al*. (2008), reporta que el rango óptimo de carbono orgánico se encuentra entre 14 % - 30 %.

2.6.5 pH

Los datos obtenidos para la variable pH para cada uno de los tratamientos se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. pH para cada tratamiento y repetición.

Repeticiones	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	8.5	7.1	8.3	8.7	7.6	8
II	8.2	7.8	7.3	8.4	7.4	8.2
III	8.4	8.2	7.9	8.7	7.5	7.7
Media	8.37	7.70	7.83	8.60	7.50	7.97
Desv. Est.	±0.2	±0.6	±0.5	±0.17	±0.1	±0.3

El análisis de varianza del cuadro 24 muestra las diferencias significativas que existen en los distintos factores sobre el pH del vermicompost, indicando que existe diferencia significativa en al menos un tipo de mezcla, sin embargo, en las especies de lombriz y en la interacción entre ambos factores no existe diferencia significativa. El coeficiente de variación de 4.24 %.

Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable pH, por el efecto del tipo de mezclas y especie de lombriz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.59	5	0.52	4.5	0.0152
Especie lombriz	0.01	1	0.01	0.12	0.7342
Mezcla de materiales	2.42	2	1.21	10.53	0.0023
Especie lombriz*Mezcla de materiales	0.15	2	0.08	0.67	0.5291
Error	1.38	12	0.12		
Total	3.97	17			

P-valor < 0.05 existe diferencia significativa.

C.V.= 4.24 %.

Se realizó una prueba de medias Tukey para las mezclas de materiales, ya que mostró diferencia significativa en el análisis de varianza. En el cuadro 25 se muestra el resumen de la prueba de Tukey donde se puede apreciar que el tratamiento con la mezcla de restos de moringa, bovinaza y restos de cafetería e invernadero produjo un pH más alcalino que las mezclas de restos de moringa y bovinaza y la mezcla de restos de moringa, gallinaza y restos de cafetería e invernadero.

Cuadro 25. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para el factor tipo de mezclas sobre la variable pH.

Mezcla de materiales	Medias	n	E.E.	
M+B+RIC	8.48	6	0.14	A
M+B	7.9	6	0.14	B
M+G+RIC	7.6	6	0.14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). (M: restos de moringa, G: gallinaza, RIC: restos de invernadero y cafetería, B: bovinaza).

Según Camiletti, J. (2016), una de las principales propiedades afectadas por el proceso de vermicompostaje es el pH, que es modificado dependiendo del valor inicial que presenta la mezcla. Molleda, P. (2016), menciona que cabe recordar que la función de las glándulas de morren dentro de la morfología de la lombriz, es secretar carbonato cálcico y producir una digestión alcalina, por lo que es de esperar valores de pH ligeramente alcalino. Esto se puede corroborar en los datos obtenidos que todos tienden a ser alcalinos.

Díaz, E. (2002), indica que las lombrices pueden vivir en un pH en el rango de 4 - 8, normalmente los residuos utilizados tienen un pH neutro, aunque residuos como tomate y cítricos pueden tener reacción ácida. Márquez, S. (2011) indica que la lombriz vive en sustratos con pH de 5 a 8.4. Fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Con pH ácido en el sustrato puede desarrollarse una plaga conocida en el mundo de la Lombricultura como planaria. Los resultados obtenidos son similares a los mostrados por Morales, C. et al. (2008), que indican que vermicomposta a base de estiércol de vaca muestra un pH más alcalino de 8.74 y señala que se encuentra fuera del rango óptimo de 6.8 - 7.2. Las mezclas para esta investigación pueden ser empleadas para regular el pH en suelos con pH ácido.

2.6.6 Conductividad eléctrica

Los datos obtenidos para la variable conductividad eléctrica para cada uno de los tratamientos se presentan en el cuadro 26.

Cuadro 26. Conductividad eléctrica para cada tratamiento y repetición.

Repeticiones	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	0.26	0.26	1.3	0.76	1.14	0.74
II	0.85	1.43	1.1	0.44	0.37	1.13
III	0.77	1.55	1.3	0.96	0.68	1.25
Media	0.63	1.08	1.22	0.72	0.73	1.04
Desv. Est.	±0.32	±0.71	±0.1	±0.262	±0.387	±0.27

El análisis de varianza del cuadro 27 muestra los resultados obtenidos de los distintos factores sobre la conductividad eléctrica del vermicompost, indicando que no existe diferencia significativa entre ningún tratamiento para la variable conductividad eléctrica, ya que p-valor es mayor al 0.05. Por lo tanto se puede decir que los factores evaluados no tienen ningún efecto sobre la conductividad eléctrica. Los resultados obtenidos son similares a los presentados por Rueda, M. (2007), en donde indica que no obtuvo diferencia significativa en la variable conductividad eléctrica en donde el sustrato utilizado fue excremento de caballo.

Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable conductividad eléctrica, por el efecto de los tipos de mezclas y especie de lombriz.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.88	5	0.18	1.16	0.3818
Especie lombriz	0.1	1	0.1	0.64	0.4388
Mezcla de materiales	0.63	2	0.32	2.09	0.1667
Especie lombriz*Mezcla de materiales	0.15	2	0.08	0.5	0.6196
Error	1.81	12	0.15		
Total	2.69	17			

P-valor < 0.05 existe diferencia significativa.

C.V.= 43.01 %.

2.6.7 Hongos y levaduras

Los datos obtenidos para la variable hongos y levaduras para cada uno de los tratamientos se presentan en el cuadro 28.

Cuadro 28. Unidades formadoras de colonias de hongos y levaduras para cada tratamiento y repetición.

Repeticiones	Tratamientos (UFC)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	300000	0	100000	100000	1200000	100000
II	100000	0	100000	400000	300000	0
III	100000	300000	200000	300000	500000	200000
Media	166666.67	100000	133333.33	266666.67	666666.67	100000
Desv. Est.	±115470.1	±173205.1	±57735.03	±152752.52	±472581.6	±100000

El análisis de varianza del cuadro 29 muestra los resultados obtenidos de los distintos factores sobre las unidades formadoras de colonias de hongos y levaduras del vermicompost, indicando que no existe diferencia significativa entre ningún tratamiento para la variable hongos y levaduras. Para la toma de esta variable hubo demasiado error experimental, por lo que pudo haber ocasionado que no existieran diferencias

significativas entre los factores y su interacción. Esto se puede confirmar con el coeficiente de variación de 94.12 %.

Cuadro 29. Análisis de varianza para la variable unidades formadoras de colonias de hongos y levaduras, por el efecto de los tipos de mezclas y especie de lombriz.

F.V.	SC (*10 ¹¹)	gl	CM (*10 ¹¹)	F	p-valor
Modelo	7.1611	5	1.4322	2.83	0.0647
Especie lombriz	2.0056	1	2.0056	3.97	0.0697
Mezcla de materiales	2.1778	2	1.0889	2.15	0.1588
Especie lombriz*Mezcla de materiales	2.9778	2	1.4889	2.95	0.0911
Error	6.0667	12	0.50556		
Total	13.228	17			

P-valor < 0.05 existe diferencia significativa.

C.V.= 94.12 %.

2.6.8 Bacterias

Los datos obtenidos para la variable bacterias para cada uno de los tratamientos se presentan en el cuadro 30.

El análisis de varianza del cuadro 31 muestra los resultados obtenidos de los distintos factores sobre las unidades formadoras de colonias de bacterias del vermicompost, indicando que sí existe diferencia significativa entre las diferentes mezclas y las especies de lombriz, sin embargo, en la interacción entre ambos factores no existe diferencia significativa.

Cuadro 30. Unidades formadoras de colonias de bacterias para cada tratamiento y repetición.

Repeticiones	Tratamientos					
	T1	T2	T4	T6	T7	T9
I	510000000	260000000	180000000	100000000	280000000	140000000
II	310000000	750000000	170000000	230000000	250000000	230000000
III	400000000	650000000	290000000	350000000	270000000	100000000
Media	406666666.7	553333333.3	213333333.3	226666666.7	266666666.7	156666666.7
Desv. Est.	±100166528	±258907963.1	±66583281.18	±125033328.9	±15275252.32	±66583281.18

Cuadro 31. Análisis de varianza para la variable unidades formadoras de colonias de bacterias, por el efecto de los tipos de mezclas y especie de lombriz.

F.V.	SC (*10 ¹⁷)	gl	CM (*10 ¹⁶)	F	p-valor
Modelo.	3.3003	5	6.6006	3.89	0.025
Especie lombriz	1.3694	1	13.694	8.07	0.0149
Mezcla de materiales	1.5334	2	7.6672	4.52	0.0344
Especie lombriz*Mezcla de materiales	0.39744	2	1.9872	1.17	0.343
Error	2.036	12	1.6967		
Total	5.3363	17			

P-valor < 0.05 existe diferencia significativa.

C.V.= 42.86 %.

Se realizó una prueba de medias Tukey para las especies de lombriz, ya que mostró diferencia significativa en el análisis de varianza. En el cuadro 32 se muestra el resumen de la prueba de Tukey donde se puede apreciar que la especie *Eisenia foetida* obtuvo la cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias más alta que la especie *Eisenia andrei*.

Cuadro 32. Resumen del análisis de prueba de comparación de medias Tukey, para el factor especies de lombriz sobre la variable unidades formadoras de colonias de bacterias.

Especie lombriz	Medias	n	E.E.	
E. foetida	391111111	9	43418719.3	A
E. andrei	216666667	9	43418719.3	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Durán, L. (2006), menciona que Las deyecciones de la lombriz poseen una riqueza en flora bacteriana muy grande, con cerca de 2×10^{12} UFC/g de humus producido. Así también hace referencia a que la gran abundancia de microbios de las vermicompostas viene proporcionada, principalmente, por el mismo proceso de elaboración, en donde los sustratos pasan a través del tracto digestivo de la lombriz, la cual posee una flora microbiana que alcanza unos 500 mil millones de microorganismos.

2.6.9 Cromatografía circular

A continuación se llevó a cabo la interpretación de los cromas obtenidos para cada uno de los tratamientos. La interpretación del croma se realiza por zonas, dividiéndose en zona central, zona interna, zona intermedia, zona externa y zona periférica.

A. Cromatografía tratamiento 1

En la figura 9 se muestran los cromatogramas obtenidos para cada una de las repeticiones del tratamiento 1 seguido de una breve interpretación.

Figura 9. Cromatogramas tratamiento 1 (E. Foetida, restos de moringa, bovinaza, restos de cafetería e invernadero).



En la zona central se puede observar un color crema o amarillo claro, sin embargo una zona muy limitada, esto es un indicador que la muestra se encuentra compactada o posee una aireación deficiente provocada por alta humedad, aunque la humedad es un factor indispensable en la vermicomposta. La zona interna posee una coloración crema lo cual es un indicador que la vermicomposta no posee una maduración finalizada. Muestra una media actividad microbiana por la transición entre la zona interna y la zona intermedia.

En la zona intermedia se puede observar una coloración marrón a café que es un indicador de la presencia de materia orgánica activa en una cantidad adecuada, pero no se encuentra totalmente humificada. No se puede apreciar la zona externa por problemas en la concentración de las soluciones o el manejo de las muestras, por lo tanto no se puede concluir completamente sobre su actividad biológica y enzimática Trio Maseda, M. (2016).

B. Cromatografía tratamiento 2

En la figura 10 se muestran los cromatogramas obtenidos para cada uno de las repeticiones del tratamiento 2 seguido de una breve interpretación.

Figura 10. Cromatogramas tratamiento 2 (*E. Foetida*, restos de moringa, gallinaza, restos de cafetería e invernadero).



La zona central presenta una coloración crema o gris e indica que el material presenta buena aireación, y no se encuentra compactado, además se puede observar una buena estructura. La zona interna presenta una coloración crema que es un indicador que la vermicomposta no posee una maduración finalizada, e indica una vermicomposta fresca, con una actividad microbiana media pero que se encuentra en proceso de transformación de la materia orgánica en humus estable.

La zona intermedia presenta una coloración marrón la cual indica una cantidad adecuada de materia orgánica, además se puede observar en la zona externa formación de nubes que se integran de forma adecuada con la zona anterior, con lo cual su actividad enzimática, y su actividad biológica humificadora es alta. Por lo tanto presenta una microbiología activa. Éste tratamiento se encuentra en mejores condiciones que el resto

de tratamientos, ya que posee un grado de maduración casi finalizado Trio Maseda, M. (2016).

C. Cromatografía tratamiento 3

En la figura 11 se muestran los cromatogramas obtenidos para cada uno de las repeticiones del tratamiento 3 seguido de una breve interpretación.

Figura 11. Cromatogramas tratamiento 3 (*E. Foetida*, restos de moringa y bovinaza).



La zona central presenta una coloración crema, indica poca aireación por su anillo concéntrico de tamaño pequeño que es casi visible. La zona interna presenta una coloración crema un indicador de una vermicomposta con un estado de maduración no finalizado, con una actividad microbiana media pero que se encuentra en proceso de transformación de la materia orgánica en humus estable.

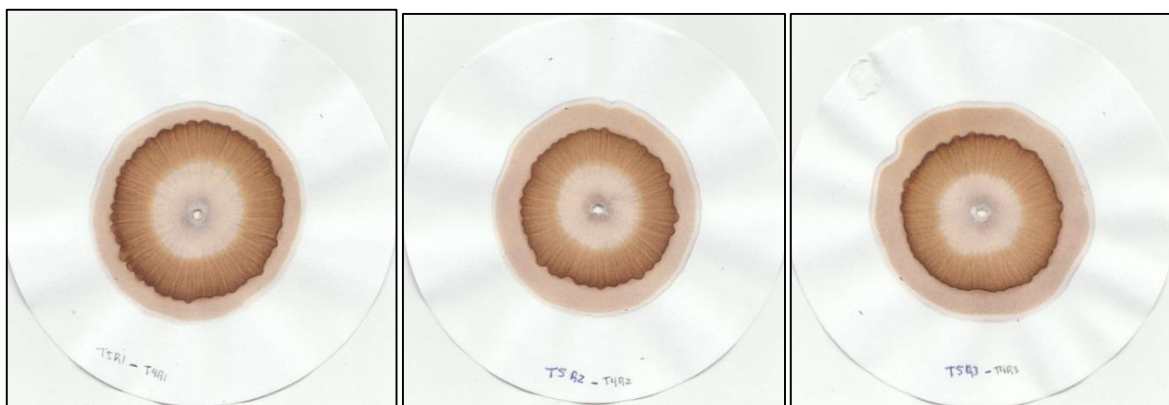
En La zona intermedia presenta una coloración café pasando a marrón que indica presencia de materia orgánica en una cantidad adecuada, no obstante, aún en proceso de transformación y maduración, además se puede observar en la zona externa una pequeña formación de nubes que se integra de manera gradual con la zona anterior lo

cual indica una actividad enzimática, y una actividad biológica humificadora baja Trio Maseda, M. (2016).

D. Cromatografía tratamiento 4

En la figura 12 se muestran los cromatogramas obtenidos para cada uno de las repeticiones del tratamiento 4 seguido de una breve interpretación.

Figura 12. Cromatogramas tratamiento 4 (*E. Andrei*, restos de moringa, bovinaza, restos de cafetería e invernadero).

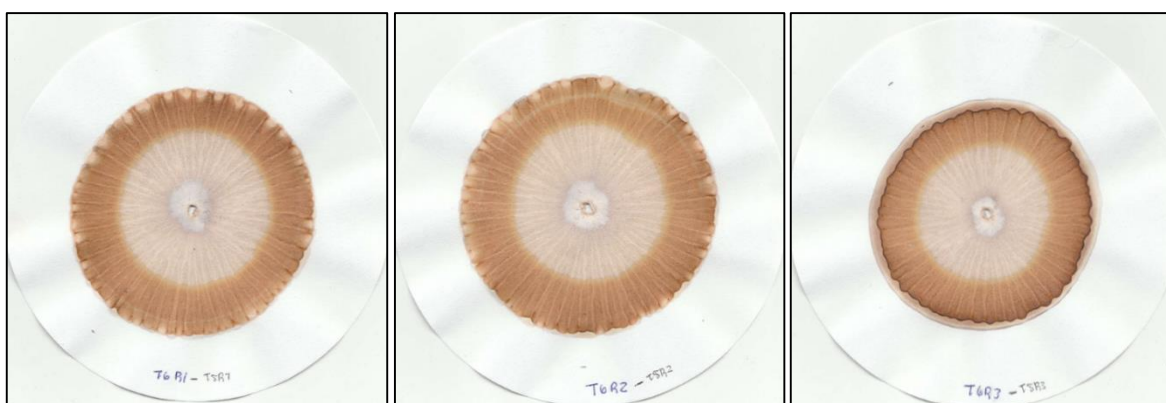


La zona central muestra una aireación baja con una compactación en el material. La zona interna muestra una coloración crema que indica media actividad microbiana y una vermicomposta con un estado de maduración sin finalizar, pero que se encuentra en proceso de transformación de la materia orgánica en humus estable por los microorganismos. La zona intermedia presenta una coloración café que indica presencia de materia orgánica poco estable y el tamaño del anillo concéntrico indica una cantidad adecuada. No es visible la zona externa del croma debido a problemas con las concentraciones de las soluciones o con el manejo de la muestra, por lo que no se puede concluir en base a su actividad biológica y enzimática Trio Maseda, M. (2016).

E. Cromatografía tratamiento 5

En la figura 13 se muestran los cromatogramas obtenidos para cada uno de las repeticiones del tratamiento 5 seguido de una breve interpretación.

Figura 13. Cromatogramas tratamiento 5 (*E. Andrei*, restos de moringa, gallinaza, restos de cafetería e invernadero).



La zona central posee una coloración entre crema que indica una aireación adecuada. La zona interna posee una coloración crema que indica un estado de maduración de la vermicomposta sin finalizar, pero que se encuentra en proceso de transformación de la materia orgánica en humus estable por parte de los microorganismos. La zona intermedia posee una coloración café que indica materia orgánica en proceso de estabilización y el tamaño del anillo concéntrico indica una cantidad adecuada. La zona externa muestra una actividad enzimática baja pero con actividad biológica humidificadora ya que hay integración de este zona con la zona anterior Trio Maseda, M. (2016).

F. Cromatografía tratamiento 6

En la figura 14 se muestran los cromatogramas obtenidos para cada uno de las repeticiones del tratamiento 6 seguido de una breve interpretación.

Figura 14. Cromatogramas tratamiento 6 (*E. Andrei*, restos de moringa y Bovinaza).



La zona interna posee una coloración crema que indica que el material posee una buena aireación. La zona interna presenta una coloración crema que indica que la vermicomposta se encuentra inmadura, pero que se encuentra en proceso de transformación de la materia orgánica en humus estable por parte de los microorganismos. La zona intermedia presenta una coloración marrón el cual indica que la materia orgánica ya casi posee un buen nivel de estabilización pero aún se encuentra en dicho proceso, y el anillo concéntrico posee un tamaño adecuado que indica una buena cantidad de materia orgánica. La zona externa presenta forma de nubes que se integran de buena manera con la zona anterior, esto es un indicio de buena actividad biológica Trio Maseda, M. (2016).

2.7 CONCLUSIONES

1. Para la variable porcentaje de humedad el material que presenta una mejor retención de humedad son los elaborados a partir de gallinaza + restos de invernadero y cafetería + moringa con una media de 0.93 según la prueba de comparación de medias.
2. Para la variable porcentaje de materia orgánica el tratamiento que muestra mayor cantidad es el T2 (E. Foetida + moringa + gallinaza + restos de invernadero y cafetería) con una media de 0.79 según la prueba de comparación de medias.
3. Para la variable porcentaje de cenizas el tratamiento con mayor cantidad es el T4 (E.andrei + moringa + bovinaza + restos de invernadero y cafetería) con una media de 1.05 según la prueba de comparación de medias.
4. Para la variable porcentaje de carbono orgánico el T2 es el que posee mayor cantidad de carbono orgánico con una media de 0.57 según la prueba de comparación de medias.
5. Para la variable pH las mezclas realizadas a base de moringa + restos de invernadero y cafetería + bovinaza presentan mayor valor de pH con una media de 8.48.
6. Las variables CE y hongos y levaduras no muestran diferencia significativa según el análisis de varianza realizado, mostrando que son estadísticamente iguales.
7. La variable bacterias la especie *E. Foetida* muestra diferencia significativa con respecto a *E. Andrei*, mostrando la especie *E. Foetida* una media de 391, 111,111 UFC y la especie *E. Andrei* una media de 216,666,667.

8. El tratamiento que posee las características óptimas para el buen desarrollo de las lombrices y que es apto para la dieta de las mismas es el tratamiento 2 que está elaborado a base de restos de moringa + gallinaza + restos de cafetería e invernadero + *E.foetida*. Dicho tratamiento brinda la calidad necesaria en la vermicomposta. La especie de lombriz más eficiente en el trabajo y que le brinda mejor calidad la del vermicompost es la especie *E. foetida*, sin embargo la especie *E. andrei* podría sustituir a *E. foetida* ya que mostró más eficiencia o eficiencia similar en algunos parámetros como en el porcentaje de materia orgánica.
9. Según los resultados obtenidos en la técnica de cromatografía, la mezcla adecuada para emplear como alimento para las lombrices. ya que presenta las mejores características en los cromas es el tratamiento 2. Éste muestra buenas características biológicas, buena aireación, estructura adecuada, una cantidad idónea de materia orgánica y una actividad microbiana activa. Se encuentra en proceso de maduración avanzado aunque es necesario proporcionar más tiempo para una mejor fermentación y que los nutrientes puedan estar disponibles para las plantas.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Es de suma importancia realizar el precompostaje del alimento que se le proporcione a las lombrices, ya que con esto se garantiza que esté en las condiciones adecuadas para poder inocular lombrices. Con esto también se eliminan algunos microorganismos que no deseamos y que son patógenos.
2. La mezcla recomendada es a base de restos de moringa + gallinaza + restos de cafetería e invernadero; por brindar a las lombrices las condiciones adecuadas para su desarrollo.
3. Se recomienda el uso de la especie *E. foetida* ya que es más eficiente en el proceso de descomposición y degradación de residuos orgánicos, sin embargo la especie *E. andrei* también podría emplearse para este proceso, ya que para la transformación de los residuos orgánicos poseen una eficiencia similar.
4. Es de suma importancia conocer la relación C/N de los materiales que se empleen en este proceso ya que determina el tiempo que le tome a las lombrices degradar todo el alimento. Así también un correcto balance entre el C y N brinda tanto energía, formación de su estructura y como elemento esencial en sus procesos metabólicos, respectivamente.
5. Se recomienda realizar un análisis físico-químico del vermicompost para conocer las características para su uso en la nutrición de cultivos y como enmienda agrícola.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Camiletti, J. 2016. Estudio de vermicompostaje de compost de residuos orgánicos de distinta naturaleza. España, Universidad Miguel Hernández de Elche. Consultado 17 ene. 2019. Disponible en <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM%20Camiletti%20Morales%20C%20Justin.pdf>
2. Cervantes, P. 2016. Manual de vermicompostaje doméstico. México, OIKOS. 33 p.
3. Cremona, M. 2011. Las cenizas volcánicas las cenizas volcánicas y los suelos de la y los suelos de la región. Bariloche, Argentina, INTA. Consultado 16 ene. 2019. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/inundacion/67-cenizasysuelos.pdf>
4. Díaz, E. 2002. Guía de lombricultura (en línea). La Rioja, España, Agencia de Desarrollo Económico y Comercio del Exterior. Consultado 3 mayo 2018. Disponible en <http://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>
5. Domínguez, J; Pérez-Losada, M. 2010. *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) y *Eisenia andrei* Bouché, 1972 son dos especies diferentes de lombrices de tierra (en línea). Acta Zoológica Mexicana número especial 2:321-331. Consultado 3 mayo 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a24.pdf>
6. Durán, L. 2006. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostas producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense 31(1):41-51. Consultado 17 ene. 2019. Disponible en <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13812/6818-9386-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Garrido, R. 2014. Efecto de catorce sustratos para la producción de humus de lombriz roja (*Eisenia foetida*). Tesis Ing. Agr. RNR. Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Consultado 5 mayo 2018. Disponible en http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1075/TS_RGG_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Gimeno, J. 2016. El lombricompost: un alimento para el suelo fabricado por las lombrices de tierra. Consultado 16 ene. 2019. Disponible en <http://ecomaria.com/blog/el-lombricompost-un-alimento-para-el-suelo-fabricado-por-las-lombrices-de-tierra/>
9. González, G; Nieto, A; Murillo, B; Ramírez, R; Villavicencio, E; Hernández, J; Aguilar, X; Guerrero, Z. 2012. Guía técnica para la producción de lombricomposta. La Paz, Baja California, México, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste.

Consultado 3 mayo 2018. Disponible en <https://es.slideshare.net/SakuraHayashi252/manual-de-lombricomposta>

10. Guache, A. 2015. Las lombrices y la agricultura (en línea). Tenerife, España, Agro Cabildo de Tenerife. Consultado 8 mayo 2018. Disponible en http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf
11. Lino, A. 2014. Manual de lombricomposta fundamentos y principios para su manejo. San Luis de la Paz, Guanajuato, México, Consultado: 17 de Enero de 2019. Disponible en: https://padrecitozesati.files.wordpress.com/2015/02/manual_de_lombricomposta.pdf
12. Lolita, C. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos (en línea). Consultado 8 mayo 2018. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6726/6414>
13. López, C; Ruelas, R; Raudel, R; Armenta, C; Félix, J. 2013. Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (en línea). Sinaloa, México, Universidad Autónoma Indígena de México. Consultado 8 mayo 2018. Disponible en http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/_10_articulosrevista_sarbitraje/9795.pdf
14. Marnetti, J. 2012. Implementación de la producción de lombricultura (en línea). Mendoza, Argentina, Universidad Nacional de Cuyo. Consultado 5 mayo 2018. Disponible en http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5236/marnettiproseso-productivo-de-abonos-organicos-lombricultura.pdf
15. Márquez, S. 2011. Elaboración de lombricomposta y humus de lombriz en los Mochis, Sinaloa. Tesis Ing. Agr. Parasitólogo. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 17 ene. 2019. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4328/T18766%20MARQUEZ%20QUIROZ,%20SERGIO%20FERNANDO%20%20MEMEORIA.pdf?sequence=1>
16. Martínez, E; Fuentes, J; Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Santiago de Chile, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola, Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Consultado 17 ene. 2019. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006
17. Molleda, P. 2016. Efectos de los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) en la producción de vermicompostaje. Tesis Ing. Gest. Amb. Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede en Esmeraldas. Disponible en

<https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/682/1/GAMEZ%20ZAMORA%20%20LUIS%20ALBERTO.pdf>

18. Morales, C; Fernández, M; Montiel, A; Peralta, B. 2008. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). Biotecnia 11(1).
19. Mulet del Pozo, Y; Díaz Álvarez, ME; Vilches León, EE. 2008. Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 17(1):27-30. Consultado 17 ene. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/html/932/93217106/>
20. Reinecke, A; Venter, J. 1985. The influence of moisture on growth and reproduction of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). Rev. Ecol. Biol. Sol. 22:473-481.
21. Roca, N; Pazos, M, Bech, J. 2007. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc, en suelos del no argentino. Ciencia Suelo 25(1):31-42.
22. Rueda, M. 2007. Desarrollo y comportamiento de la lombriz *Eisenia foetida* aplicando agua residual doméstica. Tesis Ing. Agr. Parasitólogo. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 17 ene. 2019. Disponible en http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2560/1361_MARIA%20REYNA%20RUEDA%20JUAREZ.pdf?sequence=1
23. Ruiz, M. 2011. Taller de elaboración de lombricomposta (en línea). México, Universidad Iberoamericana. Consultado 5 mayo 2018. Disponible en <http://www.iberomex.mx/web/files/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf>
24. Salazar, E; Fortis, M; Vázquez, A; Vázquez, C. 2003. Abonos orgánicos y plasticultura. México, Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia / Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 233 p.
25. SantaMaría Romeo, S; Ferrera Cerrato, F. 2002. Dinámica poblacional de *E. andrei* en diferentes residuos orgánicos. Terra Latinoamericana 20(3):303-310. Consultado 8 mayo 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320309>
26. Schuldt, M. 2006. *Eisenia fétida* y *Eisenia andrei* son dos buenas especies (en línea). Villa Elisa, Buenos Aires, Argentina, Manual de Lombricultura. Consultado 3 mayo 2018. Disponible en <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11167.html>
27. Secretaría de Desarrollo Sustentable, México. 2015. Reporte del estado de la calidad del aire en el área metropolitana de Monterrey (en línea). Nuevo León, México.

191 pp. Disponible en:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236724/Informe_nacional_calidad_del_aire_2015_Final.pdf

28. Somarriba, R; Guzmán, F. 2004. Guía de lombricultura. Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. 18 p.
29. Tineo, B. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fincas agrícolas. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Manejo Integrado de Recursos Naturales; Área de Manejo de Cuencas. p. 3, 4, 13, 16, 17, 25.
30. 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 PhD. ETSI de minas y energía (UPM). Madrid, España. Consultado: 17 de Enero de 2019. Disponible en:
http://oa.upm.es/39731/1/MARIA_MONTSERRAT_TRIO_MASEDA_b.pdf
31. Vásquez, P. 2005. Evaluación de seis mezclas de materiales orgánicos, sobre la población y calidad de lombricompost de *Eisenia foetida*, en la Finca San Sebastián, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 3 mayo 2018. Disponible en
http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2201.pdf
32. Villegas, V; Laines, J. 2017. Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(2):393-406. Consultado 5 mayo 2018. Disponible en
<http://www.redalyc.org/html/2631/263150548012/>
33. Vinueza, L. 2015. Determinación del contenido de carbono en el suelo en una plantación de pino (*Pinus radiata* d. Don) implementada en el páramo en la comunidad de Totoras, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Fortal. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Consultado 10 ene. 2019. Disponible en
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3888/1/33T0140%20.pdf>

**3. CAPÍTULO III: Informe de servicios Centro de Agricultura
Protegida, Facultad de Agronomía de la Universidad
Autónoma de Nuevo León, Ciudad General Escobedo,
Nuevo León, México.**

3.1 PRESENTACIÓN

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizado en el municipio de General Escobedo, y en la finca orgánica “Zu-Nopalito” (certificada por BioAgriCert) localizada en el municipio de Zuzua, Nuevo León, México. Este trabajo tuvo como objetivo principal desarrollar un conjunto de actividades de servicios, que proporcionaron beneficios y apoyo al Centro de Agricultura Protegida (CAP) y a la finca Zu-Nopalito, la cual, colaboran mutuamente y contribuyen para el aprendizaje de las/os estudiantes.

El centro de agricultura protegida cuenta con varias unidades productivas que son utilizadas para la academia, producción y generadoras de ingresos, de las cuales se pueden mencionar: área de invernaderos destinados a la siembra de tomate, pepino, chile y moringa, cultivo de moringa en campo abierto, lombricultura, entre otras. Existen áreas con pequeños proyectos que han dejado de funcionar y otros que carecen de la aplicación de conocimientos técnicos. La finca Zu-Nopalito cuenta con distintas áreas productivas como la producción del cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica*), maíz (*zea mays*), entre otros, además de producir enmiendas de suelo.

En este trabajo se presentan cuatro servicios realizados en el transcurso del tiempo estipulado, para la mejora del desarrollo del CAP y finca Zu-Nopalito. Los servicios que se realizarán son los siguientes: construcción de piletas de lombricompost como parte de la ampliación del proyecto ya existente, manejo de compostas con enfoque Biodinámico para su posterior uso en la finca, manejo orgánico del cultivo de nopal y prueba de acolchado para disminuir la incidencia de malezas en el área y servicios no planificados.

3.2 EJECUCIÓN

3.2.1 Servicio 1. Proyecto de piletas de lombricultura

A. Problema

El centro de agricultura protegida cuenta con un pequeño proyecto de lombricultura en donde se busca reutilizar los desechos generados en los diferentes procesos productivos, sin embargo, el contenedor del proyecto actual no tiene suficiente capacidad para el manejo de todos los desechos generados en las distintas áreas productivas del CAP. Otro problema identificado también es que la persona encargada de todas las actividades del proyecto carece de conocimientos técnicos sobre el manejo de las lombrices.

En dos años que tiene de funcionar el proyecto nunca se había realizado una cosecha del humus, por lo que también se implementó una metodología para su procesamiento luego de ser transformado por el sistema digestivo de las lombrices y su posterior maduración.

B. Objetivos

1. Realizar la construcción de dos piletas con todas las características adecuadas para la implementación de proyecto de lombricompost con el fin de aumentar la capacidad en la reutilización de desechos generados en el CAP.
2. Establecer una metodología para la producción adecuada de humus de lombricompost y su posterior proceso de cosecha y almacenamiento.

C. Metodología

a) Construcción de piletas

Se realizó la construcción de dos piletas con la reutilización de postes de moringa y nylon que es retirado de los invernaderos al momento de ser renovado. Las piletas se realizaron con dimensiones de 2 m de ancho * 10 m de longitud * 80 cm de altura. Con los postes de moringa se realizaron las paredes de las piletas y se cubrió toda la parte interior con nylon. En el suelo se realizó una pendiente con el fin que el lixiviado pudiera ser recolectado en la parte posterior de las piletas como se aprecia en la figura 15.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15. Construcción de piletas para lombricompost.

b) Recolección de desechos

En la figura 16 se muestran los desechos empleados para la alimentación de las lombrices, dichos desechos son generados en los distintos procesos productivos de los invernaderos y los cultivos a campo abierto, como son: desechos de tomate, pepino, nopal, restos de moringa triturada con una picadora, excremento de vaca obtenidos de la finca de la facultad, restos de cafeterías, entre otros.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 16. Recolección de desechos empleados para precompostaje.

c) Pre-compostaje de la mezcla

En la figura 17 se puede observar la mezcla de los materiales, ya que, previo a realizar la siembra de las lombrices es necesario realizar el pre-compostaje de la mezcla de los distintos materiales a utilizar. La mezcla de los materiales se realizó de la siguiente manera: se colocó una capa de excremento de vaca aproximadamente de 20 cm, luego una capa de Moringa picada aproximadamente una capa de 20 cm y por último una capa de restos de invernadero y cafetería.

Este proceso duró aproximadamente 4 semanas, manteniendo un control de la humedad, temperatura, pH, intensidad lumínica y plagas. Se realizaron volteos cada dos semanas para mantener aireada la mezcla.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 17. Realización del precompostaje de los desechos orgánicos.

d) Siembra de Lombrices

Transcurridas las cuatro semanas se procedió a realizar la siembra de las lombrices. Previo a la siembra se retiró el material de la piletta, dejando únicamente una capa aproximadamente de 30 cm. Luego se procedió a la siembra colocando aproximadamente un kilogramo de lombrices por metro cuadrado. Luego de realizada la siembra se procedió a colocar un nylon con una malla sobre la piletta para evitar que los rayos del sol penetraran directa y evitar plagas.

e) Manejo de las piletas

Durante todo el proceso se manejaron parámetros como: temperatura, humedad del 80 %, plagas, pH e intensidad lumínica. Así también se realizaron volteos periódicos con el fin de airear un poco el material, y garantizar que las lombrices consumieran todo el material como de muestra en a figura 18. La alimentación se agregó semanalmente aplicando una capa aproximadamente de 10 cm. Los riegos se realizaban de dos a tres veces por semana dependiendo de la temperatura.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 18. Manejo de las piletas de lombricompost.

f) Recolección de lixiviados y Cosecha de humus

La recolección de lixiviado de lombricompost se realizó semanalmente, o bien, cuando el recipiente recolector se llenaba como de muestra en la figura 19. Luego el lixiviado era almacenado en un tinaco con capacidad aproximada de 3000 L. El lixiviado antes de ser introducido en el tinaco se hacía pasar por una malla que funcionaba como colador para eliminar todas las impurezas y objetos no deseados del lixiviado.

La cosecha de humus se realizaba colocando trampas de comida en ciertas partes de las piletas para que las lombrices se concentraran en ese lugar y así facilitar la recolección del humus. Luego el humus sólido era retirado y llevado hacía el área destinada al cribado. Con la ayuda de una criba de 3 mm se realizó el cribado del humus para eliminar restos de materiales no deseados e impurezas como se aprecia en la figura 19. Luego era almacenado en sacos en un lugar seco y fresco para su posterior uso.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 19.Recolección de lixiviado de lombricompost.

D. Resultados obtenidos

Con la ejecución de este proyecto se logró la construcción de dos piletas con materiales reutilizados obtenidos en el CAP. Así también se consiguió ampliar la capacidad del proyecto para reutilizar mayor cantidad de desechos obtenidos de las distintas áreas productivas, así también se aumentó la cantidad de pie de cría de lombrices para su futura venta. Al finalizar el primer ciclo del proyecto de lombricompost se obtuvieron 8 sacos de humus de las dos piletas, además se obtuvieron 120 L de lixiviado de lombricompost, que fueron utilizados en el riego del cultivo de moringa y en distintas investigaciones.

E. Evaluación

El centro de agricultura protegida ahora cuenta con un proyecto de lombricultura con capacidad para generar mayor cantidad de abono orgánico de gran calidad, además se pueden reutilizar más desechos generados de las diferentes áreas productivas y con este proyecto a un futuro poder generar ingresos económicos de los productos generados. La persona encargada del proyecto ahora cuenta con la

capacitación adecuada para el manejo del mismo, además de poder brindar cursos a los estudiantes que lo deseen.

3.2.2 Servicio 2. Manejo de compostas industriales finca Zu-Nopalito

A. Problema

La finca Zu-Nopalito se dedica a la producción de abono orgánico a base de gallinaza, además de producir Nopal y Maíz de forma orgánica. La finca colabora con el CAP brindando gallinaza para la incorporación en el suelo de los invernaderos. La finca busca diversificar los productos que ofrecen a sus clientes, implementando otro tipo de abonos orgánicos. La finca cuenta con gran cantidad de materiales orgánicos para la elaboración de distintos tipos de abonos orgánicos, además de poseer la maquinaria adecuada para el proceso. Sin embargo, no cuentan con los conocimientos técnicos para realizar este tipo de abono orgánico (composta).

B. Objetivo

1. Elaborar compostas industriales empleando distintos desechos orgánicos y brindándole a dos de ellas un enfoque Biodinámico.
2. Manejar todos los parámetros adecuados para la correcta descomposición de los materiales incorporados.

C. Metodología

a) Recolección de materiales a emplear

Como sustratos principales se emplearon restos de moringa obtenidos de la finca de la facultad de agronomía ubicada en el municipio de Marín y nopal desechado de las cosechas realizadas en la finca para la elaboración de las compostas, además de ser

mezcladas con estiércol vacuno/gallinaza (1/1) como fuente de nitrógeno proporcionado por la empresa Vertia. La mezcla se realizó teniendo especial cuidado en la relación C/N Nitrógeno ya que este determina el tiempo que tomará la descomposición de los materiales incorporados.

b) Construcción de piletas

Fueron construidas cuatro piletas, las dimensiones para cada pila fueron de aproximadamente 2.25, 0.90 y 1.30 m de longitud, alto y ancho, respectivamente como se observa en la figura 20. Tomando en cuenta todos los parámetros adecuados como relación C/N determinada antes de la construcción, humedad adecuada, pH, aireación, entre otros. A dos de las cuatro compostas elaboradas se les incorporó preparados Biodinámico proporcionados por la finca certificada “El Equimite”.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 20. Construcción de piletas.

c) Riego de compostas

En la figura 21 se muestra el sistema de riego implementado, para mantener la humedad adecuada dentro de las compostas. El riego se realizó con tubos PVC de 1" diámetro y con 4 emisores para cada composta. El riego se realizaba semanalmente o

se tomaba en cuenta las condiciones ambientales del lugar y de la disponibilidad de tiempo para ir a la finca. Se encendía la bomba por una hora aproximadamente hasta alcanzar uniformidad en la humedad de todas las compostas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 21. Sistema de riego de compostas.

d) Volteos

Los volteos son indispensables ya que permite una mejor aireación de toda la composta y una descomposición uniforme. Se realizaron volteos una vez al mes tomando en cuenta las condiciones ambientales. Se llevaron a cabo los volteos con la utilización de una máquina de volteo que pertenece a la finca como se puede apreciar en la figura 22.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 22. Volteo de compostas con máquina de volteo.

e) Toma de temperatura

Con la ayuda de un termómetro especial para compostas, se realizó la toma de temperatura semanalmente en cada una de las compostas como se aprecia en la figura 23. Se tomaba la temperatura en cinco puntos alrededor de la composta y se determinaba un promedio. En base a las temperaturas se programaban los riegos y los volteos de las compostas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 23. Toma de temperatura en compostas.

D. Resultados obtenidos

Se elaboraron dos compostas de tamaño industrial de 2.25, 0.90 y 1.30 m de longitud, alto y ancho, respectivamente. Se controlaron todos los parámetros adecuados para que se efectuara de manera correcta la descomposición de cada uno de los materiales mezclados y resultara humus de buena calidad. La producción de composta con enfoque Biodinámico tuvo como posterior finalidad ser empleada en el cultivo de nopal y contrastar resultados con un manejo orgánico que habitualmente se implementa en la finca.

E. Evaluación

En la ejecución de dicho servicio se lograron manejar todos los parámetros adecuados para la correcta descomposición de las compostas. Luego se procedió a su utilización en el cultivo de nopal con el fin de proporcionar una buena nutrición al suelo donde se encuentra establecido el cultivo, además de garantizar una buena cantidad de microorganismos benéficos al suelo.

3.2.3 Servicio 3. Manejo orgánico del cultivo nopal y disminución de la incidencia de malezas.

A. Problema ´

En los terrenos de la finca Zu-Nopalito se cuenta con un área en donde se encuentra establecido el cultivo de Nopal variedad Villanueva. Al cultivo establecido se le brinda un manejo orgánico. Sin embargo, la finca posee una gran problemática un poco compleja en dicha zona y toma mucho trabajo controlar en un manejo orgánico. El principal problema que posee esta zona es el crecimiento desmedido de malezas y junto con ello la proliferación de plagas y enfermedades para el cultivo, ocasionando pérdidas económicas importantes para la empresa como se puede apreciar en la figura 24. Por lo tanto se planteó utilizar un acolchado a base de una mezcla de restos de moringa proporcionados por la facultad y restos de paja que se encontraban en la finca, así también la incorporación de las compostas realizadas con anterioridad.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 24. Problema identificado en el cultivo de Nopal.

B. Objetivo

1. Proporcionar un acolchado al cultivo de nopal a base de moringa y heno para caballo, y así disminuir la incidencia de las malezas en el área de cultivo para evitar futuras pérdidas económicas importantes.

C. Metodología

a) Establecimiento del cultivo

El cultivo ya se encontraba establecido en una parcela de la finca como se aprecia en la figura 25, utilizando camas aproximadamente de 1 m – 1.5 m de ancho con cuatro surcos en cada cama y un largo aproximadamente de 100 m por cama. Para realizar la prueba del acolchado se empleó un área de 36 m² en donde se colocó composta y posteriormente se agregó el acolchado.



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Establecimiento del cultivo de Nopal.

b) Fertilización

La fertilización es una de las etapas más importantes cuando se trata de un cultivo con manejo orgánico. Se realizó una fertilización en el cultivo de nopal con composta realizada con anterioridad en la finca aplicando una dosis de 30 ton/Ha. Se trató de cubrir bien toda la cama con la composta para lograr uniformidad en la aplicación y eficientizar el efecto de la composta en el suelo como se observa en la figura 26. Se aplicó aproximadamente una cantidad de 1.8 kg de composta/m² de cultivo.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 26. Aplicación de composta a cultivo de nopal.

c) Acolchado

Se colocó el acolchado a cada una de las camas tratando de cubrir toda el área de cultivo, con el fin de disminuir la incidencia y crecimiento de malezas, ya que es el principal problema dentro del cultivo como se aprecia en la figura 27. El acolchado consistió en una mezcla de restos de moringa picada y heno para caballo (1:1 p/p). Se procuró cubrir la composta aplicada anteriormente y la cama de cultivo con el acolchado. Se dejó únicamente sin acolchado la calle entre camas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 27. Colocación de acolchado en las camas de cultivo.

Riego

El riego ya se encontraba establecido en la parcela, el mismo se realiza por medio de un sistema de riego por goteo que es activado diariamente debido a las altas temperaturas del lugar, sin embargo, el cultivo no demanda grandes cantidades de agua.

d) Podas

Se realizaron podas de formación al cultivo con el fin de inducir un crecimiento adecuado de la planta como se muestra en la figura 28. Las podas se realizaron semanalmente, con la ayuda de una navaja se fueron eliminando los cladodios que se encontraban en posiciones inadecuadas. El crecimiento de la planta es hacia arriba, y debemos evitar crecimiento hacia los lados y traslape entre cladodios de otras plantas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 28. Realización de podas de formación del cultivo de nopal.

D. Resultados obtenidos

Con la ejecución de este servicio se logró brindarle un manejo orgánico al cultivo de nopal obteniendo una respuesta positiva de las plantas a la fertilización con composta, con buen rendimiento del cultivo y un crecimiento adecuado de los cladodios por las podas de formación realizadas a lo largo del servicio. Se alcanzó la disminución de las malezas en un 85 % dentro de todas las camas de cultivo con la utilización del acolchado como se observa en la figura 29, por lo que se obtuvo una buena calidad de los cladodios que serían comercializados, además que hubo una baja incidencia de plagas y enfermedades dentro del área.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 29. Reducción en la incidencia de malezas en el área.

E. Evaluación

Se observó que con el uso del acolchado se reduce sustancialmente la incidencia de malezas que puede llegar a producir grandes pérdidas en el cultivo de Nopal. Con el manejo orgánico se logró una respuesta positiva del cultivo incrementando el tamaño de las plantas, el tamaño de los cladodios, la coloración de la planta y plantas más vigorosas. Ahora la empresa implementará el manejo brindado al cultivo.

3.2.4 Servicio 4. Servicios no planificados

A. Problema

En el CAP para llevar a cabo todas las actividades productivas planificadas semanalmente en las distintas áreas de trabajo únicamente participan 3 personas. Se cuenta con 6 áreas de trabajo que deben estar ocupadas por las personas asignadas, sin embargo, no es suficiente el personal para poder llevar a cabo todas las actividades. Por lo que es necesario incorporar al trabajo a estudiantes mediante las becas de trabajo, en donde brindan apoyo en ciertas actividades, pero no se cuenta con el apoyo de los estudiantes a tiempo completo.

B. Objetivos

1. Brindar apoyo en las distintas actividades programadas semanalmente en el Centro de agricultura protegida para las diversas áreas de trabajo.
2. Aportar conocimientos adquiridos en los años de estudio para la mejora de los procesos que se llevan a cabo en el CAP.

C. Metodología

a) Área de invernaderos

Con los encargados de las diferentes áreas se llevaron a cabo actividades programadas para los distintos procesos productivos las cuales fueron las siguientes:

- i. Para el manejo en el cultivo de tomate y pepino dentro del invernadero se realizaron las siguientes actividades:
- ii. La preparación del terreno se llevó a cabo mediante la solarización del suelo como se aprecia en la figura 30, luego se aplicó yeso agrícola, arena y gallinaza como se muestra en la figura 31. Luego se realizaron las camas de cada surco.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 30. Solarización del suelo del invernadero.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 31. Aplicación del yeso agrícola, arena y gallinaza.

iii. El proceso de semillero y plántula se llevó a cabo con el llenado de bandejas con sustrato peat moss como se aprecia en la figura 32, luego se realizó la siembra de las semillas de las variedades de tomate a emplear como se observa en la figura 33, luego se colocaron las bandejas en bolsas negras para permitir la germinación de las plántulas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 32. Llenado de bandejas con sustrato.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 33. Siembra de semillas en bandejas.

Finalmente luego de germinadas las semillas se procedió a retirar las bandejas de las bolsas y se colocaron dentro del invernadero para lograr su óptimo desarrollo y crecimiento como se muestra en la figura 34.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34. Colocación de bandejas en invernadero.

- iv. El proceso de siembra de plántulas se inició con retirar las plántulas de las bandejas y se sumergían en una solución de 2 mL de lixiviado de vermicompost + 20 g de 18 – 18 – 18 + 16 mL de Rotaprid + 30 mL de Privicur + 20 mL de Derosal como se muestra en la figura 21. Luego se procedió a realizar la siembra como se puede observar en la figura 35.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35. Tratamiento previo a la siembra de las plántulas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 36. Siembra de plántulas.

- v. Semanalmente se realizaban podas, deshoje, poda de yemas y tutoreo.
- b) En el área del cultivo de Moringa se realizaron las siguientes actividades:
 - i. Se realizaba control de maleza periódicamente en la moringa establecida a campo abierto de forma manual con la ayuda de una herramienta como se muestra en la figura 37.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 37. Control de malezas dentro de cultivo de moringa.

- ii. Las podas, recolección de vainas para semilla y cosecha se realizaba semanalmente en todas las áreas donde se encuentra establecido el cultivo de moringa como se muestra en la figura 38.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 38. Podas y recolección de vainas para semilla.

iii. Periódicamente era necesaria la renovación de algunas áreas del cultivo de moringa, por lo que se realizaba trasplante como se observa en la figura 39.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 39. Trasplante de estacas de moringa.

iv. Cosecha, deshoje y secado.

c) Proyecto de lombricultura

Se realizó el manejo del proyecto de lombricultura realizando actividades de recolección de desechos orgánicos en el área de invernaderos, así también, se realizó la trituración de los restos de cosecha del cultivo de moringa con la ayuda de una máquina picadora. Se recolectó en la finca de la facultad el excremento de vaca para poder realizar el precompostaje correspondiente de todos los restos. Se le brindó el manejo adecuado al proyecto tomando en cuenta los parámetros óptimos para este proceso.

d) Apoyo en investigaciones

En el CAP se realizan proyectos de investigación de estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado en distintos temas. Se brindó apoyo en distintos proyectos de investigación en las múltiples actividades planificadas en las diferentes investigaciones.

D. Resultados obtenidos

Con la finalización de los servicios no planificados se logró en conjunto con todo el personal del CAP y estudiantes de beca de trabajo hacer más eficiente todos los trabajos planificados y asignados en las diferentes áreas productivas; además, fue posible brindar el apoyo necesario a los estudiantes con diversos proyectos de investigación.

E. Evaluación

Con el apoyo brindado en las diversas actividades se consiguió efficientizar el trabajo permitiendo al personal del CAP realizar más actividades durante su horario de labor, y así, cubrir más áreas durante la semana. Además se logró terminar varios proyectos de investigación que generan información relevante para el CAP y que pueda ser difundida.

3.3 CONCLUSIONES

1. Con la conclusión del proyecto de lombricultura se alcanzó aumentar la capacidad de manejo de residuos generados en las áreas productivas del CAP. Además se logró elaborar un pequeño manual acerca de las actividades a realizar y los aspectos a tomar en cuenta al momento de iniciar un proyecto de lombricompost. La persona encargada del proyecto obtuvo conocimientos sobre cómo realizar las distintas actividades y qué parámetros debe tomar en cuenta.
2. Se realizaron 4 compostas industriales en la finca Zu-Nopalito con el fin de aprovechar los residuos generados en la finca y diversificar los productos que ofrecen a sus clientes, además de poder utilizar las mismas en el cultivo de nopal orgánico establecido en la finca para mejorar las características del suelo y obtener productos de alta calidad.
3. Se aplicó un manejo orgánico al cultivo de nopal con el uso de las compostas realizadas en el servicio 2 y se realizó la prueba de un acolchado a base de moringa picada y heno para caballo con el fin de disminuir la incidencia de malezas y con ello evitar pérdidas económicas importantes. El uso del acolchado permitió disminuir las malezas en un 85 % del área empleada.
4. Los servicios no planificados permitió hacer más eficiente todas las actividades planificadas durante la semana. Además se logró brindar apoyo en todas las actividades que se llevan a cabo a nivel laboral y académico en el CAP.

3.4 RECOMENDACIONES

1. Capacitar constantemente al personal que tenga a su cargo el proyecto de lombricultura para brindarle un manejo adecuado y obtener abono de buena calidad.
2. En necesario contar con un manejo de malezas en cualquier cultivo para evitar pérdidas económicas grandes. Si el manejo se enfoca a la agricultura orgánica se recomienda el uso de un acolchado, ya que permite una disminución considerable de malezas en el área.

3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. Rodas-Gaitán, HA; Vázquez-Alvarado, RE; Olivares-Sáenz, E; Aranda-Ruiz, J; Palma-García, JM. 2019. Estabilidad de compostas estáticas biodinámicas a partir de restos de cultivos regionales (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10(1):187-195. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n1/2007-0934-remexca-10-01-187.pdf>
2. Secretaría de Desarrollo Sustentable, México. 2015. Reporte del estado de la calidad del aire en el área metropolitana de Monterrey (en línea). Nuevo León, México. 191 p. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236724/Informe_nacional_calidad_del_aire_2015_Final.pdf