

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Facultad de ingeniería

P.E INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS PARA EL
CULTIVO DE RÁBANO (*Raphanus sativus*), EN LA
LOCALIDAD DE RIBERA DE CUPIA, MUNICIPIO DE CHIAPA
DE CORZO, CHIAPAS

Para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presenta:

Perla Guadalupe Gómez Molina

Director:

M. en C. Ulises González Vázquez

Asesores:

Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Agosto, 2020



AGRADECIMIENTOS

A la UNICACH

Que me abrió sus puertas y me permitió cumplir con una de mis grandes metas.

A mi director

M. en C. Ulises González Vázquez por el tiempo y conocimiento que me ha brindado para la realización de este proyecto.

A la Dra. Rebeca Isabel Martínez Salinas

Por el asesoramiento y sugerencias que me ha brindado.

Al Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Por el asesoramiento y sugerencias que me ha brindado.

Al Dr. Raúl González Herrera

Por el tiempo y asesoramiento que me ha dado.

Al Ing. Francisco Molina Saldaña

Por las sugerencias e información que me ha dado sobre el tema.

DEDICATORIA

A Dios

Por permitirme la vida, brindarme sabiduría y conocer a mi hermosa familia.

A mis padres

Ariosto Gómez Santiago y María Fulmen Molina Saldaña, por todo el apoyo, amor, confianza y enseñanzas que me han ofrecido.

A mis abuelos

Por brindarme apoyo y cariño.

A mis tíos

Por el apoyo y consejos que me han trasmitido.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	RESUMEN	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
4.	JUSTIFICACIÓN	5
5.	HIPÓTESIS	6
6.	ANTECEDENTES	6
7.	REFERENTES TEÓRICOS	9
7.1	Suelos de México	9
7.2	Biofertilizantes	9
7.2.1	Ventajas de los biofertilizantes	9
7.2.2	Desventajas de los biofertilizantes	10
7.3	Biodigestor	10
7.3.1	Etapas que se genera en una digestión anaerobia	10
7.4	Composta	11
7.5	Fertilizantes orgánicos	11
7.6.	Lombricomposta	11
7.6.1	Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	11
7.6.2	Microorganismos presentes en el tracto digestivo de <i>Eisenia fétida</i>	12
7.7	Cromatografía de Pfeiffer	13
7.8	Rábano (<i>Raphanus sativus.</i>)	14
7.9	Los elementos necesarios para una planta	14
7.10	Problemas en las plantas por déficit de nutrientes	15
8.	OBJETIVOS	16

8.1 Objetivo General:	16
8.2 Objetivos Específicos:	16
9. METODOLOGÍA	17
Fase 1) Producir los abonos orgánicos	17
Fase 2) Cultivar la especie <i>Raphanus sativus</i> determinando los parámetros de crecimiento	20
Fase 3) Caracterizar el contenido nutricional de los fertilizantes	22
Fase 4) Evaluar mediante tablas comparativas los resultados finales obtenidos de las evaluaciones	23
10. RESULTADOS	25
Resultado 1:	25
Resultado 2:	26
Resultado 3:	37
Resultado 4:	40
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	45
12. CONCLUSIÓN	50
13. REFERENCIAS	51
14. GLOSARIO DE TÉRMINOS	57
15. ANEXOS	59
15.1 Tablas	59
15.2 Figuras	75
15.3 Mapas	92
15.4 Graficas	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	17
Figura 2. Finalización de la elaboración de la composta	25
Figura 3. Finalización de la elaboración del biodigestor	25
Figura 4. Siembra de Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	26
Figura 5. Primeras germinaciones del cultivo de rábano en el abono de composta	26
Figura 6. Cromatografía de suelo testigo	37
Figura 7. Cromatografía de abono de composta	38
Figura 8. Cromatografía de abono de lombricomposta	39
Figura 9. Acondicionamiento del terreno	75
Figura 10. Colocación de primera capa de hojas secas	75
Figura 11. Colocación de primera capa de estiércol	76
Figura 12. Finalización de la colocación de ingredientes del biodigestor	76
Figura 13. Medición de temperatura, humedad y pH con el medidor marca OEM	77
Figura 14. Medición de temperatura con el medidor marca Metrón	77
Figura 15. Medidor de pH y conductividad, marca Hanna.....	78
Figura 16. Medidor de humedad y pH	78
Figura 17. Adaptación de recipiente parte 1 para lombricomposta	79
Figura 18. Adaptación de recipiente parte 2 para lombricomposta	79
Figura 19. Finalización parte 1 de adaptación de recipiente para la lombricomposta	80
Figura 20. Finalización parte 2 de adaptación de recipiente para la lombricomposta	80
Figura 21. Colocación de canastas para retirar las lombrices	81
Figura 22. Colocación de los abonos y el sustrato testigo en llantas	81
Figura 23. Siembra de los cultivos	82
Figura 24. Segunda semana después de su germinación de los cultivos de rábano	82

Figura 25. Cultivo de rábano en abono de composta aplicando abono líquido foliar de lixiviado de lombricomposta	83
Figura 26. Cultivo de rábano en abono de composta aplicando abono líquido foliar de biol.....	83
Figura 27. Cultivo de rábano en sustrato testigo aplicando abono líquido foliar de lixiviado de lombricomposta	84
Figura 28. Cultivo de rábano en sustrato testigo aplicando abono líquido foliar de biol.....	84
Figura 29. Cultivo de rábano en el abono de lombricomposta aplicando abono líquido foliar de lixiviado de lombricomposta	85
Figura 30. Cultivo de rábano en el abono de lombricomposta aplicando abono líquido foliar biol	85
Figura 31. Cultivo de rábano en suelo testigo, cuarta semana.....	86
Figura 32. Cultivo de rábano en abono de composta, cuarta semana	86
Figura 33. Cultivo de rábano en abono de lombricomposta, sexta semana	87
Figura 34. Cosecha del rábano del tratamiento 2.....	87
Figura 35. Cosecha del rábano de tratamiento 4	88
Figura 36. Cosecha del rábano tratamiento 4	88
Figura 37. Cosecha del rábano del tratamiento 7 y 8.....	89
Figura 38. Cosecha del rábano del tratamiento 1, 6 y 7.....	89
Figura 39. Tubérculo del rábano del tratamiento 3, semana 7	90
Figura 40. Muestra de 5g de cada fertilizante sólido y testigo para realizar los cromas	90
Figura 41. Características ideales de un cromatograma	91
Figura 42. Mapa edafológico de Ribera de Cupia, Chiapa de Corzo	92
Figura 43. Mapa Uso de suelo y vegetación de Ribera de Cupia, Chiapa de Corzo	92
Figura 44. Temperatura, Oxígeno y pH en el proceso de compostaje	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Representación de los tratamientos de experimentación	21
Tabla 2. Resultados finales de conductividad eléctrica (CE), pH, macronutriente y micronutrientes de los fertilizantes evaluados	40
Tabla 3. Evaluación final del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1	41
Tabla 4. Evaluación final del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2	42
Tabla 5. Evaluación final de los cromatografías de los fertilizantes sólidos	43
Tabla 6. Evaluación de los resultados finales obtenidos de la cuantificación de parámetros nutricionales químico.....	44
Tabla 7. Evaluación de los resultados finales obtenidos de la cuantificación de parámetros físicos	44
Tabla 8. Registro de temperatura, humedad y pH de la composta	59
Tabla 9. Registro de temperatura, humedad y pH de la lombricomposta.....	60
Tabla 10. Registro de temperatura y pH del biodigestor	61
Tabla 11. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 1, tratamiento 1-3	61
Tabla 12. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 2, tratamiento 1-3	62
Tabla 13. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 1, tratamiento 4-6	62
Tabla 14. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 2, tratamiento 4-6	63
Tabla 15. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 1, tratamiento 7-9	63
Tabla 16. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 2, tratamiento 7-9	64

Tabla 17. Características morfológicas del rábano en el abono de composta (semana dos a cuatro)	65
Tabla 18. Características morfológicas del rábano en el abono de composta (semana cinco a siete)	66
Tabla 19. Características morfológicas del rábano en el abono de lombricomposta (semana dos a cuatro)	67
Tabla 20. Características morfológicas del rábano en el abono de lombricomposta (semana cuatro a siete).....	68
Tabla 21. Características morfológicas del rábano en el sustrato testigo (semana dos a cuatro)	69
Tabla 22. Características morfológicas del rábano en el sustrato testigo (semana cinco a siete)	70
Tabla 23. Características morfológicas finales del rábano en el sustrato testigo ..	71
Tabla 24. Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos	71
Tabla 25. Parámetros de humedad óptimos para una composta	72
Tabla 26. Parámetros de temperatura óptimos para una composta.....	72
Tabla 27. Parámetros de pH óptimos para una composta	73
Tabla 28. Cultivo de Rábano	73
Tabla 29. Tolerancia de salinidad en el suelo	74

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 1 (100% lombricomposta).....	27
Gráfica 2.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 2 (100% lombricomposta con 50% lixiviado de lombricomposta)	28
Gráfica 3.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 3 (100% lombricomposta con 50% biol)	28
Gráfica 4.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 4 (100% composta).....	29
Gráfica 5.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 5 (100% composta con 50% lixiviado de lombricomposta).....	29
Gráfica 6.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 6 (100% composta con 50% biol)	30
Gráfica 7.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 7 (100% testigo).....	30
Gráfica 8.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 8 (100% testigo con 50% lixiviado de lombricomposta)	31
Gráfica 9.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 en el tratamiento 9 (100% testigo con 50% biol)	31
Gráfica 10.Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 1 (100% lombricomposta).....	32
Gráfica 11. Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 2 (100% lombricomposta con 50% lixiviado de lombricomposta)	32
Gráfica 12. Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 3 (100% lombricomposta con 50% biol)	33
Gráfica 13. Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 4 (100% composta).....	33

Gráfica 14. Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 5 (100% composta con 50% lixiviado de lombricomposta)	34
Gráfica 15. Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 6 (100% composta con 50% biol)	34
Gráfica 16. Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 7 (100% testigo).....	35
Gráfica 17. Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 8 (100% testigo con 50% lixiviado de lombricomposta)	35
Gráfica 18. Promedio del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 en el tratamiento 9 (100% testigo con 50% biol)	36
Gráfica 19. Evaluación final del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1	41
Gráfica 20. Evaluación final del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2	42
Gráfica 21. Evaluación final del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 1 con desviación estándar	94
Gráfica 23 Evaluación final del crecimiento del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) de la planta 2 con desviación estándar	94

1. RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito conocer, a partir de las evaluaciones de la morfología de los cultivos, Cromatografía Pfeiffer y la cuantificación de parámetros nutricionales físico y químicos, cuál fertilizante orgánico fue más eficiente para el desarrollo de la especie *Raphanus sativus*, en la localidad de Ribera de Cupia, Municipio de Chiapa de Corzo. Los fertilizantes orgánicos utilizados fueron: composta, lombricomposta, lixiviado de lombricomposta y de biol. Para evaluar el crecimiento morfológico del cultivo se dividió en nueve tratamientos, resultando de la siguiente manera: Tratamiento 1 (lombricomposta 100%), tratamiento 2 (lombricomposta 100% con 50% lixiviado de lombricomposta), tratamiento 3 (lombricomposta 100% con 50% biol), tratamiento 4 (composta 100%), tratamiento 5 (composta 100% con 50% lixiviado de lombricomposta), tratamiento 6 (composta 100% con 50% biol), tratamiento 7 (testigo 100%), tratamiento 8 (testigo 100% con 50% lixiviado de lombricomposta) y tratamiento 9 (testigo 100% con 50% biol); de las cuales se midieron ancho, largo de hoja, tallo, raíz, tubérculo y número de hojas. Los resultados mostraron los parámetros mayores para la composta y lombricomposta en cuanto la hoja y tubérculo.

Se realizó un muestreo por cada abono sólido (composta y lombricomposta) y testigo, el análisis por cromatografía de Pfeiffer mostró las mejores características para la lombricomposta en materia orgánica, minerales y microorganismos. Por último, el contenido nutricional del Nitrógeno total, fue mayor en la composta y lombricomposta indicando que los fertilizantes sólidos tienen mayor disponibilidad de nitrógeno comparado a los fertilizantes líquidos.

2. INTRODUCCIÓN

El suelo se puede definir de diferente manera dependiendo del área de interés, para el sector agrícola, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) lo define como: *“la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua”*; también se le conoce como la capa superficial que contiene materia orgánica y minerales que ayudan al desarrollo de las plantas y que ha sido sujeta a los efectos físicos, químicos, biológicos y morfológicos del sustrato rocoso del que se originó (SEMARNAT, 2012). En México existen 26 de los 32 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, los que dominan son los Leptosoles (28.3% del territorio), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%) y Vertisoles (8.6%) que, en conjunto, ocupan 81.7% de la superficie nacional (Valdez, Badii, Guillen y Acuña, 2015). La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) menciona que los principales tipos de suelo que predominan en Chiapas son: Acrisol, Litosol, Cambisol, Regosol, Solonchak, Andosol, Luvisol, Vertisol y Nitosol. El estado cuenta con una superficie de 7.4 millones de hectáreas, de la cual la agricultura ocupa aproximadamente 67.75% (SAGARPA, 2010). En base al mapa edafológico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en Ribera de Cupia se encuentran los suelos Phaeozems (INEGI, 2018). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) menciona que los suelos Phaeozems son porosos, fértiles y son excelentes para la agricultura (FAO, 2008). Sin embargo, las problemáticas para los cultivos de hortalizas han sido debido a diferentes tipos de enfermedades, plagas y malezas, que perjudican desde la semilla, a la planta y los frutos, los cuales han podido contrarrestarse con la aplicación de los plaguicidas, estos son sustancias químicamente complejas, que una vez aplicadas en el ambiente, están sujetas a una serie de transformaciones a nivel físico, químico y biológico (García y Rodríguez, 2012); provocando un cambio en la calidad del suelo conforme pasa el tiempo.

Los fertilizantes son utilizados para ofrecer a la planta los elementos esenciales que el sustrato no provee (Pérez, 2014). De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), existen tres tipos de fertilizantes: los inorgánicos, que son sintetizados químicamente; los orgánicos, amigables al medio ambiente; y los biofertilizantes, que son las bacterias, hongos y otros aditivos biológicos, convenientemente inoculados (SIAP, 2013).

En este proyecto se evaluaron cuatro fertilizantes orgánicos: lombricomposta, composta, lixiviado de lombricomposta y biol. El compostaje es uno de los procesos más usados, en cuanto a la obtención de abono orgánico, en este participan diversos microorganismos para transformar los residuos orgánicos, se dice que es una lombricomposta cuando participan lombrices de distintas especies (Olivares, Hernández, Vences, Jáquez y Ojeda, 2012); el líquido resultante se genera después de haber aplicado riego al humus de lombriz, a esto se le conoce como lixiviado de lombricomposta. Por otro lado, el Biol es la sustancia líquida que se obtiene de la descomposición anaerobia de materia orgánica (Siura *et al.*, 2009). Se ha comprobado en diversos estudios que los fertilizantes orgánicos mejoran la calidad de los cultivos.

El objetivo de este trabajo es evaluar los fertilizantes, anteriormente mencionados, para comprobar cuál es más eficiente para el desarrollo de la especie *Raphanus sativus* en la Ribera de Cupia, es por eso la importancia de desarrollar este tipo de trabajo para conocer cuál de estos métodos es el más efectivo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la localidad Ribera de Cupia, perteneciente al municipio de Chiapa de Corzo, se aprecian diversos problemas en algunos cultivos de hortalizas, como: el mal crecimiento de sus frutos, decoloración en las hojas, debilidad en el tallo, entre otros. García y Rodríguez (2012) indican que estas afectaciones pueden deberse a diversos factores, principalmente por la presencia de plagas, hongos o el déficit nutricional de las plantas.

Estos efectos se han visto relacionados con pérdidas económicas hacia los campesinos y agricultores, debido a la mala calidad de los cultivos cosechados, no pueden ser competitivos para su venta. Por ello los agricultores y campesinos han empleado diversas maneras de remediarlo, usando plaguicidas e insecticidas, estos consiguen eliminar insectos y hongos no deseados, pero también dañan a los microorganismos de suelo (importantes recicladores de nutrientes del suelo), polinizadores de cultivos y depredadores de insectos dañinos (FAO,2015). Cabe mencionar que en algunos casos el suelo es dañado debido a derrames accidentales de esos productos, el uso inadecuado de los agricultores y campesinos, residuos descargados y dispuestos en el suelo (Del Puerto, Suárez y Palacio, 2014), ocasionando la infertilidad del suelo, provocando debilidad a las plantas. Múnevar (2004) menciona que un organismo bien nutrido tiene menos riesgo de sufrir enfermedades y si se enferma, tolera más la enfermedad, por ello, otra de las formas de combatir la mala calidad de los cultivos es usando fertilizantes; estos le dan nutrientes al suelo, mejora la deficiencia nutricional de las plantas, le da resistencia ante la presencia de enfermedades, plagas y hongos, mejor aún, con los fertilizantes, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o triplicarse (FAO, 2002).

Una alternativa que se ha propuesto desde hace tiempo es el uso de fertilizantes orgánicos, ya que, utilizan los residuos orgánicos generados en el campo o en el hogar. Estos pueden reducir el uso de los fertilizantes químicos y satisfacen la demanda nutricional de los cultivos (Márquez, Cano, Moreno, Figueroa, Sánchez, De la Cruz y Robledo, 2014). En consecuencia, es importante investigar sobre

cuál fertilizante orgánico es más eficiente para el desarrollo de los cultivos de rábano (*Raphanus sativus*); ya que esta información permitirá a dar a conocer cuál fertilizante (composta, lombricomposta, lixiviado de lombricomposta y biol) es más adecuado para aplicar a los cultivos de rábano en Ribera de Cupia, tratando de sustituir los productos químicos inorgánicos.

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación surgió debido a la problemática que presentan en el desarrollo de diversos cultivos de hortalizas en la zona de estudio. De acuerdo a INEGI (2019) en su mapa de “Uso de suelo y Vegetación”, Ribera de Cupia es una zona agrícola. Cabe señalar que la propagación de plagas, hongos o enfermedades ha aumentado drásticamente en los últimos años, propagándose fácilmente a otros lugares (FAO, 2020), como es el caso de Ribera de Cupia. Las plantas sufren una serie de enfermedades y plagas durante su fase de crecimiento, un ejemplo de ellos son los hongos fitopatógenos, no sólo manchan, desfiguran o causan la podredumbre de los cultivos, si no también reduce su valor en el mercado (Juárez, Sosa y López, 2017). Las enfermedades de las plantas reducen las cosechas, desmejoran la calidad del producto, limitan la disponibilidad de alimentos y materias primas; el impacto es muy grande para las personas que dependen de la agricultura, es decir para los campesinos y agricultores (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2016). Por ello utilizan productos químicos para prevenirlos, estos pueden aumentar los rendimientos de los cultivos a corto plazo pero puede llegar a la degradación de la tierra, teniendo problemas como la compactación de la primera capa del suelo, disminución de la fertilidad del suelo, aumento de sales, erosión, disminución del agua para riego, pérdida de la diversidad genética, contaminación del suelo, agua y de los alimentos (Rocha, Sánchez y Azero, 2012), por ello una de las alternativas viables es el uso de fertilizantes orgánicos, ya que reutilizan los residuos orgánicos generados en el hogar y son 100% naturales.

El presente trabajo permitió dar a conocer que fertilizante orgánico dio mejores resultados en cuanto al desarrollo del rábano. Del mismo modo beneficiará a los

campos agrícolas de la zona, ya que, a partir de este proyecto de investigación, se determinó el fertilizante orgánico que presente propiedades de mejoramiento en el desarrollo del rábano, de esa manera conocer que fertilizante es más viable para el buen desarrollo de los cultivos, de esta forma reducir el uso de fertilizantes inorgánicos, plaguicidas e insecticidas de la zona.

5. HIPÓTESIS

Los fertilizantes orgánicos obtenidos de la composta y lombricomposta, aplicados en diferentes proporciones mejora el desarrollo morfológico del *Raphanus sativus*, comparado al suelo testigo en el área de estudio.

6. ANTECEDENTES

En las últimas décadas se han desarrollado diversas alternativas para la fertilidad de los suelos, con ello la implementación de fertilizantes.

Soria, Ferrera, Etchevers, Alcantar, Trinidad, Borges y Pereyda (2000), explican el procedimiento para la construcción de un biodigestor. En el cual los microorganismos que participan en cada de las etapas que hace el biodigestor, qué descomponen y qué generan estos; por otro lado, señalan las temperaturas ideales y por medio de esto, en qué etapas se encuentra, así como el pH que oscilan entre 6.7 y 7.5 con límites de 6.5 a 8.0 para el estiércol bovino.

En otro estudio de Siura *et al.* (2009), se reporta una evaluación con biol, también conocido como biofertilizante o biopreparado, que es un abono orgánico líquido de fabricación artesanal que se obtiene como subproducto de la fermentación anaeróbica de materia orgánica en recipientes cerrados llamados biodigestores. En este proyecto trabajaron con diferentes concentraciones de biol foliar (0, 20, 40, 80 y 100%); estas mostraron una tendencia a incrementar el rendimiento a medida que se incrementó la concentración de biol, mostrando mejores resultados con la concentración al 100% respecto al mayor número de frutos y floración, es decir una mayor capacidad de carga por planta. Por otro lado, el peso promedio, longitud y diámetro de los frutos fue menor cuando se aplicó biol.

Rivas, Faith y Guillen (2010) quienes hacen referencia a los biodigestores y métodos que existen para acelerar la descomposición de la materia prima durante la producción del gas; da a conocer los parámetros matemáticos implicados en la estimación de la productividad de un biodigestor; identifica los sustratos ideales para la digestión anaerobia que son: los desechos orgánicos húmedos de origen agrícola, industrial, doméstico y municipal. Cada reactor trabajó con temperaturas crecientes de 30 a 55 °C a intervalos de 5 °C, y monitoreó los cambios en el pH.

Por otro lado, Rodríguez, Osti, Alcalá y Sánchez (2010) evaluaron dos dosis de lombricomposta (1.5 y 3 toneladas ha⁻¹, equivalentes a 60 y 120 kg de N respectivamente) en tres momentos de aplicación al suelo (84, 52 y 0 días antes del trasplante), la combinación de estos factores formó 6 tratamientos y como testigo evaluó un tratamiento con fertilización química. Los resultados revelaron que los tratamientos de lombricomposta promovieron un mayor crecimiento de las plantas de cebollita cambray con relación al tratamiento con fertilización sintética en las variables de peso seco y altura de planta; se señala los parámetros de pH y temperatura ideales para la elaboración de lombricomposta.

Guerra (2011), menciona los microorganismos que trabajan en ausencia de oxígeno y la actividad que realizan en el biodigestor, así también, los factores necesarios que debe realizarse en el biodigestor que son: temperatura del sustrato, nutrientes disponibles, tiempo de retención (flujo a través del tiempo), pH y relación C/N; y señala los procedimientos para la construcción de un biodigestor, como también las fórmulas para calcular el volumen y masa de cada material.

Negrín y Jiménez (2012) hicieron una evaluación sobre el efecto agronómico de los biosólidos provenientes de la digestión anaerobia de residuales pecuarios en los cultivos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En el cual experimenta con tres tratamientos (dosis: 0.0; 6.8 y 9 t. ha⁻¹) y tres replicas (nueve unidades experimentales), cada parcela tuvo un área de 40 m². En dicho experimento muestra que a partir de los 40 días el diámetro del tallo mostró diferencias significativas en los tratamientos con aplicación del biosólido el comportamiento

similar se logró en la altura de la planta a partir de los 32 días de establecida, llegando hasta 65 cm en el último periodo. Demostrando que en los dos tratamientos donde se aplicó los biosólidos hubo un aumento en el crecimiento de dicha planta con parado con el testigo.

Olivares *et al.* (2012) establecieron seis tratamientos: fertilización con lombricomposta, composta, urea, urea + lombricomposta, urea + composta y el testigo. Evaluó el contenido de macro y micronutrientes tanto en el tejido foliar de lechuga como en el suelo, en el cual se incluyó la determinación de Materia Orgánica y pH. Se demostró que el contenido nutricional de Nitrógeno foliar en plantas de lechuga tratadas con composta y lombricomposta, fue similar respecto a la aportación equivalente del fertilizante nitrogenado inorgánico. Concluyendo que los mejores fertilizantes son a base de lombricomposta y composta en condiciones de Materia Orgánica y en la concentración de macronutrientes en los suelos.

A diferencia de las investigaciones anteriores, este proyecto espera comprobar cual fertilizante biológico (composta, lombricomposta, lixiviado de lombricomposta y biol) es preferible usar para el mejoramiento y desarrollo de los cultivos en la localidad de Ribera de Cupia, generando una alternativa viable para los agricultores y campesinos.

7. REFERENTES TEÓRICOS

7.1 Suelos de México

México cuenta con 26 de los 32 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2007). Las que dominan son: Leptosoles (28.3% del territorio), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%) y Vertisoles (8.6%) que, en conjunto, ocupan 81.7% de la superficie nacional (SEMARNAT, 2012).

Por otro lado, el 52.4% del territorio nacional hay suelos someros y poco desarrollados, como: Leptosoles, Regosoles y Calcisoles, lo cual dificulta su aprovechamiento agrícola y aumenta su vulnerabilidad a la erosión. Los suelos con mayor fertilidad: Phaeozems, Luvisoles y Vertisoles cubren en conjunto 29.3% del país. En el resto del territorio se presentan los otros 20 grupos edáficos, los cuales se distribuyen en un gran número de relieves, microclimas y tipos de vegetación (SEMARNAT, 2012).

7.2 Biofertilizantes

Los biofertilizantes son a base de microorganismos, estos son aplicados al suelo o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos (Armenta, García, Camacho, Apodaca, Gerardo y Nava, 2010).

7.2.1 Ventajas de los biofertilizantes

García (2017) menciona las siguientes ventajas:

- Disminuyen el uso de fertilizantes químicos.
- Mejoran la textura del suelo.
- Incrementan la vida útil del suelo y lo mantiene en condiciones de cultivo.
- Disminuye la degradación de la tierra por pérdida de nutrientes.

Santillán (2016) señala lo siguiente:

- Su costo es menor que el de los fertilizantes químicos
- Los biofertilizantes también pueden servir en suelos que ya están contaminados, e incluso, han mejorado la productividad.
- microorganismo tiene hasta dos años de viabilidad después de producirlo.

7.2.2 Desventajas de los biofertilizantes

García (2017) menciona las siguientes desventajas:

- Deben de aplicarse a ciertas horas para mejorar su efectividad.
- Requiere que el suelo tenga una cierta humedad todo el tiempo para que los microorganismos puedan seguir vivos.

7.3 Biodigestor

El biodigestor es una estructura hermética que descompone la materia orgánica debido a la acción de las bacterias en ausencia de oxígeno (anaerobia), aparte de generar un gas combustible denominado biogás, mejora la capacidad del fertilizante (Guerra, 2011).

7.3.1 Etapas que se genera en una digestión anaerobia

Soria *et al.*, (2000), señalan que son tres etapas:

- 1) Hidrólisis y fermentación, en la que la materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas anaerobias que hidrolizan las moléculas solubles en agua, como grasas, proteínas y carbohidratos, y las transforman en monómeros y compuestos simples solubles;
- 2) Acetogénesis y deshidrogenación, donde los alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos se degradan produciendo ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno que son los sustratos de las bacterias metanogénicas;

- 3) Metanogénica en la que se produce metano a partir de dióxido de carbono e hidrógeno, a partir de la actividad de bacterias metanogénicas.

7.4 Composta

De acuerdo a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2007), la composta es el proceso mediante el cual los materiales orgánicos se transforman en formas químicas más estables por la acción de macro y microorganismos, en interacción con factores químicos, físicos y ambientales bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura y aireación.

7.5 Fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos también conocidos como abono orgánico, son idóneos para proveer los nutrientes que requieren los cultivos, ya que contiene los mismos elementos que los fertilizantes generados en una industria (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, cobre, zinc), microorganismos benéficos y compuestos por proteínas y aminoácidos (Rodríguez, 2009).

Los abonos orgánicos son aquellas sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo como materia orgánica, teniendo como objetivo mejorar sus características físicas, biológicas y químicas (Borrero, 2013).

La materia orgánica que participan en estos, mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad (FAO, 2002).

7.6. Lombricomposta

Es el proceso de compostar utilizando lombrices y microorganismos. Así también, es un proceso eólico que termina en la estabilización de la materia orgánica (Román, Martínez y Pandoja, 2013).

7.6.1 Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

- **Reproducción**

Las lombrices son hermafroditas (tienen órganos sexuales masculinos y femeninos), pero son incapaces de autofecundarse y se reproducen por fecundación cruzada. Luego de producirse la fecundación, depositan 3 cápsulas de paredes resistentes (conocida como cocones) conteniendo cada una de 3 a 10 lombrices pequeñas (Díaz, 2002).

- **Temperatura**

De acuerdo a la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2001): *“La temperatura ideal para el buen desarrollo de la lombriz es de 25°C”*.

- **pH**

El pH ideal es de 6.5 y 7.5, un pH básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz y llegar a ocasionar su muerte (SAGARPA, 2001).

- **Humedad**

Debe tener una humedad inicial del 70% hasta llegar al 40% al final para facilitar la ingestión del alimento y el deslizamiento de las lombrices a través del material. No debe llegar a niveles de estancamiento, ya que se puede llegar a pudrir el material debido a la fermentación anaeróbica, trayendo como consecuencia la muerte de las lombrices (Díaz, 2002).

7.6.2 Microorganismos presentes en el tracto digestivo de *Eisenia fétida*

El 62% de las bacterias son halófilas. Un 66% de las bacterias presentan actividad proteolítica, degradan material orgánico con alto contenido proteico. Un 84% de las bacterias reducen nitratos, característica que favorece a la calidad nutritiva del producto final como mejorador de suelo. El 100% de las bacterias presentó crecimiento facultativo, propiedad que favorece su desarrollo y adaptación en ambientes aerobios y anaerobios (López, Rivera, Vázquez, Valenzuela, Marsch, Franco y Dendooven, 2007).

7.7 Cromatografía de Pfeiffer

Es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, con aplicación en todas las ramas de la ciencia. Es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla para identificarlos. Para poder describirlo se hace conforme a las zonas que los componen, su tamaño, colores revelados y forma. Las zonas son cinco del centro hacia fuera en el siguiente orden: central, interna, intermedia, externa y de manejo (no hay ninguna interpretación) (Restrepo, 2011).

Restrepo (2011) menciona lo siguiente:

La zona central, también conocida como zona de oxigenación, es donde reacciona el nitrato de plata con algunos elementos presentes en la muestra analizada. En muchos casos esa zona no se manifiesta o no existe debido al maltrato que presenta el suelo.

La zona interna o zona mineral, es donde quedan atrapadas las sustancias más pesadas, allí se centra la mayoría de reacciones con los minerales.

La zona intermedia también denominada zona proteica o materia orgánica, es donde se expresan tanto la presencia como la ausencia de la materia orgánica. Cabe indicar que la presencia de la materia orgánica no significa necesariamente que se encuentre totalmente integrada al suelo ni biológicamente activa de él.

Zona externa también llamada zona enzimática o nutricional. Si esta zona se manifiesta de forma gradual y armónica, con nubes onduladas o lunares suaves de color café, significa que es un suelo sano. Las nubecillas indican abundancia y variedad nutricional disponible.

7.8 Rábano (*Raphanus sativus*.)

7.8.1 Descripción botánica

Las características deseadas son las siguientes:

Las plantas pueden alcanzar una altura de 1.5 m, con tallos erectos, ramificados, gruesos, cubiertos de cerdas, rígidos y semi-leñosos en la madurez. Las flores son pedunculadas, de 4 pétalos, generalmente blancas, crema o violáceas. El fruto es una silicua indehiscente, que puede contener de 1 a 10 semillas de forma cilíndrica-cónica. Las semillas son de color café a rojizo claro. Son prolíficas (puede llegar a producir más de 500 semillas), que presentan una larga dormancia (el desarrollo se suspende temporalmente) y pueden permanecer viables por varios años en el suelo (Díaz, 2017). Su tiempo de crecimiento y madures dura hasta 12 semanas como se muestra en Anexos, Tabla 28.

7.9 Los elementos necesarios para una planta

De acuerdo a FAO (2002) menciona que son:

El Nitrógeno (N), es absorbido del suelo bajo forma de nitrato o de amonio. En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas.

El Fósforo (P), es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta.

El Potasio (K), activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Participa en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la

planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.

El Calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo.

7.10 Problemas en las plantas por déficit de nutrientes

Román *et al.* (2013) y FAO (2002) comentaron lo siguiente:

a) Deficiencia de nitrógeno

- Plantas de crecimiento retrasado, plantas poco saludables y pequeñas.
- Decoloración amarillenta de las hojas a partir de la punta.

b) Deficiencia de fósforo

- Crecimiento retrasado.
- Hojas verdes se vuelven amarillas con zonas muertas a partir de la punta (a menudo también en los tallos).
- Plantas lentas a madurar, permaneciendo verdes.
- Los frutos pueden ser deformados, los granos pobremente rellenos.

c) Deficiencia de potasio

- Crecimiento reducido, enanismo.
- Hojas que muestran decoloración a lo largo de los márgenes exteriores desde las extremidades a la base.
- Bordes exteriores de las hojas amarillentos o rojizos, llegando a ser parduscos o quemados y muertos (necrosis de los bordes); hojas marchitas.
- Encamado.
- Las hojas de los árboles son amarillentas, rojizas, dobladas o curvadas.
- Las hojas y los frutos pequeños, pueden tener lesiones o puntos dañados.

d) Deficiencia de magnesio

- Decoloración amarillenta entre venas de hojas verdes, seguido finalmente por manchas y necrosis (muerte de los tejidos), comenzando en las viejas hojas bajas.
- e) Deficiencia de calcio
- Hojas jóvenes de amarillentas y curvadas o rizadas (manchas marrones).
 - Las plantas parecen marchitas.

8. OBJETIVOS

8.1 Objetivo General:

Evaluar cuatro fertilizantes orgánicos, mediante la caracterización físico y químico en suelo y parámetros de crecimiento en el rábano (*Raphanus sativus*)

8.2 Objetivos Específicos:

- Producir los abonos orgánicos mediante los métodos de lombricomposta, composta y biodigestión para la obtención de abonos sólidos y líquidos
- Cultivar la especie *Raphanus sativus* determinando los parámetros de crecimiento de acuerdo al tiempo y al tipo de fertilizante utilizado.
- Caracterizar el contenido nutricional de los fertilizantes mediante la técnica de Cromatografía Pfeiffer y la cuantificación de parámetros nutricionales físico y químico.
- Evaluar mediante tablas comparativas los resultados finales obtenidos de la evaluación morfológica de los cultivos, Cromatografía Pfeiffer y la cuantificación de parámetros nutricionales físico y químico para conocer qué fertilizante es más eficiente para el desarrollo de la especie *Raphanus sativus*

9. METODOLOGÍA

Área de estudio

El proyecto se realizó en el Rancho Santo Domingo que se localiza en Ribera de Cupia en el municipio de Chiapa de Corzo, sus coordenadas son 93° 0' 51.98" W, 16° 40' 6.23" N. En el lugar anteriormente mencionado, se evaluaron cuatro fertilizantes orgánicos, que son el abono de composta, lombricomposta, lixiviado de lombricomposta y biol, para el cultivo de rábano.



Figura 1. Ubicación del área de estudio
- fuente: Google Earth, 2020

Fase 1) Producir los abonos orgánicos

a) Composta y lombricomposta

Para la elaboración de la composta y lombricomposta se retomó información y el procedimiento de “*Lombricultura una guía de producción*” (Díaz, 2002). Del “*Manual básico para establecer una planta de lombricomposta*” (Ortegón y Zúñiga, 2016) y “*Manual de compostaje del agricultor*” (Román et al., 2013), de estos dos, se obtuvieron los parámetros indicadores (pH, temperatura y humedad) para el

correcto funcionamiento, algunos datos del área del acondicionamiento del terreno son por determinación propia.

Procedimiento para la elaboración de composta:

Se acondicionó el terreno en un espacio de 2m de ancho por 4m de largo, se trazó y compactó la tierra, con una ligera pendiente de 5%, 2 cm de pendiente para el lado de la canaleta (que recolecto el lixiviado) con 5 cm de ancho y 5 cm de profundidad para todo el largo de la cama (Figura 9). Por otro lado, fuera de la cama, se escavó un hoyo de 20cm x 15 cm, con una profundidad de 15cm, donde se almaceno el lixiviado del compost. El borde y el canal se cubrió con plástico negro, como se observa en la Figura 10.

Luego se colocó la primera capa de 20 cm de hojas secas (Figura 10), encima de esta se recubrió con 10 cm de estiércol de ganado (Figura 11), cabe mencionar que cada capa se humedece sin llegar a saturarse, este patrón se repitió hasta alcanzar una altura de 1.20 metros (Figura 2). Al final, tuvo una humedad aproximada de 60%.

Los trabajos periódicos que se realizó para la composta son los siguientes: se aplicó riego por manguera una vez por semana, manteniendo la humedad en un aproximado de 60%. La remoción del compost se implementó una vez cada dos semana; y se registró la temperatura, pH y humedad cada dos días. Se identificó que el compost estaba listo, cuando ya no se distinguían los materiales utilizados. Cada dos días se verifico el pH y Temperatura de la composta utilizando un Medidor pH Suelo 4 en 1, marca Oem y un Medidor de temperatura para composta, marca Metrón (Figura 13 y 14), para medir la humedad se usó un medidor de humedad.

Procedimiento para la elaboración de lombricomposta y obtención de lixiviado de lombricomposta:

Se adaptó un recipiente de 1m x 50cm (Figura 17 a 20), con una canaleta que pasa en medio de este, dicha canaleta se encuentra tapada con una malla antiafida, este sirve para que traspasé los lixiviados.

Finalizando el compostaje se procedió a trasladar el abono de composta al recipiente adaptado y luego a la siembra de lombrices. Antes de colocar todas las lombrices, se verifico si el pH esta balanceado (7 a 7.5), la temperatura no llegará a más de 30°C y que la humedad estuviera en un aproximado de 80%(aumentó debido a las lombrices), la medición de la humedad se hizo con un medidor de humedad. Ya sabiendo eso, se colocan un aproximado de 50 lombrices en el compost y lo dejamos adaptarse en un periodo de 24 horas, si no hubo problemas de adaptación se procede a colocar 5000 lombrices; cada dos días se checo el pH, temperatura y humedad de la lombricomposta, utilizando el Medidor pH Suelo 4 en 1, marca Oem y el Medidor de temperatura para composta, marca Metrón; se aplicó riego con regadera, el recipiente de dicha regadera almacena 6 litros de agua; cada 5 días se regaba.

El lixiviado que se obtuvo es almacenado en un tambor de 100 litros. Como indicador final se vio de color negro azabache y por la similitud con el olor característico del mantillo de los bosques (Díaz, 2002).

Se procedió a retirar las lombrices, esto se hizo con 3 canastos rectangulares que abarcaron toda la superficie del recipiente, agregándole composta y mango (Figura 21), se dejó por 3 semanas, se retiró los canastos que ahora contenían lombriz californiana y se extrajo el abono, conocido como lombricomposta.

b) Biodigestión

Para el método de biodigestión se siguió de la metodología de “*Biofertilizantes preparados a base de estiércol de vaca*” (Méndez, Aranda, Jiménez, Reyes, Barrios y Ramírez, 2008), y para los parámetros de pH y temperatura de los artículos “*Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida*

de cerdo” (Soria *et al.*, 2000) y “Diseño y construcción de un biodigestor en la Universidad Don Bosco” (Guerra, 2011)

Procedimiento para la obtención del biol a partir del método de biodigestión:

Primero, se adaptó un tanque de plástico con capacidad de 120L, se le realizó un agujero circular a la tapa del recipiente para una manguera de ½ pulgada, quedando completamente sellada un extremo de ella, como se muestra en la Figura 3.

Por lo siguiente, se comenzó a colocar los ingredientes en el recipiente de 120 L. Se agregó 26 kg de estiércol de vaca y 2.5 kg de ceniza en 60 L de agua y se revuelve hasta lograr una mezcla homogénea; luego se agrega 2 litros de melaza y 3L de suero de vaca, se revuelve, posteriormente se añadió más agua hasta llegar a su volumen estimado, a continuación, se tapó y se colocó la manguera a una botella de plástico con agua. Se dejó reposar bajo sombra aproximadamente 30 días, hasta observar que la salida de gases haya disminuido (dejo de hacer burbujas en el agua de la botella), se procedió a checar el pH del producto resultante, con el Medidor de pH, marca Hanna (Figura 45). Por último, se filtró dicho producto para extraer todo el líquido, conocido como biol.

Fase 2) Cultivar la especie *Raphanus sativus* determinando los parámetros de crecimiento

a) Siembra del cultivo

La siembra se realizó en nueve llantas que miden 20cm x 65cm, tres de ellas contiene 100% abono de composta, tres de 100% abono de lombricomposta y tres llantas contienen el sustrato testigo (suelo original de la zona), como se representa en la Tabla 1 y se muestra en la Figura 22 y Figura 23.

En cada llanta se sembró 15 semilla de *Raphanus sativus*, una vez por semana se le aplicó riego foliar, con una pistola rociadora de 1L; la primera columna no se le aplico ninguna concentración, la segunda columna de cada fila se le colocó una concentración de 50% lixiviado de lombricomposta y la tercera columna de cada fila tuvo una concentración de 50% biol, dando un total de nueve tratamientos.

Cabe mencionar que cada 4 días, se regaba con 100% agua. Se midió el pH y Conductividad eléctrica (CE) de cada fertilizante.

TRATAMIENTOS DE EXPERIMENTACIÓN		
Tratamiento 1 (T1): 100% lombricomposta	Tratamiento 4 (T4): 100 % composta	Tratamiento 7 (T7): 100% testigo
Tratamiento 2 (T2): 100% lombricomposta con 50% lixiviado de lombricomposta	Tratamiento 5 (T5): 100 % composta con 50% lixiviado de lombricomposta	Tratamiento 8 (T8): 100% testigo con 50% lixiviado de lombricomposta
Tratamiento 3 (T3) 100 % lombricomposta con 50% biol	Tratamiento 6 (T6): 100 % composta con 50% biol	Tratamiento 9 (T9): 100% testigo con 50% biol

*Tabla 1. Representación de los tratamientos de experimentación
-fuente: Gómez, 2019*

b) Registro del crecimiento de los cultivos

A partir de que empezó a germinar la semilla, se seleccionó dos plantas por llanta, cada tres días se llevó a cabo un registro de las observaciones de la morfología de las plantas seleccionadas (hojas totales; ancho y largo de la hoja; ancho y largo del tallo) hasta llegar a su fase final para su cosecha, a partir de ello se pudo evaluar el crecimiento de las plantas respectivo a su fertilizante orgánico y testigo, así también se identificó si hay algún efecto en el desarrollo de los cultivos, con la aplicación de los abonos líquidos, anteriormente mencionados.

Fase 3) Caracterizar el contenido nutricional de los fertilizantes

a) Caracterizar el contenido nutricional de los fertilizantes por la técnica de Cromatografía de Pfeiffer

Cabe mencionar que este procedimiento solo se realizó a los abonos de composta, lombricomposta y testigo. Se procedió a recolectar las muestras de cada abono generado y el testigo (suelo original de la zona) en 5 puntos diferentes, con una profundidad de 8 cm; luego se hizo el siguiente procedimiento por cada muestra, se realizó un secado de la muestra en sombra, por 24 horas; se pasó por un mortero de porcelana y se muele hasta que quede bien pulverizada, inmediatamente se pasó a un tamiz de plástico de 2 mm, consecutivamente se pesó 5 miligramos del sustrato.

Posteriormente, se guio del manual *“Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo”* (Restrepo y Pinheiro, 2011), se mezcló 50 ml de hidróxido de sodio al 1% de agua destilada y los 5 mg del sustrato pesado, y se colocó en un recipiente de vidrio de 100 ml; luego se agito circularmente la muestra mezclada ,7 giros horarios y 7 anti horario, por 2 minutos; se repitió el anterior procedimiento dentro de 15, 30 y 60 minutos, terminando se dejó reposar por 6 horas. Se recortó en papel filtro 5 círculos, de un diámetro de 15 cm, con una aguja se realizó 3 hoyos, uno en medio, los otros dos de 4 cm y 6 cm; en el hoyo de en medio se pasa un pedazo de papel filtro enrollado de 2x2 cm.

Los siguientes procedimientos se hizo en un lugar donde no tenga mucha luz; 2ml de nitrato de plata, se colocó en una caja Petri, luego se coloca la punta del papel enrollado sobre la caja Petri donde se encuentra el nitrato de plata y se espera que se absorba hasta llegar a los 4 cm, se retira y se quita el papelito de en medio, se coloca papel absorbente en ambas caras del papel impregnado por nitrato de plata y se ubica en una caja de cartón con tapa, se espera 4 horas para su secado. Luego se tomará 10 ml de la muestra diluida del suelo y se puso en una caja Petri, donde luego se ubicó el papel filtro que fue impregnado por nitrato de plata, se retiró hasta que el papel llegue a los 6 cm de radio y se coloca nuevamente en la

caja con el papel absorbente, dejándolo en un periodo de 12 horas. Por último, se sacó el papel filtro hacia un lugar un poco más claro, dentro de 24 horas se empezó a distinguir los resultados, este resultado se vio más definido una semana después. Este procedimiento se hizo para cada una de las 5 muestras.

b) Caracterizar el contenido nutricional de los fertilizantes mediante la cuantificación de parámetros nutricionales físico y químico

Se tomó una muestra por cada fertilizante 1 kg de 100% composta y 100% lombricomposta, 2 L de 100% lixiviado de lombricomposta y 100% biol, dando un total de cuatro muestras, luego se envió al laboratorio de Suelos y Plantas de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), ubicado en San Cristóbal de las Casas, para que analicen la cantidad de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio(K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn). Así mismo, se midió pH y conductividad eléctrica, con un medidor específico para esos parámetros.

Fase 4) Evaluar mediante tablas comparativas los resultados finales obtenidos de las evaluaciones

a) Tabla comparativa de los resultados finales obtenidos de la evaluación morfológica de los cultivos

Por medio de las evaluaciones finales de los cultivos, se comparó el crecimiento de dos cultivos aleatorios, respectivos a cada fertilizante usado y testigo, creando una tabla comparativa de sus características morfológicas finales de las plantas (número de hojas; el ancho y largo del tallo; ancho y largo de hojas; ancho y largo de la raíz; ancho y largo del tubérculo).

b) Tabla comparativa de los resultados finales obtenidos de las cromatografías de Pfeiffer entre cada fertilizante y testigo

Se evaluó una cromatografía de Pfeiffer por cada fertilizante (composta y lombricomposta) y testigo, se interpretará los resultados con la información señalada en el libro de "*Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo*" escrita por Pinheiro y Restrepo (2011), la descripción se basa con forme a las zonas (central, interna, intermedia y externa) que lo componen, su tamaño, forma y los colores revelados. Ya teniendo los resultados se realizará una tabla comparativa entre cada fertilizante y testigo.

c) Tabla comparativa de los resultados finales obtenidos de la cuantificación de parámetros nutricionales físico y químico

Mediante los resultados que se obtienen del laboratorio Ecosur- San Cristóbal, se realizó una tabla comparativa de los minerales (N, P, K, Fe, Ca, Mg, Zinc, Mn y Na) presentes en cada fertilizante; así también se anexarán los resultados finales de pH y conductividad eléctrica que se obtuvieron con el medidor Hanna.

10. RESULTADOS

Resultado 1:

Al finalizar la elaboración del biodigestor y el compostaje se obtuvo el producto resultante que se muestra en la Figura 2 y 3, cabe mencionar que aún no estaban listo para su utilización. En caso del biodigestor se esperó 40 días, para que este estuviera totalmente listo; en el compostaje se esperó 3 meses hasta que pasara la etapa de maduración, luego se procedió a colocar de lombrices como se muestra en la Figura 4.



*Figura 2. Finalización de la elaboración de la composta
– fuente: Gómez, 2019*



*Figura 3. Finalización de la elaboración del biodigestor
- fuente: Gómez, 2019*



Figura 4. Siembra de Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)
- fuente: Gómez, 2019

Resultado 2:

A partir del día cuatro, después de la siembra, se empezó a observar la germinación de las semillas del rábano en todos los sustratos, pero se observó que hubo un mayor crecimiento en los abonos de composta y lombricomposta, con y sin su aplicación de los fertilizantes líquidos (biol y lixiviado de lombriz); en el caso del suelo testigo el crecimiento de las plantas era muy lento, comparado con los abonos.

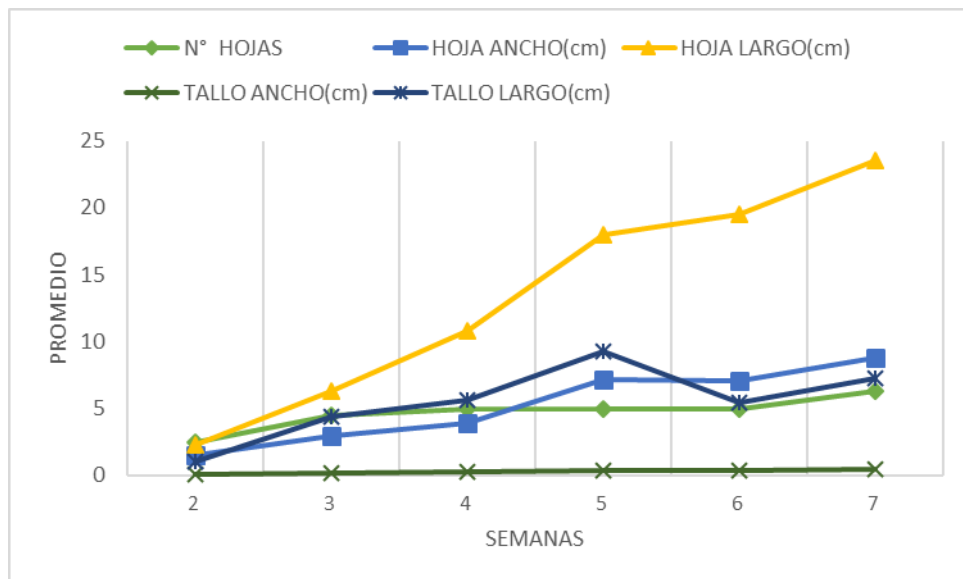


Figura 5. Primeras germinaciones del cultivo de rábano en el abono de composta
- fuente: Gómez, 2019

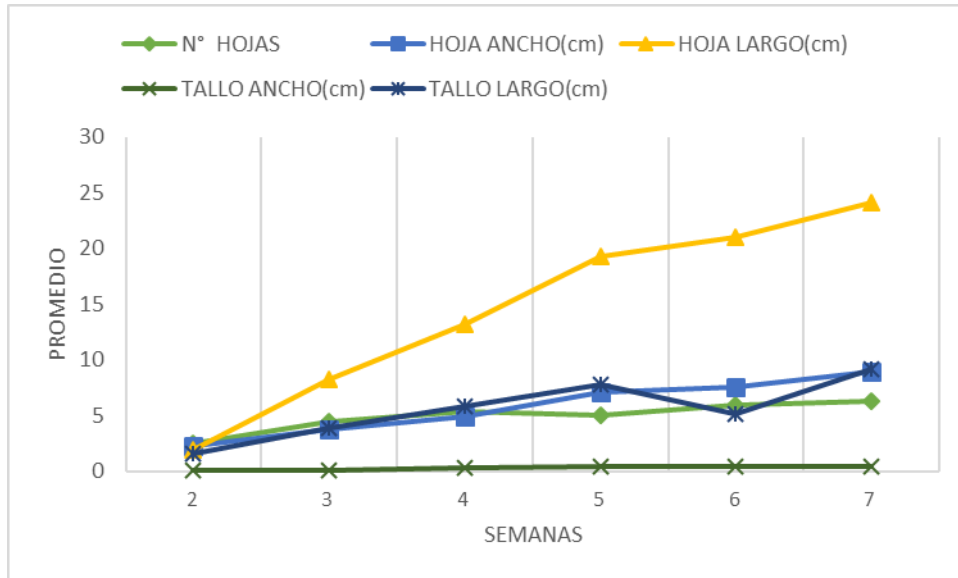
En la segunda semana a partir de su germinación, se empezó a tomar anotaciones del crecimiento morfológico del cultivo de dos plantas, como se muestra en Anexos, Tabla 17 a la Tabla 22.

A partir de la quinta semana se pudo observar la formación del tubérculo del rábano en la mayor parte de los fertilizantes y suelo evaluado, excepto en el tratamiento(T) 3, 5 Y 9. Los que presentaban mayor desarrollo son los de T2 (100% lombricomposta con aplicación de 50% lixiviado de lombriz), T4 (abono de 100% composta) y T6 (100% lombricomposta con la aplicación de 50% biol). En la séptima semana se empezó a cosechar el cultivo, tomando anotaciones del crecimiento de la raíz y tubérculo, como se muestra en la Tabla 23.

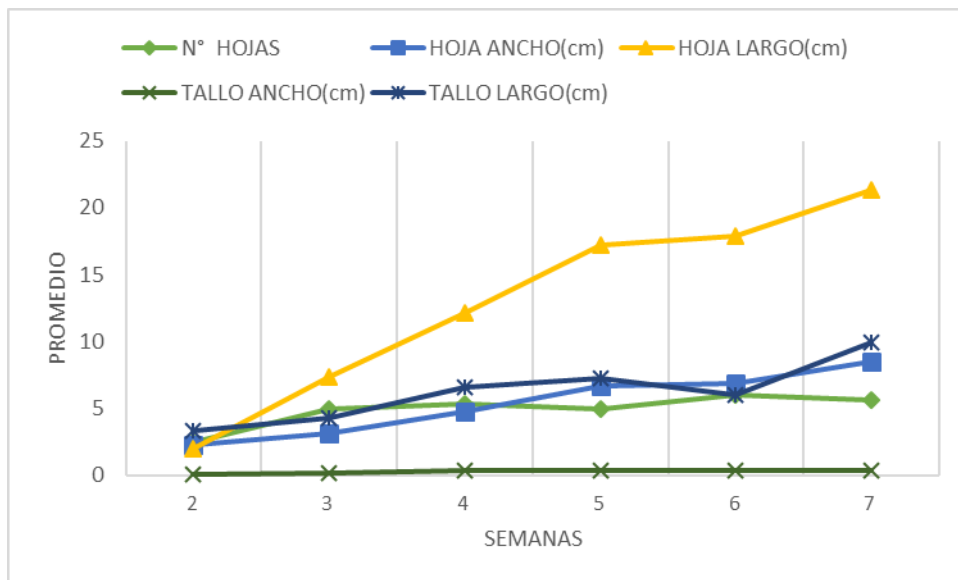
A continuación, se representa en diferentes graficas el promedio del crecimiento morfológico de la planta evaluada, que se obtuvo en cada tratamiento por semana:



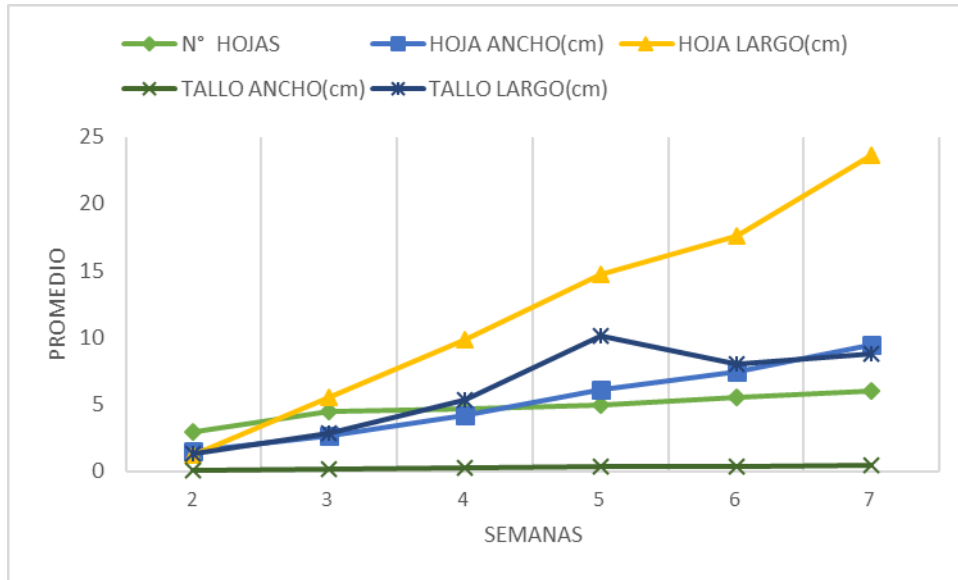
Gráfica 1. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 1 (100% lombricomposta)
- fuente: Gómez, 2019



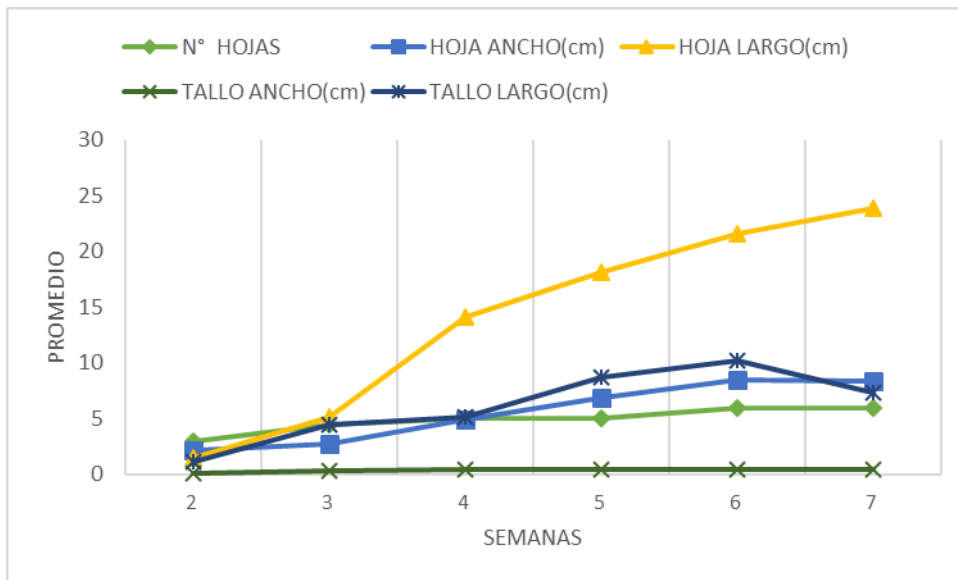
Gráfica 2. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 2 (100% lombricomposta con 50% lixiviado de lombricomposta)
- fuente: Gómez, 2019



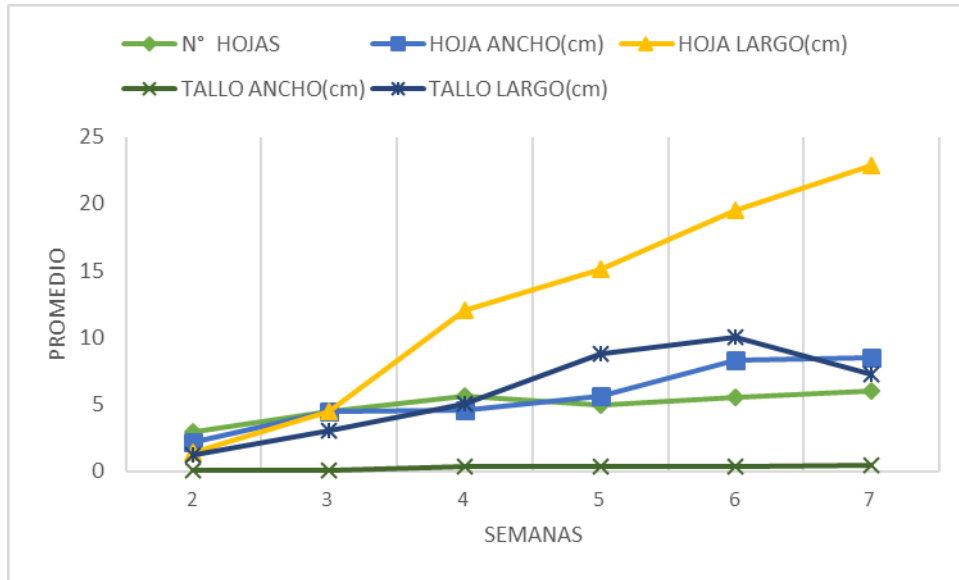
Gráfica 3. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 3 (100% lombricomposta con 50% bio!)
- fuente: Gómez, 2019



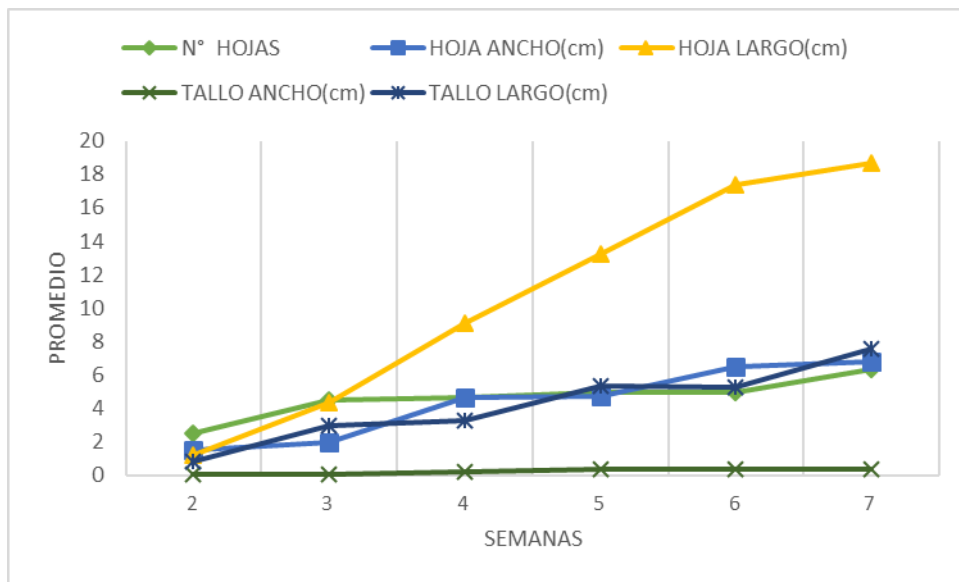
Gráfica 4. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 4 (100% composta)
- fuente: Gómez, 2019



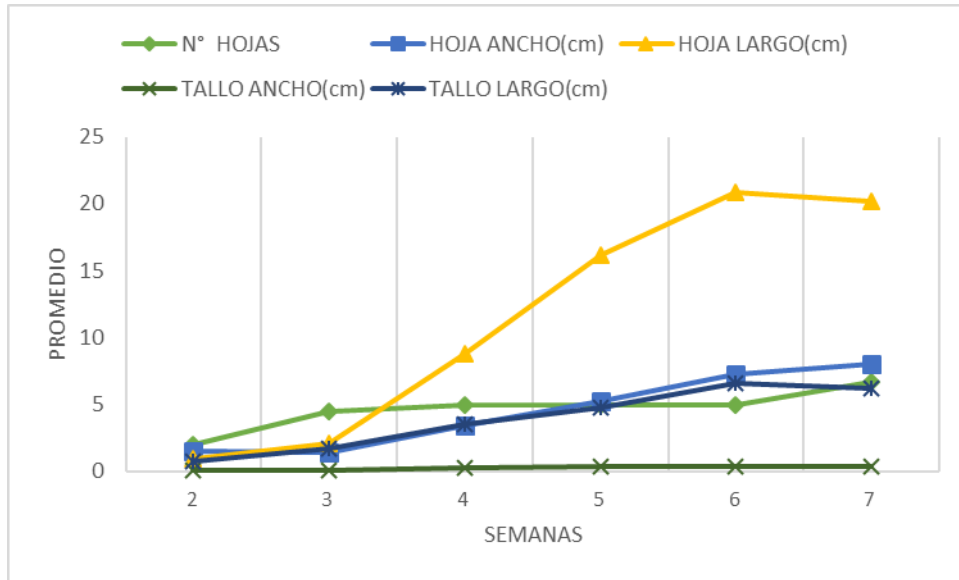
Gráfica 5. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 5 (100% composta con 50% lixiviado de lombricomposta)
- fuente: Gómez, 2019



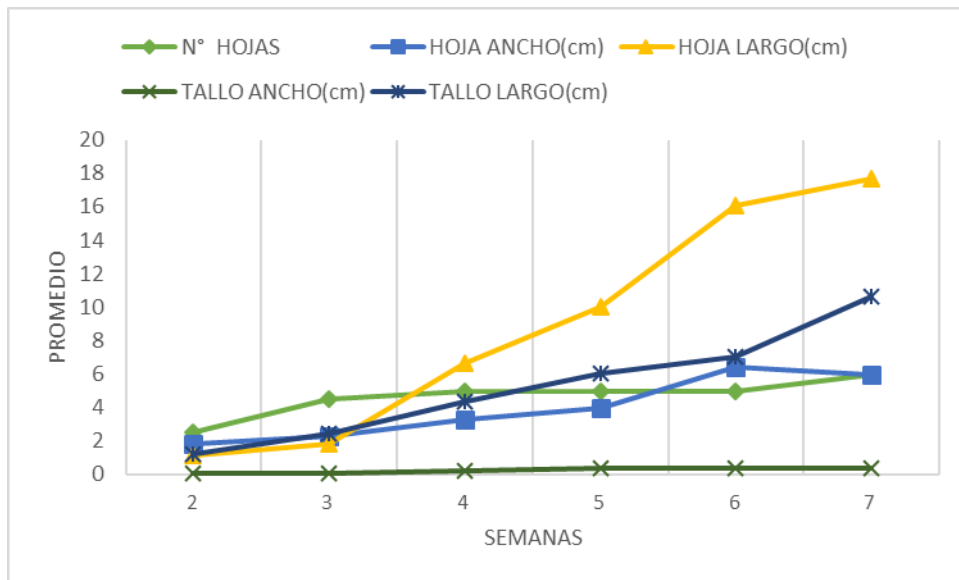
Gráfica 6. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 6 (100% composta con 50% biol)
- fuente: Gómez, 2019



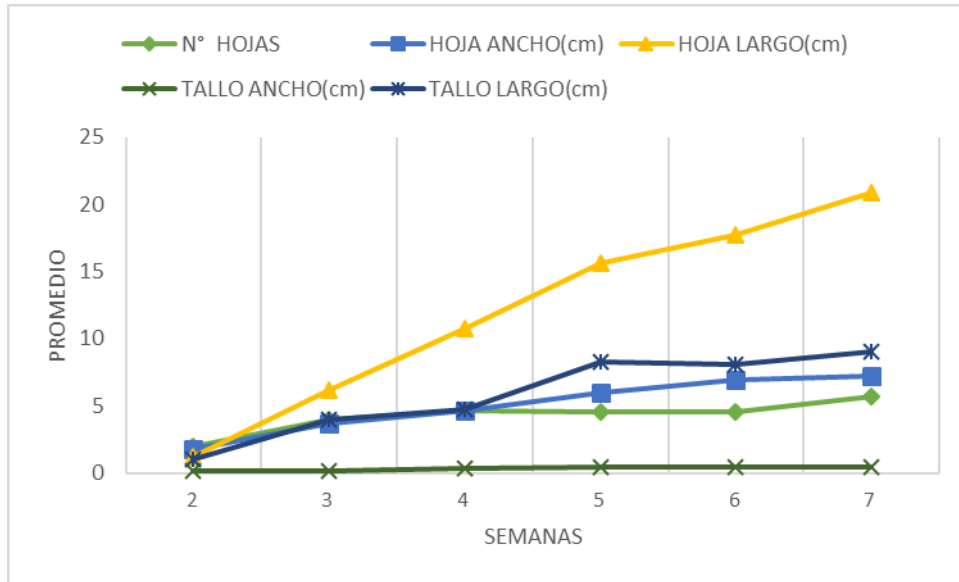
Gráfica 7. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 7 (100% testigo)
- fuente: Gómez, 2019



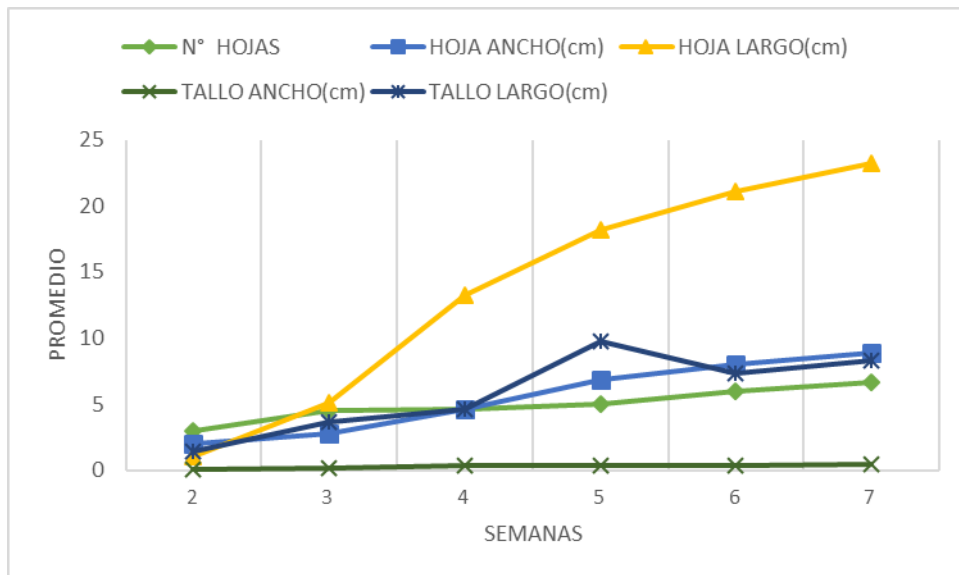
Gráfica 8. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 8 (100% testigo con 50% lixiviado de lombricomposta)
- fuente: Gómez, 2019



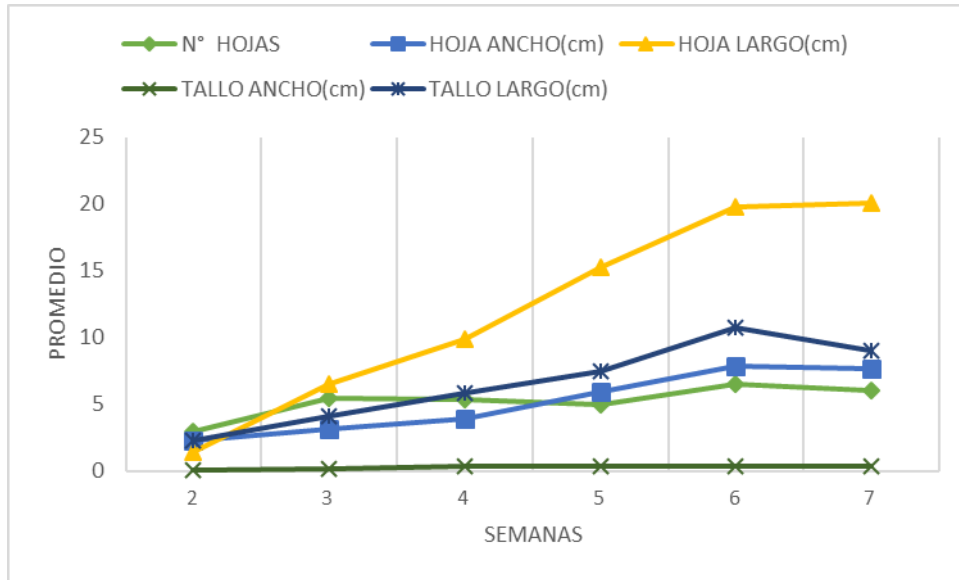
Gráfica 9. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 en el tratamiento 9 (100% testigo con 50% biol)
- fuente: Gómez, 2019



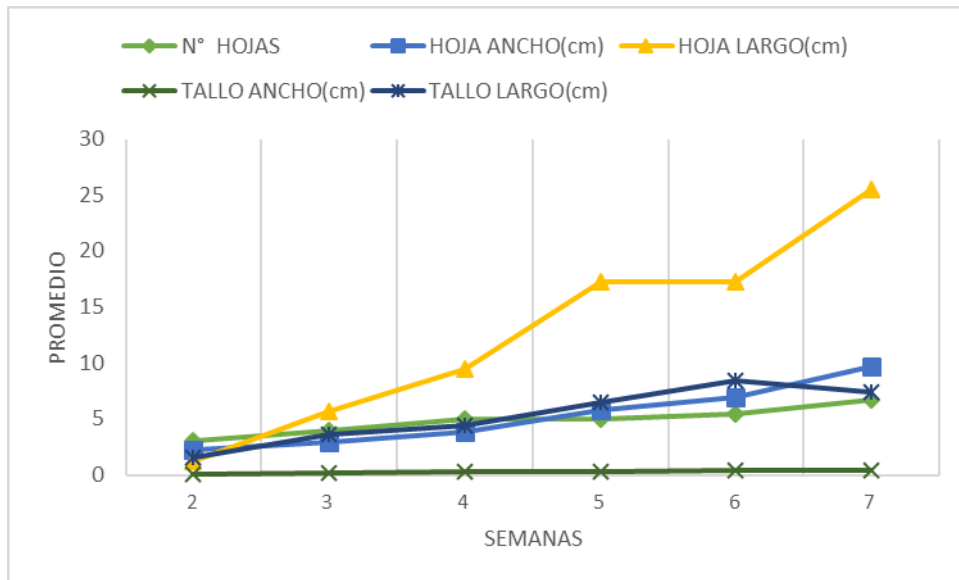
Gráfica 10. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 1 (100% lombricomposta)
- fuente: Gómez, 2019



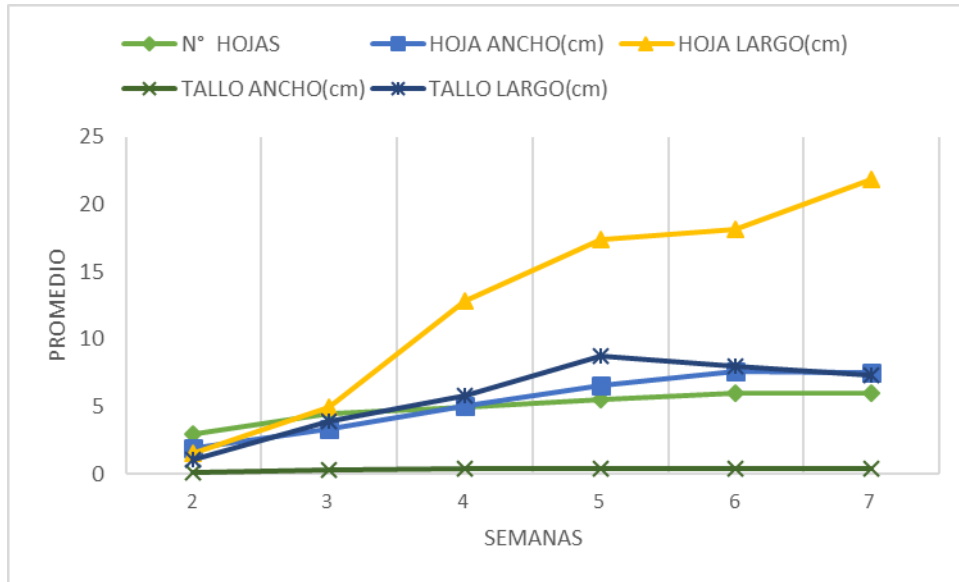
Gráfica 11. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 2 (100% lombricomposta con 50% lixiviado de lombricomposta)
- fuente: Gómez, 2019



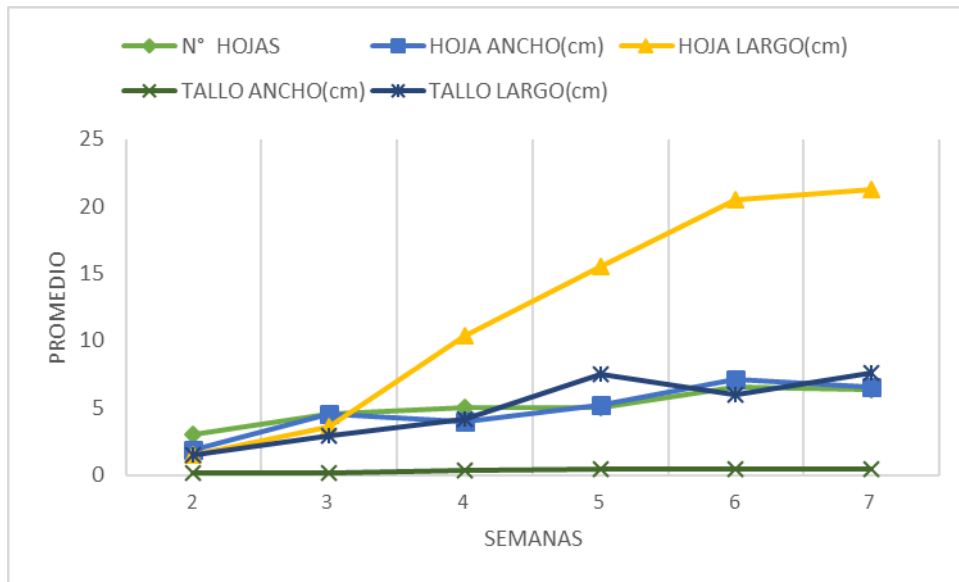
Gráfica 12. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 3 (100% lombricomposta con 50% biol)
- fuente: Gómez, 2019



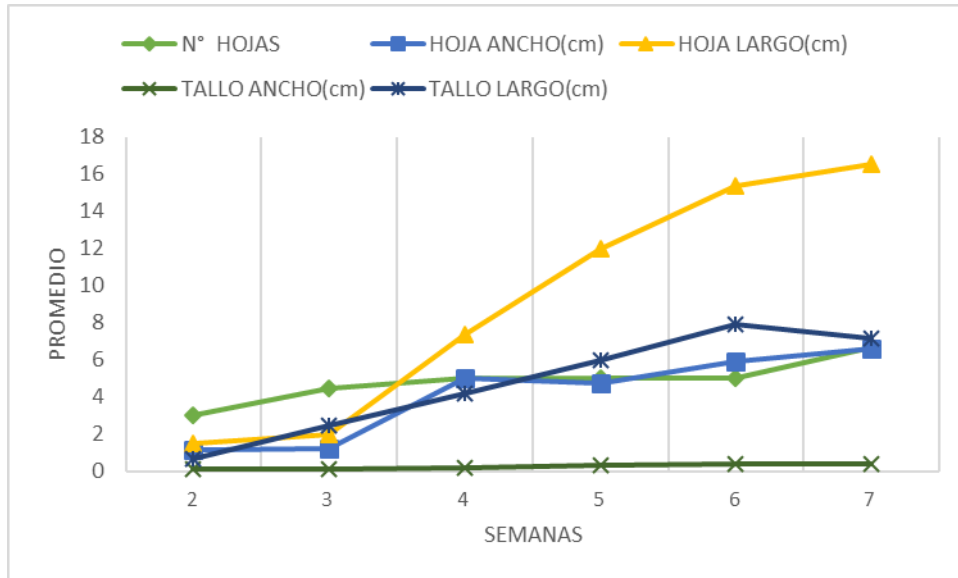
Gráfica 13. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 4 (100% composta)
- fuente: Gómez, 2019



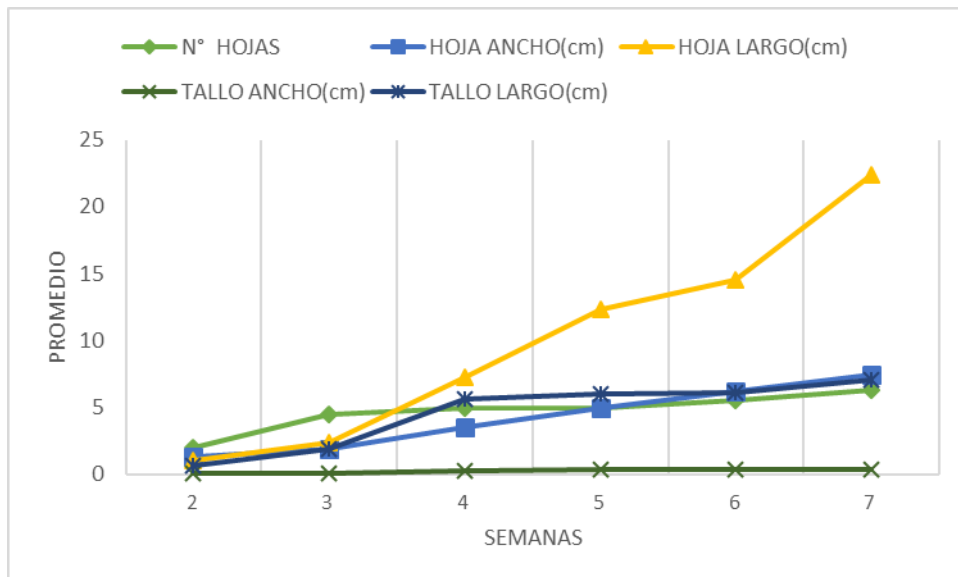
Gráfica 14. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 5 (100% composta con 50% lixiviado de lombricomposta)
- fuente: Gómez, 2019



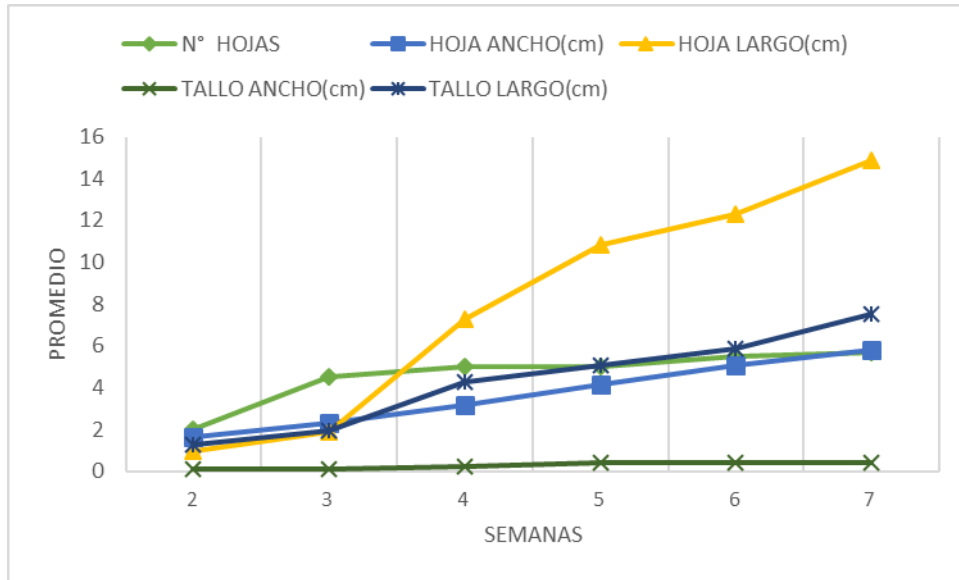
Gráfica 15. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 6 (100% composta con 50% biol)
- fuente: Gómez, 2019



Gráfica 16. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 7 (100% testigo)
- fuente: Gómez, 2019



Gráfica 17. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 8 (100% testigo con 50% lixiviado de lombricomposta)
- fuente: Gómez, 2019



Gráfica 18. Promedio del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 en el tratamiento 9 (100% testigo con 50% biol)
 - fuente: Gómez, 2019

Resultado 3:**a) Resultados de la caracterización del contenido nutricional de los fertilizantes por la técnica de Cromatografía de Pfeiffer**

Para poder interpretar los cromatogramas, se dividió en cuatro zonas: central (zona de aireación u oxigenación), interna (zona mineral), intermedia (zona proteica o materia orgánica) y externa (zona enzimática o zona nutricional).

- **Interpretación de la cromatografía de suelo testigo:**

La zona central casi no se aprecia, es muy pequeña, presenta un color café oscuro; en la zona interna se presenta uniforme y grande; la separación entre la zona intermedia y la zona externa casi no se puede distinguir, pero se puede observar que los dientes finales de la zona externa son muy pequeños y están muy juntos. Estas características no son buenas, nos demuestra un suelo erosionado, duros, con poca materia orgánica y poca actividad biológica.

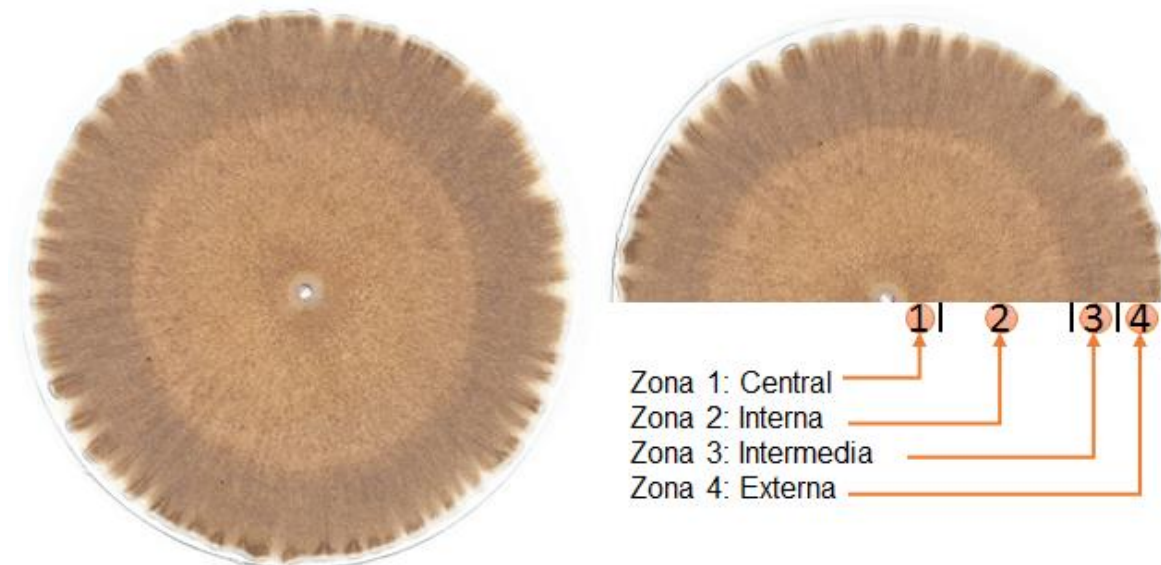


Figura 6. Cromatografía de suelo testigo
-fuente: Gómez, 2019

- **Interpretación de la cromatografía de abono de composta:**

La zona central presenta al inicio un blanco cremoso, integrándose a la zona interna o mineral, esto es indicador de un buen abono, no compactado, materia orgánica activa, es decir que presenta actividad microbiana en la materia orgánica. Por otro lado, la zona interna va cambiando su color café claro hasta tornar entre un color beige, se ve muy poco la integración de esta zona con la zona intermedia, esto nos puede decir que la materia orgánica (m.o) está activa pero no tiene los microorganismos suficientes para descomponerla rápidamente. La zona externa presenta manchas entre los dientes, este es un indicador de disponibilidad nutricional, humus permanente y enzimas por la actividad biológica; por último, se puede observar diversidad de dientes en tamaño y formas, esto demuestra diversidad mineral.

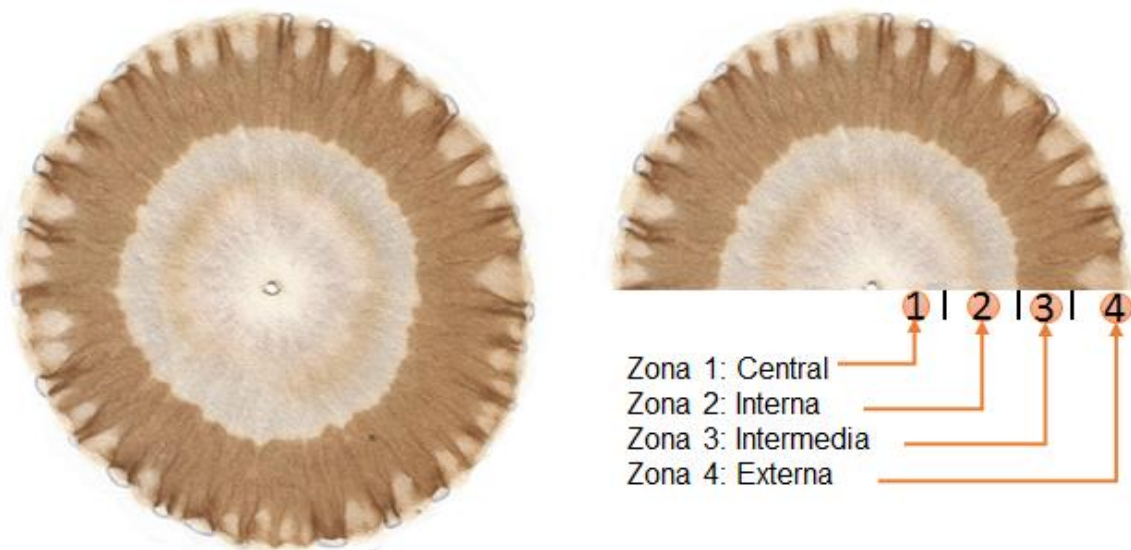


Figura 7. Cromatografía de abono de composta
-fuente: Gómez, 2019

- **Interpretación de la cromatografía de abono de lombricomposta:**

Este croma presenta casi las mismas características que el cromo de abono de composta, la zona central presenta un color café crema, integrándose a la zona mineral, estas características indica que es un buen abono, no compactado y materia orgánica activa. La zona interna se ve un color café claro o marrón claro, que va cambiando su color hasta tornar entre un color café crema, midiendo un total de 2.2 cm, que entre esta se muestra un anillo de un diámetro pequeño de 4 mm que se va integrando a la zona intermedia, demostrando materia orgánica activa. La zona externa presenta manchas entre los dientes, diversidad en el tamaño y forma en los dientes, este es un indicador de disponibilidad nutricional, humus permanente, enzimas de alta actividad biológica y diversidad mineral.

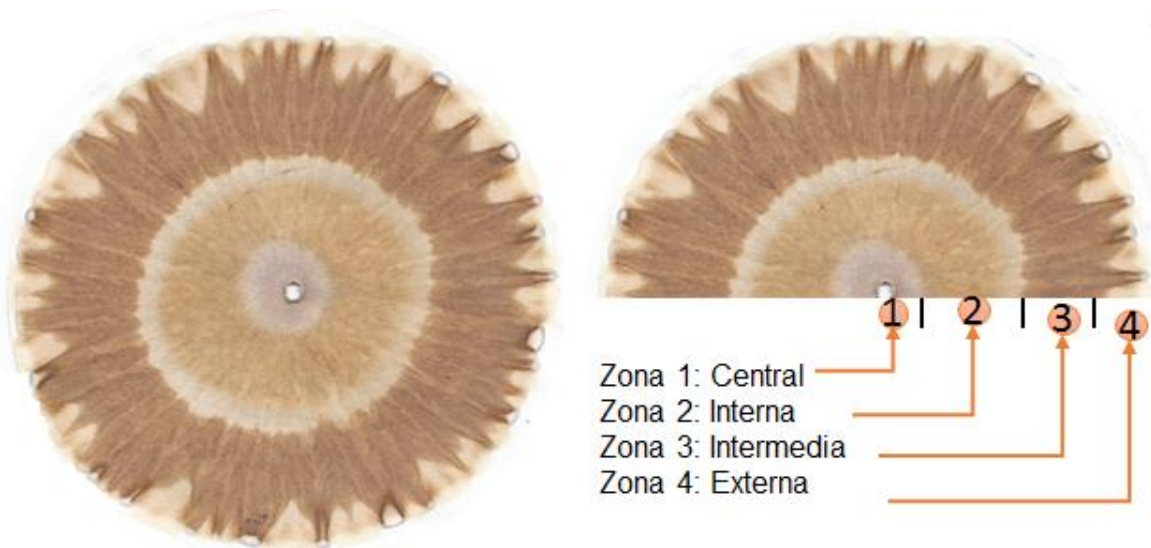


Figura 8. Cromatografía de abono de lombricomposta
-fuente: Gómez, 2019

b) Resultados de la caracterización del contenido nutricional de los fertilizantes mediante la cuantificación de parámetros nutricionales físico y químico

Los resultados de macro y micronutrientes esta en base al análisis realizado en el Laboratorio plantas y suelos de ECOSUR – San Cristóbal de las Casas. En cuanto al pH y conductividad eléctrica registrada, los resultados obtenidos son conforme al medidor marca Hanna modelo HI98130.

PARAMETROS	BIOL	COMPOSTA	LOMBRICOMPOSTA	LIXIVIADO DE LOMBRICOMPOSTA
pH	8.3	7.2	7	8.2
Conductividad electrica (CE) dS/m	7.45	4	3.49	7.28
Nitrógeno total (Nt) %	0.22	1.41	1.49	0.02
Fósforo (P) mg/kg	90.57	469.61	437.10	18.60
Potasio (K) Cmol/kg	2098.50	25.84	19.99	1777.00
Calcio (Ca) Cmol/kg	1003.75	48.62	58.24	431.70
Magnesio (Mg) Cmol/kg	432.68	22.17	23.06	196.20
Sodio (Na) Cmol/kg	229.75	3.92	3.62	261.88
Cobre (Cu) mg/kg	<0.2	3.29	11.65	< 0.2
Hierro (Fe) mg/kg	17.33	10.16	6.66	<0.2
Manganeso (Mn) mg/kg	<0.2	4.05	8.69	<0.2
Zinc (Zn) mg/kg	<0.2	9.84	12.26	<0.2

Tabla 2. Resultados finales de conductividad eléctrica (CE), pH, macronutriente y micronutrientes de los fertilizantes evaluados
-fuente: Gómez, 2019

Resultado 4:

a) Tabla comparativa de los resultados finales obtenidos de la evaluación morfológica de los cultivos

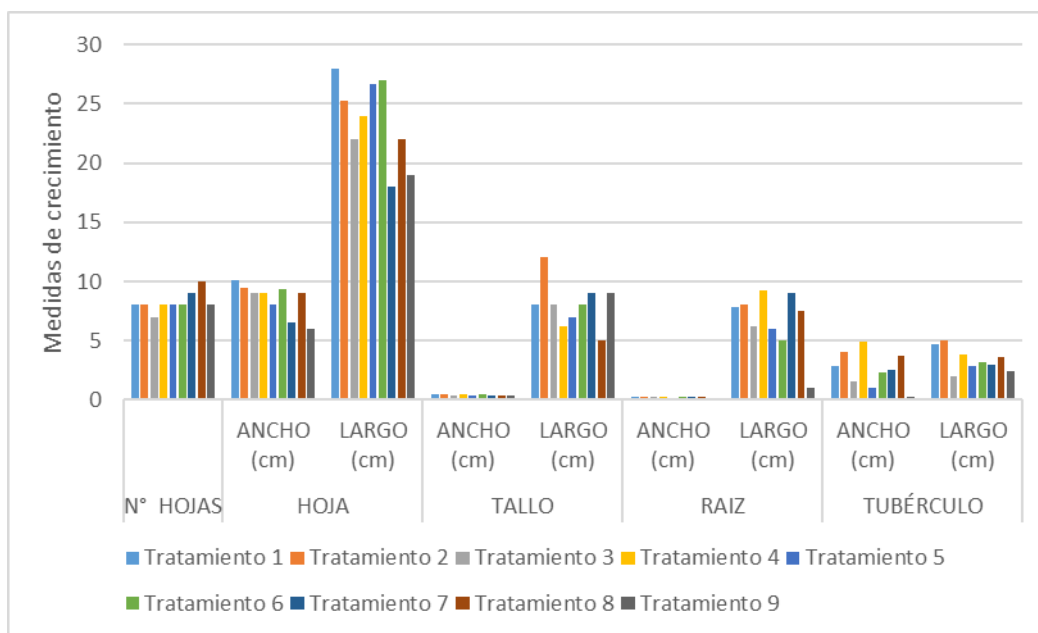
En las siguientes tablas comparativas se encuentran los resultados finales de los tratamientos, que se obtuvo el día de la cosecha de la semana 7, los que están en color rojo son las que presentaron mayor tamaño.

Cabe recordar que por cada tratamiento se evaluaron solo dos plantas, denominadas como planta 1 y planta 2. Para su mayor comprensión, cada tabla está representada por una gráfica.

EVALUACIÓN FINAL DEL CRECIMIENTO DEL RÁBANO (<i>Raphanus Sativus</i>) DE LA PLANTA 1									
TRATAMIENTO	N° HOJAS	HOJA		TALLO		RAIZ		TUBÉRCULO	
		ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)
Tratamiento 1	8	10.1	28	0.5	8.1	0.2	7.8	2.9	4.7
Tratamiento 2	8	9.5	25.3	0.5	12	0.3	8	4	5
Tratamiento 3	7	9	22	0.4	8	0.2	6.2	1.6	2
Tratamiento 4	8	9	24	0.5	6.2	0.3	9.2	4.9	3.8
Tratamiento 5	8	8	26.7	0.4	7	0.1	6	1	2.9
Tratamiento 6	8	9.3	27	0.5	8.1	0.2	5	2.3	3.2
Tratamiento 7	9	6.5	18	0.4	9	0.2	9	2.5	3
Tratamiento 8	10	9	22	0.4	5	0.3	7.5	3.7	3.6
Tratamiento 9	8	6	19	0.4	9	0.1	1	0.2	2.4

Tabla 3. Evaluación final del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1
- fuente: Gómez, 2019

La siguiente grafica representa los resultados obtenidos de la Evaluación final del rábano de la planta 1:

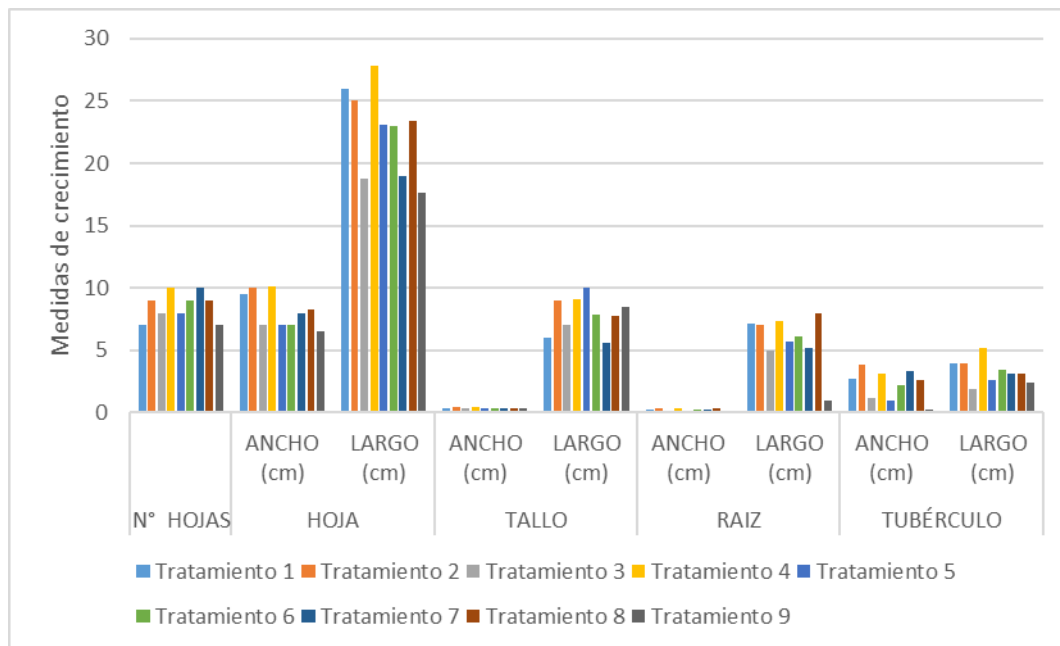


Gráfica 19. Evaluación final del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1
- fuente: Gómez, 2019

EVALUACIÓN FINAL DEL CRECIMIENTO DEL RÁBANO (<i>Raphanus Sativus</i>) DE LA PLANTA 2									
TRATAMIENTO	N° HOJAS	HOJA		TALLO		RAIZ		TUBÉRCULO	
		ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)
Tratamiento 1	7	9.5	26	0.4	6	0.2	7.1	2.7	4
Tratamiento 2	9	10	25	0.5	9	0.3	7	3.8	4
Tratamiento 3	8	7	18.8	0.4	7	0.1	5	1.2	1.9
Tratamiento 4	10	10.1	27.8	0.5	9.1	0.3	7.3	3.1	5.2
Tratamiento 5	8	7	23.1	0.4	10	0.1	5.7	1	2.6
Tratamiento 6	9	7	23	0.4	7.9	0.2	6.1	2.2	3.4
Tratamiento 7	10	8	19	0.4	5.6	0.2	5.2	3.3	3.1
Tratamiento 8	9	8.3	23.4	0.4	7.8	0.3	8	2.6	3.1
Tratamiento 9	7	6.5	17.6	0.4	8.5	0.1	1	0.2	2.4

Tabla 4. Evaluación final del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2
- fuente: Gómez, 2019

La siguiente grafica representa los resultados obtenidos de la Evaluación final del rábano de la planta 2:



Gráfica 20. Evaluación final del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2
- fuente: Gómez, 2019

b) Tabla comparativa de los resultados finales obtenidos de las cromatografías de Pfeiffer entre cada fertilizante y testigo

La siguiente tabla comparativa nos da a conocer los resultados que se obtuvieron a partir de la forma, color y tamaño de los cromas. Cabe recordar, que para interpretar los resultados se guio del manual “*Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo*” (Restrepo y Pinheiro, 2011).

EVALUACIÓN FINAL DE LOS CROMATOGRAFÍAS DE LOS FERTILIZANTES SÓLIDOS									
ZONA	LOMBRICOMPOSTA			COMPOSTA			TESTIGO		
	TAMAÑO	COLOR	FORMA	TAMAÑO	COLOR	FORMA	TAMAÑO	COLOR	FORMA
CENTRAL	1.2 cm	Café crema	Circular	1.5 cm	Blanco cremoso	Ovalada	1.1 cm	Café oscuro	Ovalada
INTERNA	2.2 cm	Marrón claro	Ovalada	1.9 cm	Café claro - beige	Ovalada	2.6 cm	Café oscuro - pardo	Circular
INTERMEDIA	1.9 cm	Café claro - Beige	Ovalada	1.9 cm	Café	Ovalada	1.5 cm	Café oscuro	Circular
EXTERNA	9 mm	Café oscuro - claro	Ovalada - dientes alargados	9 mm	Café oscuro - claro	Ovalada - dientes alargados	7 mm	Café oscuro - claro	Circular - dientes pequeños
INTERPRETACIÓN	Hay Integración entre todas las zonas, estas características indica que es un buen abono, no compactado y materia orgánica activa. Las características de zona externa nos indica disponibilidad nutricional, humus permanente y diversidad mineral.			El color presente de la zona central y la integración de este con la próxima zona, nos indica que es un buen abono, no compactado, materia orgánica activa, es decir que presenta actividad microbiana en la materia orgánica. Hay muy poca integración entre la zona interna e intermedia esto nos puede decir que la materia orgánica está activa pero no tiene los microorganismos suficientes para descomponerla rápidamente. La última zona nos demuestra diversidad mineral.			Las principales características que nos indica que no es un buen suelo es el color presente de la zona central y la forma de la zona exterior, esto nos demuestran un suelo erosionado, duros, con poca materia orgánica y poca actividad biológica.		

Tabla 5. Evaluación final de las cromatografías de los fertilizantes sólidos
- fuente: Gómez, 2019

c) Tabla comparativa de los resultados finales obtenidos de la cuantificación de parámetros nutricionales físico y químico

- Macronutriente y micronutrientes:

Los resultados e interpretaciones de macro y micronutrientes están en base al análisis realizado en el Laboratorio plantas y suelos de ECOSUR – San Cristóbal, cabe señalar, que la norma en la cual se guiaron es la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio muestreo y análisis.

FERTILIZANTES PARAMETROS	BIOL		COMPOSTA		LOMBRICOMPOSTA		LIXIVIADO DE LOMBRICOMPOSTA	
	Resultados	Interpretación	Resultados	Interpretación	Resultados	Interpretación	Resultados	Interpretación
Nitrógeno total (Nt) %	0.22	Bajo	1.41	Muy alto	1.49	Muy alto	0.02	Muy bajo
Fósforo (P) mg/kg	90.57	Muy alto	469.61	Muy alto	437.10	Muy alto	18.60	Alto
Potasio (K) Cmol/kg	2098.50	Muy alto	25.84	Muy alto	19.99	Muy alto	1777.00	Muy alto
Calcio (Ca) Cmol/kg	1003.75	Alto	48.62	Alto	58.24	Alto	431.70	Alto
Magnesio (Mg) Cmol/kg	432.68	Alto	22.17	Alto	23.06	Alto	196.20	Alto
Cobre (Cu) mg/kg	<0.2	Deficiente	3.29	Adecuado	11.65	Adecuado	< 0.2	Deficiente
Hierro (Fe) mg/kg	17.33	Deficiente	10.16	Adecuado	6.66	Adecuado	<0.2	Deficiente
Manganeso (Mn) mg/kg	<0.2	Deficiente	4.05	Adecuado	8.69	Adecuado	<0.2	Deficiente
Zinc (Zn) mg/kg	<0.2	Deficiente	9.84	Adecuado	12.26	Adecuado	<0.2	Deficiente

*Tabla 6. Evaluación de los resultados finales obtenidos de la cuantificación de parámetros nutricionales químico
- fuente: Gómez, 2019*

- Conductividad eléctrica y pH:

Cabe recordar que los resultados se obtuvieron a partir de las mediciones que se hizo con el medidor marca Hanna, por otro lado, la interpretación de la conductividad eléctrica se tomó de Aguirre (2006).

FERTILIZANTES PARAMETROS	BIOL		COMPOSTA		LOMBRICOMPOSTA		LIXIVIADO DE LOMBRICOMPOSTA	
	Resultados	Interpretación	Resultados	Interpretación	Resultados	Interpretación	Resultados	Interpretación
pH	8.3	Neutra- Alcalina	7.2	Neutra	7	Neutra	8.2	Neutra-Alcalina
Conductividad electrica (CE)	7.45 dS/m	-50%	4 dS/m	-50%	3.49 dS/m	-50%	7.28 dS/m	-50%

*Tabla 7. Evaluación de los resultados finales obtenidos de la cuantificación de parámetros físicos
- fuente: Gómez, 2019*

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

a) Evaluación morfológica de los cultivos

En la Tabla 3 y 4, se encuentran los resultados de la evaluación final del crecimiento del rábano; en el indican los valores de crecimiento del cultivo evaluado donde se aplicó cuatro tipos de fertilizantes orgánicos, con distintas concentraciones, de las cuales resultaron en nueve tratamientos. Las partes morfológicas evaluadas fueron hoja, tallo, raíz y tubérculo.

- Numero de hojas:

Los valores más elevados para el número de hojas en la Tabla 3, fue el tratamiento 8 (testigo con 50% lixiviado de lombricomposta) con un total de 10 hojas.

En la Tabla 4 con mayor cantidad de hojas, fue el tratamiento 4 (composta 100%) y tratamiento 7 (testigo 100%).

Gómez y Sarmentó (2008) experimentaron con diferentes concentraciones de composta y humus de lombriz, en la cual, la que presentó mayor número de hojas fue la composta 100%, teniendo 8 hojas. Comparado con esta investigación se puede ver mayor e igual número de hojas presentes en el cultivo.

- Hoja (ancho y largo):

En las plantas evaluadas de la Tabla 3, el tratamiento donde hubo mayor crecimiento en el ancho y largo de la hoja fue el tratamiento 1 (lombricomposta 100%) con un valor de 10.1cm de ancho y 28 cm de largo.

En la Tabla 4, el que mostró mayor ancho y largo fue el tratamiento 4 (composta 100%) con 10.1 cm de ancho y 27.8 cm de largo.

González (2016), en su investigación expuso que hubo mayor crecimiento en el largo de la hoja (24 cm) aplicando una dosis del 30% de lombricomposta. Con respecto a esto, se demostró que aplicando 100% lombricomposta (tratamiento 1)

y 100% composta (tratamiento 4), se obtuvo mayor altura de 28 cm (tratamiento 1) y 27.8 cm (tratamiento 4).

- Tallo (ancho y largo):

En cuanto al ancho del tallo, se observó que no hubo mucha diferencia entre los tratamientos, la mayor parte tuvo 4 mm; en la Tabla 3 solo el tratamiento 1 (100% lombricomposta), tratamiento 2 (lombricomposta 100% con 50% lixiviado de lombricomposta) y tratamiento 6 (composta 100% con 50% biol), tuvieron 5mm. En la Tabla 4, fueron el tratamiento 2 y tratamiento 4 (composta 100%) que presentaron mayor ancho. Cabe mencionar, que obteniendo el promedio de la semana 7, como se muestra en la Tabla 11- 16, todos los tratamientos tuvieron un promedio de 4mm igual a 0.4 cm. Por último, el que tuvo mayor largo del tallo en la Tabla 3, fue el tratamiento 2, con 12 cm; y en la Tabla 4 fue el tratamiento 5 (composta 100% con 50% lixiviado de lombricomposta) con 10 cm. Cabe indicar, que el largo del tallo está influenciado con el desarrollo de las hojas, ya que entre más va creciendo la hoja, va ocupando mayor espacio del tallo, por eso se observa en ambas tablas, que el largo del tallo es menor que el largo de la hoja.

- Raíz (ancho y largo):

No se encontró mucha diferencia entre todos los tratamientos, ya que podría variar entre un milímetro. En la Tabla 3 y 4 el tratamiento 2 (lombricomposta 100% con 50% lixiviado de lombricomposta), tratamiento 4 (composta 100%) y tratamiento 8 (100% testigo con 50% biol) fueron los que tuvieron mayor ancho. El que tuvo mayor largo, en ambas tablas, fue el tratamiento 4 y con menor el tratamiento 9 (100% testigo con 50% biol).

- Tubérculo (ancho y largo):

En Tabla 3, el tratamiento 4 es el que presenta mayor ancho, con 4.9 cm; en la Tabla 4, el tratamiento 2 presenta mayor ancho (3.8 cm). Por último, el mayor largo en la Tabla 3 es el tratamiento 2 (5 cm); en la Tabla 4 el mayor largo es el tratamiento 4 (5.2 cm).

Tomando en cuenta todas las características morfológicas evaluadas, se puede ver variabilidad entre cada tratamiento, principalmente en el tubérculo. Mamani (2014) menciona que los factores que influyen en el crecimiento de las plantas son: “*agua, oxígeno, temperatura y suelo*”.

Teniendo en cuenta la anterior información, el cultivo del rábano prefiere climas frescos o templados, es decir temperaturas que oscilen en 18-25°C (Castillo, Mata, Patricio, Santillán y Torres, 2018). De acuerdo al National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el promedio de la temperatura que tuvo Chiapa de Corzo en el mes de septiembre fue de 34°C máxima y como mínimo 22°C, teniendo un total de 13 días lluviosos; en el mes de octubre tuvo 32°C máxima y 21°C mínima, con 6 días lluviosos (NOAA, 2019). Por otro lado, cabe indicar que el rábano necesita una buena cantidad de agua (Masabni, 2014), pero la constante lluvia causó pequeñas excavaciones en los abonos y sustratos, donde la planta estaba sembrada, provocando que la raíz de algunas de las plantas saliera a la superficie. Todos estos factores mencionados, pudieron causar que el tubérculo del rábano no alcanzara mayores tamaños.

b) Cromatografías de Pfeiffer entre cada fertilizante y testigo

En la Tabla 5, se encuentra la tabla comparativa de los resultados de la evaluación final de los cromas de los fertilizantes sólidos (composta y lombricomposta) y testigo, demostrando que el que presentó mejores resultados fue el fertilizante de lombricomposta, ya que la mayor parte de sus características demuestra un abono no compactado, disponibilidad de nutrientes, diversidad mineral y materia orgánica activa, es decir, tiene suficientes microorganismos para descomponer la materia orgánica. Por otro lado, las características del suelo testigo, expone un mal suelo, manifestando un suelo erosionado, duro, con poca actividad biológica. Cabe mencionar que la composición de fertilizantes depende del material orgánico que se le anexe cuando se está elaborando, del mismo modo, la temperatura influirá en los microorganismos presentes.

c) Cuantificación de parámetros nutricionales físico y químico

- Macronutriente y micronutrientes:

Mediante los resultados obtenidos que se muestran en la Tabla 6, del análisis de macro y micronutrientes de los fertilizantes, se sabe que el valor más alto de nitrógeno total (Nt), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn) lo tuvo la lombricomposta; mayor cantidad de fósforo (P) lo obtuvo la composta; mayor cantidad de potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca) lo tuvo el biol. La alta cantidad de Nt que presenta la lombricomposta se puede deber a las bacterias presentes en el tracto digestivo de la lombriz, ya que aumentando la disponibilidad de nitrógeno (Róman *et al.*, 2013).

Por otro lado, el que tuvo menor cantidad de Nt y P fue el lixiviado de lombricomposta, menor cantidad de K lo obtuvo la lombricomposta, por último, el que obtuvo menor cantidad de Ca y Mg fue la composta.

Olivares *et al.* (2012), hicieron un análisis nutricional del abono de composta y lombricomposta, sus resultados comparados con este proyecto, fueron mayores en Nt, mayor valor en Fe, Cu, Mn y Zn, pero mucho menores en P, K, Mg y Na.

- Conductividad eléctrica y pH

Aguirre (2006) indica que a partir de 2 dS/m disminuye el 10% del rendimiento de la planta del rábano, 2.5 dS/m disminuye 25% y 3 dS/m disminuye el 50%.

Teniendo en cuenta lo anterior, todos fertilizantes tienen una disminución del 50% del rendimiento de la planta.

Es importante conocer que, la conductividad eléctrica del sustrato puede incrementar cuando el sustrato tiene una alta capacidad de intercambio catiónico (Barbaro, Karlanian y Mata, 2014).

Castillo *et al.* (2018), mencionan que el valor ideal de pH que requiere el cultivo del rábano es entre 6.5 – 7 es decir que prefiere los sustratos medio ácidos y neutros. Conociendo esto, los fertilizantes que cumplen con estos valores son la composta

y lombricomposta, ya que su pH es neutro y las demás se encuentran entre neutra y alcalina.

Estos dos parámetros son otros factores que influyen totalmente con el desarrollo del rábano, uno ejemplo de esto, es el crecimiento morfológico del tratamiento 9 (testigo 100% con biol 50%), que es el que presentó menor tamaño comparado con los demás tratamientos, unos de los principales factores es el pH y conductividad alta.

Es importante mencionar que, si el pH del sustrato se encuentra en rango óptimo la mayoría de los nutrientes mantienen su nivel máximo de solubilidad, por otro lado, si se encuentra por debajo de este rango, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; mientras que, por encima, puede disminuir la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre (Barbaro *et al.*, 2014); esto explica por qué el resultado del análisis de micronutriente del biol y lixiviado de composta, tuvieron menor valor en Fe, P, Mn, Zn y Cu, comparado con los abonos sólidos.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se demuestra que los fertilizantes orgánicos mejoran el desarrollo morfológico de los cultivos del *Raphanus sativus*, esto se demuestra en los valores que se presentan en las tablas y graficas de la evaluación final del crecimiento del rábano, en él se observa que en diferentes proporciones se puede obtener resultados diversos, principalmente los fertilizantes de composta y lombricomposta son los que demostraron mayor desarrollo, esto es sustentado con el análisis de macronutriente y micronutrientes, en este análisis nos da a conocer que hubo muy alta y adecuada concentración en los fertilizantes sólidos, recordando que entre más alto sea la concentración mayor beneficiara al suelo que contenga muy baja nutrición.

12. CONCLUSIÓN

- Se ha comprobado que los fertilizantes orgánicos mejoraron el desarrollo morfológico de los cultivos de *Raphanus sativus*.
- El tratamiento 2 (100% lombricomposta con 50% lixiviado de lombricomposta) y el tratamiento 4 (100% composta) son los que presentaron mayor crecimiento en cuanto al tamaño de la hoja y tubérculo del cultivo.
- El pH y la conductividad eléctrica influye en el desarrollo de la planta, ya que, a partir de los resultados obtenidos y conociendo los valores ideales de pH (6.5 -7) y CE (menor a 2 dS/m) que requiere el rábano, se sabe que las que tuvieron los rangos aproximados son las que tuvieron un mejor crecimiento. Por otro lado, si el pH está alcalino, como es el biol y lixiviado de lombricomposta, disminuye los valores de hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre.
- El análisis de macro y micronutrientes del suelo, demostró que la composta y lombricomposta, que tuvieron mayor porcentaje de Nitrógeno total, fueron los que registraron un mayor crecimiento en cuanto a la hoja y tubérculo, pero a la vez fueron los que tuvieron menor cantidad en K, P, Mg y Na, debido a la influencia del pH.
- En base al tamaño, forma y color, las cromatografías demostraron que hay una mejor relación en microorganismos, materia orgánica y minerales, en el fertilizante de lombricomposta.
- Finalmente se considera importante la aplicación de fertilizantes orgánicos, principalmente de los fertilizantes sólidos (lombricomposta y composta), ya que se demostró que mejora el crecimiento y desarrollo de los cultivos del rábano.

13. REFERENCIAS

- Aguirre, A. (2009). El manejo de la conductividad eléctrica (Especialización en química aplicada). Centro de investigación en química aplicada, Coahuila.
- Armenta, A., García, C., Camacho, J., Apodaca, M., Gerardo, L., y Nava, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, Vol.6(1), 51-56.
- Badmar, F. (2011). ¿Qué son los plaguicidas? *Tpmartins*. Vol.21 (22), 10-16.
- Barbaro, L., Karlanian, M., y Mata, D. (2014). Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para las plantas.
- Castillo, F., Mata, P., Patricio, R., Santillán, S., y Torres, K. (2018). Crecimiento de rábano en diferentes pH de sustrato. México: UNAM
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2007). Guía Tecnológica Para El Manejo Integral Del Sistema Productivo de la Caña Panelera. Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
- Del Puerto, A., Suárez, S., y Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Cubana de Higiene y Epidemiología*, Vol.52 (3), 372-387.
- Díaz, E. (2002). *Lombricultura una alternativa de producción*. México, Nicaragua: ADEX.
- Díaz, J. (2017). *Sanidad Vegetal*, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- García, C. y Rodríguez G. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, Vol.8 (3), 1-10.
- García, J. (2017). Biofertilizantes, ventajas y desventajas. México. *Blastingnews* Recuperado de <https://mx.blastingnews.com/tecnologia/2017/06/biofertilizantes-ventajas-y-desventajas-001806021.html>
- Gómez, P., y Sarmentó, J. (2008). Efectos sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus*, L) de tres fertilizantes orgánicos. *Congreso SEAE Murcia*, Vol. 25(1), 1-13

González, J. (2016). Desarrollo y rendimiento del rábano en diferentes mezclas de sustrato. *Clamati*, Vol. 7(2), 1-10

Google. Earth (2020). [Mapa de Chiapas, Chiapa de Corzo en Google Earth]. Recuperado de: <https://earth.google.com/web/@16.63988642,-93.00827285,407.94455894a,2364.39753057d,35y,334.17166891h,0t,0r>

Guerra, M. (2011). Diseño y construcción de un biodigestor en la Universidad Don Bosco. *Ingeniería e Innovación de la Facultad de Ingeniería*, Vol.1(2), 33- 53. doi: 2221-1136.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). [Mapa de Edafológico de Chiapa de Corzo, Ribera de INEGI Edafología]. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). [Mapa Uso de suelo y vegetación Chiapa de Corzo, Ribera de INEGI Edafología]. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/default.html#Mapa>

Juarez, G., Sosa, M., y López, A. (2017). Hongos fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control. Recuperado de: <https://tsia.udlap.mx/hongos-fitopatogenos-de-alta-importancia-economica-descripcion-y-metodos-de-control/>

Mamani, T. (2014). Efecto de biol en cultivo asociado de rábano (*raphanus sativus* L.) y lechuga suiza (*valerianella locusta*), en ambiente atemperado de cota cota - la paz (tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Márquez, C., Cano, P., Moreno, A., Figueroa, A., Sánchez. E., S., De la Cruz, E., y Robledo, V. (2014). Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero. *ITEA*, Vol. 110 (1), 3-17.

Masabni, J. (2014). Rábanos.Texas: Texas A&M Agrilife extension

Méndez, W., Aranda, W., Jiménez, J., Reyes, L., Barrios, E., y Ramírez, M. (2008). Biofertilizantes preparados a base de estiércol de vaca. México: Universidad Autónoma de Chiapas(UNACH).

Munévar, F. (2004). Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas. Sanidad vegetal. vol. 25 (3), 171-178.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2019). Promedio climático de Chiapa de Corzo. U.S.A. NOAA Recuperado de: <https://www.ncdc.noaa.gov/>

Negrín, A., y Jiménez, Y. (2012). Evaluación del efecto agronómico del biosólido procedente de una planta de tratamiento por digestión anaerobia de residuales pecuarios en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). INCA, vol. 33(2), 13-19.

Olivares, M., Hernández, A., Vences, C., Jáquez, J., y Ojeda, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo, vol. 28(1), 27-37.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). Los fertilizantes y su uso. México: FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2008). Base referencial mundial del recurso del suelo. México: FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO). (2015). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. México: FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO). (2020). Plagas y enfermedades de las plantas. Recuperado de: <http://www.fao.org/emergencias/tipos-de-peligros-y-de-emergencias/plagas-y-enfermedades-de-las-plantas/es/>

Ortegón, A., y Zúñiga, J. (2016), Manual básico para establecer una planta de lombricomposta. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Pérez, J. (2014). Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Ramos, D. y Terry, E. Generalities of the organic manures: Bocashi's importance like nutritional alternative for soil and plants. INCA. Vol.35 (4), 52-59.

Restrepo, J. y Pinheiro, S. (2011). Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo. Colombia: Feriva.

Rivas, O., Faith, M., y Guillen, R. (2010). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. Tecnología en Marcha, Vol. 23(1), 39-46.

Rocha, M. Sánchez, J., y Azero, M. (2012). Study of improving soil quality by using different organic amendments on potato crop (*Solanumtuberosum* ssp. *Andigenavar. Waycha*) on the Model Farm Pairumani. NOVA. Vol. 5(4), 417-444.

Rodríguez, I. (2009). Fertilizantes orgánicos y convencionales: la combinación perfecta para mejores rendimientos. Recuperado de <http://www.2000agro.com.mx/biotecnologia/fertilizantes-organicos-y-convencionales-la-combinacion-perfecta-para-mejores-rendimientos/>

Rodríguez, J., Osti, C., Alcalá J., y Sánchez, L. (2010) Efecto de dosis y momento de aplicación de lombricomposta en la producción de cebollita cambray (*Allium cepa*). Agrofaz, vol.10(2), 99-157.

Román, P., Martínez, M., y Pandoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor Experiencias en América Latina. Chile: FAO.

SACSA. (2015). Conozca qué son los insecticidas. México. Grupo Sacsas Recuperado de <http://www.gruposacsas.com.mx/conozca-que-son-los-insecticidas/>

Sánchez, M., González, T., Ayora, T., Evangelista, Z., y Pacheco, N. (2017). ¿Qué son los microbios?. Ciencias. Vol. 64 (2), 10-17.

Santiago, A., Magaña, N., y Vázquez, C. (2014). Programa Integral de Desarrollo Rural 2014. México: SAGARPA.

Santillán, M. (2016). Así funcionan los biofertilizantes. México. UNAM Recuperado de http://ciencia.unam.mx/leer/570/Asi_funcionan_los_biofertilizantes

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2001). Lombricultura. México: SAGARPA.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2010). Diagnóstico Sectorial del Estado de Chiapas. México: SAGARPA.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2012). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. México: SEMARNAT.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016). El impacto de las plagas y enfermedades en el sector agrícola. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-impacto-de-las-plagas-y-enfermedades-en-el-sector-agricola>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera(SIAP). (2013). *Fertilizantes: alimentos de nuestros alimentos*. Recuperado de <http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/026-e.html>

Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2017). Técnicas químicas analíticas. Recuperado de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Minerales/Tecnicas-quimicas-analiticas.html>

Siso, Z. (2014). Un modelo de secuencia de enseñanza de la temática: mezclas. tipos y separación de mezclas. *Diálogos Educativos*. Vol. 15(1),124-140.

Siura S., Barrios, F., Delgado, J., Dávila, S., y Chilet M. (2009). *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Medellín, Colombia: SOCLA.

Soria, M., Ferrera, R., Etchevers, J., Alcantar, G., Trinidad, J., Borges, L., y Pereyda, G., (2000). Producción de biofertilizantes mediante biodigestion de

excreta líquida de cerdo. Revista Terra Latinoamericana. vol. 19(4), 353-362.
ISSN: 2395-8030.

Valdez, J., Badii, M., Guillen, A., y Acuña, M. (2015). Causas e Impactos Socio-Económico y Ambientales de la Erosión. International Journal of Good Conscience, vol. 10(1), 76-87.

14. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abono o fertilizante orgánico: *“Es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, puede ser aeróbico o anaerobio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él”* (Ramos y Terry, 2014).

Bacterias: *“Las bacterias son organismos unicelulares que pertenecen al grupo de los procariontes; esto quiere decir que carecen de un núcleo celular y de orgánulos como las mitocondrias, los cloroplastos o el aparato de Golgi, por lo que su material genético (ADN) se encuentra libre en el citoplasma”* (Sánchez, González, Ayora, Evangelista y Pacheco, 2017).

Biol: Es un abono orgánico líquido de fabricación artesanal que se obtiene como subproducto de la fermentación anaeróbica de materia orgánica en recipientes cerrados llamados biodigestores (Siura *et al.*, 2009)

Conductividad eléctrica: *“La concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato”* (Barbaro *et al.*, 2014).

Hongos: *“Son organismos que tienen células con núcleo (eucariontes) y que requieren de otros seres vivos para obtener su alimento (son heterótrofos)”* (Sánchez *et al.*, 2017).

Insecticidas: Son productos químicos utilizados para controlar o matar insectos portadores de enfermedades (SACSA, 2015)

Mapa edafológico: *“Información geoespacial que muestra la distribución de los principales tipos de suelo en el territorio nacional, así como los atributos físicos, químicos y limitantes físicas y químicas presentes”* (INEGI, 2018)

Mezcla homogénea: Las partículas de las sustancias no se pueden diferenciar a simple vista una de la otra (Siso, 2014).

Microorganismos: Constituyen un grupo de seres vivos sumamente heterogéneo cuya única característica común es su reducido tamaño (Sánchez *et al.*, 2017).

pH: *“Es una medida de la acidez (pH bajo = ácido) o alcalinidad (pH alto = básico o alcalino) del medio. El pH del medio de cultivo controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a estar o no disponibles (solubles o insolubles) para su absorción”* (Barbaro *et al.*, 2014).

Plaguicidas: Son sustancias destinadas a combatir plagas o pestes (Bedmar, 2011)

15. ANEXOS

15.1 Tablas

COMPOSTA					
SEMANA	DÍA	FECHA	TEMP.	HUMEDAD	PH
1	JUEVES	14/03/2019	37°C	60%	5.5
	SÁBADO	16/03/2019	43°C	55%	5.5
2	LUNES	18/03/2019	46°C	65%	5.5
	MIÉRCOLES	20/03/2019	49°C	60%	5.5
	VIERNES	22/03/2019	51° C	50%	5.5
	DOMINGO	24/03/2019	51°C	55%	5.5
3	MARTES	26/03/2019	53°C	75%	7.5
	JUEVES	28/03/2019	55°C	55%	7.5
	SÁBADO	30/03/2019	55°C	50%	7.5
4	LUNES	01/04/2019	50°C	50%	7.5
	MIÉRCOLES	03/04/2019	53° C	65%	7
	VIERNES	05/04/2019	48°C	55%	7
	DOMINGO	07/04/2019	47°C	50%	6.5
5	MARTES	09/04/2019	47°C	60%	6.5
	JUEVES	11/04/2019	48°C	55%	6.7
	SÁBADO	13/04/2019	46°C	65%	6.5
6	LUNES	15/04/2019	46°C	60%	5.6
	MIÉRCOLES	17/04/2019	51°C	55%	6.5
	VIERNES	19/04/2019	55°C	65%	5.5
	DOMINGO	21/04/2019	50°C	65%	5.5
7	MARTES	23/04/2019	51°C	55%	5.7
	JUEVES	25/04/2019	51°C	65%	6
	SÁBADO	27/04/2019	49°C	60%	6
8	LUNES	29/04/2019	47°C	55%	6.5
	MIÉRCOLES	01/05/2019	50°C	65%	6.5
	VIERNES	03/05/2019	49°C	60%	6.5
	DOMINGO	05/05/2019	49°C	65%	6.5
9	MARTES	07/05/2019	51°C	65%	6.5
	JUEVES	09/05/2019	52°C	60%	6.5
	SÁBADO	11/05/2019	51°C	65%	6.5
	LUNES	13/05/2019	51°C	65%	6.5
10	MIÉRCOLES	15/05/2019	50°C	65%	6.5
	VIERNES	17/05/2019	50°C	65%	6.5
	DOMINGO	19/05/2019	47°C	65%	6.5
11	MARTES	21/05/2019	40°C	70%	7
	JUEVES	23/05/2019	39°C	70%	7
	SÁBADO	25/05/2019	37°C	70%	7

Tabla 8. Registro de temperatura, humedad y pH de la composta
- Fuente: Gómez, 2019

LONBRICOMPOSTA				
DÍA	FECHA	TEMP.	HUMEDAD	PH
DOMINGO	26/05/2019	28	70%	7
MARTES	28/05/2019	28	70%	7
JUEVES	30/05/2019	28	80%	7
SÁBADO	01/06/2019	29	75%	7
LUNES	03/06/2019	29	70%	7
MIÉRCOLES	05/06/2019	29	80%	7
VIERNES	07/06/2019	28	75%	7
DOMINGO	09/06/2019	28	75%	6.5
MARTES	11/06/2019	28	80%	6.5
JUEVES	13/06/2019	28	75%	7
SÁBADO	15/06/2019	28	70%	7
LUNES	17/06/2019	29	80%	7
MIÉRCOLES	19/06/2019	29	75%	7
VIERNES	21/06/2019	28	75%	7
DOMINGO	23/06/2019	27	80%	7
MARTES	25/06/2019	27	75%	7
JUEVES	27/06/2019	27	75%	7
SÁBADO	29/06/2019	27	80%	7
LUNES	01/07/2019	27	75%	7
MIÉRCOLES	03/07/2019	27	75%	7
VIERNES	05/07/2019	27	80%	7
DOMINGO	07/07/2019	27	75%	7
MARTES	09/07/2019	27	75%	7

Tabla 9. Registro de temperatura, humedad y pH de la lombricomposta
- Fuente: Gómez, 2019

BIODIGESTOR (FASE FINAL)				
DÍA	FECHA	TEMP.	PH	OBSERVACIONES
JUEVES	14/03/2019	27°C	6	
MIÉRCOLES	24/04/2019	30°C	8.2	Presenta gas metano

Tabla 10. Registro de temperatura y pH del biodigestor
- fuente: Gómez, 2019

FERTILIZANTE: LOMBRICOMPOSTA PROMEDIO DE PLANTA 1						
SUSTANCIA	SEMANA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
			ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)
Agua (Tratamiento 1)	2	2.50	1.55	2.30	0.10	1.00
	3	4.50	3.00	6.35	0.15	4.40
	4	5.00	3.87	10.83	0.27	5.63
	5	5.00	7.20	18.00	0.40	9.30
	6	5.00	7.10	19.50	0.40	5.45
	7	6.33	8.77	23.53	0.43	7.30
Lixiviado (Tratamiento 2)	2	2.50	2.30	1.90	0.10	1.65
	3	4.50	3.80	8.20	0.15	3.90
	4	5.33	4.93	13.20	0.37	5.87
	5	5.00	7.10	19.25	0.40	7.75
	6	6.00	7.60	21.05	0.40	5.20
	7	6.33	8.97	24.10	0.43	9.20
Biol (Tratamiento 3)	2	2.50	2.30	2.00	0.10	3.30
	3	5.00	3.15	7.35	0.15	4.25
	4	5.33	4.77	12.10	0.33	6.60
	5	5.00	6.65	17.25	0.40	7.25
	6	6.00	6.90	17.85	0.40	6.05
	7	5.67	8.53	21.30	0.40	9.93

Tabla 11. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 1, tratamiento 1-3
- fuente: Gómez, 2019

FERTILIZANTE: LOMBRICOMPOSTA PROMEDIO DE PLANTA 2						
SUSTANCIA	SEMANA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
			ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)
Agua (Tratamiento 1)	2	2.00	1.75	1.15	0.10	1.00
	3	4.00	3.65	6.20	0.15	3.95
	4	4.67	4.60	10.77	0.33	4.70
	5	4.50	6.00	15.60	0.40	8.25
	6	4.50	6.95	17.75	0.40	8.05
	7	5.67	7.17	20.83	0.43	9.00
Lixiviado (Tratamiento 2)	2	3.00	2.00	1.05	0.10	1.40
	3	4.50	2.75	5.15	0.15	3.65
	4	4.67	4.67	13.27	0.33	4.63
	5	5.00	6.85	18.20	0.40	9.75
	6	6.00	8.05	21.10	0.40	7.35
	7	6.67	8.83	23.20	0.43	8.27
Biol (Tratamiento 3)	2	3.00	2.25	1.40	0.10	2.25
	3	5.50	3.20	6.55	0.15	4.15
	4	5.33	3.93	9.83	0.33	5.80
	5	5.00	5.95	15.25	0.40	7.45
	6	6.50	7.85	19.75	0.40	10.70
	7	6.00	7.63	20.10	0.40	9.00

Tabla 12. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 2, tratamiento 1-3
- fuente: Gómez, 2019

FERTILIZANTE: COMPOSTA PROMEDIO DE PLANTA 1						
SUSTANCIA	SEMANA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
			ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)
Agua (Tratamiento 4)	2	3.00	1.55	1.25	0.10	1.30
	3	4.50	2.65	5.50	0.15	2.85
	4	4.67	4.20	9.83	0.27	5.33
	5	5.00	6.10	14.70	0.35	10.15
	6	5.50	7.50	17.60	0.40	8.00
	7	6.00	9.50	23.67	0.43	8.80
Lixiviado (Tratamiento 5)	2	3.00	2.15	1.50	0.10	1.15
	3	4.50	2.80	5.10	0.33	4.45
	4	5.00	4.97	14.07	0.40	5.20
	5	5.00	6.90	18.15	0.40	8.75
	6	6.00	8.50	21.60	0.40	10.25
	7	6.00	8.40	23.83	0.40	7.33
Biol (Tratamiento 6)	2	3.00	2.20	1.40	0.10	1.25
	3	4.50	4.50	4.50	0.10	3.10
	4	5.67	4.57	12.00	0.33	5.10
	5	5.00	5.65	15.15	0.40	8.75
	6	5.50	8.30	19.55	0.40	10.00
	7	6.00	8.47	22.87	0.43	7.30

Tabla 13. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 1, tratamiento 4-6
- fuente: Gómez, 2019

FERTILIZANTE: COMPOSTA PROMEDIO DE PLANTA 2						
SUSTANCIA	SEMANA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
			ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)
Agua (Tratamiento 4)	2	3.00	2.20	1.25	0.10	1.55
	3	4.00	2.95	5.65	0.15	3.60
	4	5.00	3.83	9.50	0.27	4.43
	5	5.00	5.80	17.25	0.30	6.50
	6	5.50	6.95	17.25	0.40	8.40
	7	6.67	9.70	25.53	0.43	7.37
Lixiviado (Tratamiento 5)	2	3.00	1.95	1.50	0.10	1.10
	3	4.50	3.30	5.00	0.33	3.95
	4	5.00	5.10	12.83	0.40	5.83
	5	5.50	6.55	17.35	0.40	8.75
	6	6.00	7.60	18.15	0.40	8.00
	7	6.00	7.50	21.87	0.40	7.33
Biol (Tratamiento 6)	2	3.00	1.90	1.50	0.10	1.45
	3	4.50	4.50	3.60	0.15	2.90
	4	5.00	4.00	10.40	0.30	4.20
	5	5.00	5.25	15.50	0.40	7.50
	6	6.50	7.15	20.50	0.40	6.00
	7	6.33	6.57	21.25	0.40	7.60

Tabla 14. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 2, tratamiento 4-6
- fuente: Gómez, 2019

TESTIGO PROMEDIO DE PLANTA 1						
SUSTANCIA	SEMANA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
			ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)
Agua (Tratamiento 7)	2	2.50	1.50	1.20	0.10	0.85
	3	4.50	2.00	4.35	0.10	3.00
	4	4.67	4.67	9.10	0.23	3.30
	5	5.00	4.70	13.25	0.35	5.35
	6	5.00	6.50	17.40	0.40	5.25
	7	6.33	6.83	18.67	0.40	7.60
Lixiviado (Tratamiento 8)	2	2.00	1.50	0.90	0.10	0.75
	3	4.50	1.45	2.10	0.10	1.75
	4	5.00	3.43	8.77	0.23	3.50
	5	5.00	5.30	16.15	0.40	4.75
	6	5.00	7.30	20.85	0.40	6.60
	7	6.67	8.00	20.17	0.40	6.17
Biol (Tratamiento 9)	2	2.50	1.85	1.15	0.10	1.25
	3	4.50	2.30	1.85	0.10	2.45
	4	5.00	3.27	6.67	0.23	4.33
	5	5.00	4.00	10.00	0.40	6.05
	6	5.00	6.40	16.05	0.40	7.00
	7	6.00	6.00	17.67	0.40	10.67

Tabla 15. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 1, tratamiento 7-9
- fuente: Gómez, 2019

TESTIGO PROMEDIO DE PLANTA 2						
SUSTANCIA	SEMANA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
			ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)
Agua (Tratamiento 7)	2	3.00	1.15	1.50	0.10	0.70
	3	4.50	1.20	2.00	0.10	2.45
	4	5.00	5.00	7.33	0.23	4.17
	5	5.00	4.75	11.95	0.35	6.00
	6	5.00	5.90	15.35	0.40	7.90
	7	6.67	6.63	16.50	0.40	7.17
Lixiviado (Tratamiento 8)	2	2.00	1.30	1.05	0.10	0.70
	3	4.50	1.90	2.35	0.10	1.90
	4	5.00	3.57	7.27	0.23	5.67
	5	5.00	5.00	12.35	0.40	6.00
	6	5.50	6.20	14.50	0.40	6.15
	7	6.33	7.50	22.37	0.40	7.03
Biol (Tratamiento 9)	2	2.00	1.65	1.00	0.10	1.25
	3	4.50	2.30	1.90	0.10	1.95
	4	5.00	3.17	7.27	0.23	4.30
	5	5.00	4.15	10.85	0.40	5.10
	6	5.50	5.10	12.30	0.40	5.90
	7	5.67	5.83	14.87	0.40	7.53

Tabla 16. Promedio del crecimiento morfológico del rábano de la planta 2, tratamiento 7-9
- fuente: Gómez, 2019

RABANO									
Composta									
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	2	Domingo	08/09/2019	2	1.7	1	0.1	0.5
Lixiviado	2		Domingo	08/09/2019	2	1.4	1	0.1	0.4
Biol	1		Domingo	08/09/2019	2	1.6	1.1	0.1	0.5
Biol	2		Domingo	08/09/2019	2	1.5	1	0.1	1
Agua	1		Domingo	08/09/2019	2	1.5	1.2	0.1	0.6
Agua	2		Domingo	08/09/2019	2	1.9	1	0.1	0.5
Lixiviado	1		Miercoles	11/09/2019	4	2.6	2	0.1	1.8
Lixiviado	2		Miercoles	11/09/2019	4	2.5	2	0.1	1.8
Biol	1		Miércoles	11/09/2019	4	2.8	1.7	0.1	2
Biol	2		Miércoles	11/09/2019	4	2.3	2	0.1	1.9
Agua	1		Miércoles	11/09/2019	4	1.6	1.3	0.1	2
Agua	2		Miércoles	11/09/2019	4	2.5	1.5	0.1	2.6
Lixiviado	1	3	Sabado	14/09/2019	4	2.3	5.1	0.1	3.9
Lixiviado	2		Sabado	14/09/2019	4	2.7	5	0.1	3
Biol	1		Sábado	14/09/2019	4	3	4.5	0.1	3
Biol	2		Sábado	14/09/2019	4	2.8	3.6	0.1	2.8
Agua	1		Sábado	14/09/2019	4	2.1	4.3	0.1	2.7
Agua	2		Sábado	14/09/2019	4	2.9	4.8	0.1	3
Lixiviado	1		Martes	17/09/2019	5	3.3	7.2 cm	0.1	5
Lixiviado	2		Martes	17/09/2019	5	3.9	7.3 cm	0.1	4.9
Biol	1		Martes	17/09/2019	5	3	7.1 cm	0.1	3.2
Biol	2		Martes	17/09/2019	5	3.3	5.7 cm	0.2	3
Agua	1		Martes	17/09/2019	5	3.2	6.7	0.2	3
Agua	2		Martes	17/09/2019	4	3	6.5	0.2	4.2
Lixiviado	1	4	Viernes	20/09/2019	5	4.3	12.2	0.3	5.2
Lixiviado	2		Viernes	20/09/2019	5	4	8.2	0.2	5
Biol	1		Viernes	20/09/2019	7	4.5	11	0.3	5
Biol	2		Viernes	20/09/2019	5	4	8.5	0.2	3.5
Agua	1		Viernes	20/09/2019	4	3.3	7	0.2	4
Agua	2		Viernes	20/09/2019	5	2.2	6	0.2	4
Lixiviado	1		Lunes	23/09/2019	5	4.3	12.5	0.3	3.9
Lixiviado	2		Lunes	23/09/2019	5	6	16	0.4	6
Biol	1		Lunes	23/09/2019	5	4.9	11.7	0.3	5
Biol	2		Lunes	23/09/2019	5	4	10.5	0.3	4.3
Agua	1		Lunes	23/09/2019	5	4.3	12.5	0.3	4
Agua	2		Lunes	23/09/2019	5	4	11	0.3	4.3
Lixiviado	1	Jueves	26/09/2019	5	6.3	17.5	0.4	6.5	
Lixiviado	2	Jueves	26/09/2019	5	5.3	14.3	0.4	6.5	
Biol	1	Jueves	26/09/2019	5	4.3	13.3	0.4	5.3	
Biol	2	Jueves	26/09/2019	5	4.1	12.2	0.4	4.8	
Agua	1	Jueves	26/09/2019	5	5	10	0.3	8	
Agua	2	Jueves	26/09/2019	5	5.3	11.5	0.3	5	

Tabla 17. Características morfológicas del rábano en el abono de composta (semana dos a cuatro)
- fuente: Gómez, 2019

RABANO									
Composta									
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	5	Domingo	29/09/2019	5	6.8	18	0.4	8
Lixiviado	2		Domingo	29/09/2019	5	5.6	15.7	0.4	6.5
Biol	1		Domingo	29/09/2019	5	5.3	14.3	0.4	7.5
Biol	2		Domingo	29/09/2019	5	5.5	14.5	0.4	6
Agua	1		Domingo	29/09/2019	5	5.4	14	0.3	9
Agua	2		Domingo	29/09/2019	5	5.6	15.3	0.3	6
Lixiviado	1		Miercoles	02/10/2019	5	7	18.3	0.4	9.5
Lixiviado	2		Miercoles	02/10/2019	6	7.5	19	0.4	11
Biol	1		Miércoles	02/10/2019	5	6	16	0.4	10
Biol	2		Miércoles	02/10/2019	5	5	16.5	0.4	9
Agua	1		Miércoles	02/10/2019	5	6.8	15.4	0.4	11.3
Agua	2		Miércoles	02/10/2019	5	6	19.2	0.3	7
Lixiviado	1	6	Sabado	05/10/2019	6	9	21	0.4	11
Lixiviado	2		Sabado	05/10/2019	6	7	18	0.4	7
Biol	1		Sábado	05/10/2019	5	6.9	17	0.4	10
Biol	2		Sábado	05/10/2019	6	7	19	0.4	6
Agua	1		Sábado	05/10/2019	6	7	16.2	0.4	11
Agua	2		Sábado	05/10/2019	6	5.4	11.5	0.4	7.8
Lixiviado	1		Martes	08/10/2019	6	8	22.2	0.4	9.5
Lixiviado	2		Martes	08/10/2019	6	8.2	18.3	0.4	9
Biol	1		Martes	08/10/2019	6	9.7	22.1	0.4	10
Biol	2		Martes	08/10/2019	7	7.3	22	0.4	6
Agua	1		Martes	08/10/2019	5	8	19	0.4	5
Agua	2		Martes	08/10/2019	5	8.5	23	0.4	9
Lixiviado	1	7	Viernes	11/10/2019	5	8.2	21.5	0.4	8
Lixiviado	2		Viernes	11/10/2019	5	8.5	21.5	0.4	6
Biol	1		Viernes	11/10/2019	5	9.8	22.5	0.4	8.8
Biol	2		Viernes	11/10/2019	5	6.7	22 cm	0.4	7.5
Agua	1		Viernes	11/10/2019	5	8.5	20.5	0.4	12.2
Agua	2		Viernes	11/10/2019	5	10	25.5	0.4	6
Lixiviado	1		Lunes	14/10/2019	5	9	23.3	0.4	7
Lixiviado	2		Lunes	14/10/2019	5	7	21	0.4	6
Biol	1		Lunes	14/10/2019	5	6.3	19.1	0.4	5
Biol	2		Lunes	14/10/2019	5	6	19.5	0.4	7.4
Agua	1		Lunes	14/10/2019	5	11	26.5	0.4	8
Agua	2		Lunes	14/10/2019	5	9	23.3	0.4	7
Lixiviado	1		Jueves	17/10/2019	8	8	26.7	0.4	7
Lixiviado	2		Jueves	17/10/2019	8	7	23.1	0.4	10
Biol	1		Jueves	17/10/2019	8	9.3	27	0.5	8.1
Biol	2		Jueves	17/10/2019	9	7	23	0.4	7.9
Agua	1		Jueves	17/10/2019	8	9	24	0.5	6.2
Agua	2		Jueves	17/10/2019	10	10.1	27.8	0.5	9.1

Tabla 18. Características morfológicas del rábano en el abono de composta (semana cinco a siete)
- fuente: Gómez, 2019

RABANO									
Lombricomposta									
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	2	Domingo	08/09/2019	1	2	1.5	0.1	1
Lixiviado	2		Domingo	08/09/2019	2	1.9	1	0.1	0.8
Biol	1		Domingo	08/09/2019	1	2	2	0.1	3
Biol	2		Domingo	08/09/2019	2	1.9	1.2	0.1	2
Agua	1		Domingo	08/09/2019	1	1.8	1.5	0.1	1
Agua	2		Domingo	08/09/2019	2	1.5	1	0.1	1
Lixiviado	1		Miercoles	11/09/2019	4	2.6	2.3	0.1	2.3
Lixiviado	2		Miercoles	11/09/2019	4	2.1	1.1	0.1	2
Biol	1		Miércoles	11/09/2019	4	2.6	2	0.1	3.6
Biol	2		Miércoles	11/09/2019	4	2.6	1.6	0.1	2.5
Agua	1		Miércoles	11/09/2019	4	1.3	3.1	0.1	1
Agua	2		Miércoles	11/09/2019	2	2	1.3	0.1	1
Lixiviado	1	3	Sabado	14/09/2019	4	3.1	6.4	0.1	2.8
Lixiviado	2		Sabado	14/09/2019	4	2.2	3.3	0.1	2.3
Biol	1		Sábado	14/09/2019	5	2.9	6.7	0.1	4.5
Biol	2		Sábado	14/09/2019	6	3.1	6.8	0.1	3.3
Agua	1		Sábado	14/09/2019	4	2.5	5.4	0.1	4
Agua	2		Sábado	14/09/2019	4	3.3	5.7	0.1	4
Lixiviado	1		Martes	17/09/2019	5	4.5	10	0.2	5
Lixiviado	2		Martes	17/09/2019	5	3.3	7	0.2	5
Biol	1		Martes	17/09/2019	5	3.4	8	0.2	4
Biol	2		Martes	17/09/2019	5	3.3	6.3	0.2	5
Agua	1		Martes	17/09/2019	5	3.5	7.3	0.2	4.8
Agua	2		Martes	17/09/2019	4	4	6.7	0.2	3.9
Lixiviado	1	4	Viernes	20/09/2019	5	4.6	11.2	0.3	5.7
Lixiviado	2		Viernes	20/09/2019	5	4	10.8	0.2	3
Biol	1		Viernes	20/09/2019	5	4	9.7	0.2	6
Biol	2		Viernes	20/09/2019	5	3	6.5	0.2	6.1
Agua	1		Viernes	20/09/2019	5	3	9.1	0.2	5
Agua	2		Viernes	20/09/2019	4	4	10.3	0.2	5
Lixiviado	1		Lunes	23/09/2019	6	5	13	0.4	5.9
Lixiviado	2		Lunes	23/09/2019	5	5	14.5	0.4	4.9
Biol	1		Lunes	23/09/2019	6	5	13.2	0.4	7.3
Biol	2		Lunes	23/09/2019	6	4.3	11.5	0.4	5.4
Agua	1		Lunes	23/09/2019	5	3.6	9.4	0.3	5
Agua	2		Lunes	23/09/2019	5	4.8	10.8	0.3	5.1
Lixiviado	1	Jueves	26/09/2019	5	5.2	15.4	0.4	6	
Lixiviado	2	Jueves	26/09/2019	4	5	14.5	0.4	6	
Biol	1	Jueves	26/09/2019	5	5.3	13.4	0.4	6.5	
Biol	2	Jueves	26/09/2019	5	4.5	11.5	0.4	5.9	
Agua	1	Jueves	26/09/2019	5	5	14	0.3	6.9	
Agua	2	Jueves	26/09/2019	5	5	11.2	0.3	4	

Tabla 19. Características morfológicas del rábano en el abono de lombricomposta (semana dos a cuatro)

- fuente: Gómez, 2019

RABANO									
Lombricomposta									
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	5	Domingo	29/09/2019	5	7	19	0.4	7.5
Lixiviado	2		Domingo	29/09/2019	5	6.6	17.5	0.4	9.9
Biol	1		Domingo	29/09/2019	5	6.4	16.5	0.4	7
Biol	2		Domingo	29/09/2019	5	5.9	16.5	0.4	6.9
Agua	1		Domingo	29/09/2019	5	6.9	18	0.4	8.2
Agua	2		Domingo	29/09/2019	4	6	15.4	0.4	8
Lixiviado	1		Miercoles	02/10/2019	5	7.2	19.5	0.4	8
Lixiviado	2		Miercoles	02/10/2019	5	7.1	18.9	0.4	9.6
Biol	1		Miércoles	02/10/2019	5	6.9	18	0.4	7.5
Biol	2		Miércoles	02/10/2019	5	6	14	0.4	8
Agua	1		Miércoles	02/10/2019	5	7.5	18	0.4	10.4
Agua	2		Miércoles	02/10/2019	5	6	15.8	0.4	8.5
Lixiviado	1	6	Sabado	05/10/2019	6	7.2	20.6	0.4	6.4
Lixiviado	2		Sabado	05/10/2019	6	8.5	20.9	0.4	6.7
Biol	1		Sábado	05/10/2019	6	6.8	18.2	0.4	6.8
Biol	2		Sábado	05/10/2019	7	8.5	20	0.4	13.4
Agua	1		Sábado	05/10/2019	5	6.9	20.5	0.4	7
Agua	2		Sábado	05/10/2019	5	5.8	17	0.4	8.1
Lixiviado	1		Martes	08/10/2019	6	8	21.5	0.4	4
Lixiviado	2		Martes	08/10/2019	6	7.6	21.3	0.4	8
Biol	1		Martes	08/10/2019	6	7	17.5	0.4	5.3
Biol	2		Martes	08/10/2019	5	7.2	19.5	0.4	8
Agua	1		Martes	08/10/2019	5	7.3	18.5	0.4	3.9
Agua	2		Martes	08/10/2019	5	8.1	18.5	0.4	8
Lixiviado	1	7	Viernes	11/10/2019	5	8.2	21.5	0.4	9.6
Lixiviado	2		Viernes	11/10/2019	5	8.5	22.6	0.4	6.8
Biol	1		Viernes	11/10/2019	5	7.6	20.5	0.4	12
Biol	2		Viernes	11/10/2019	5	7.9	19.5	0.4	8
Agua	1		Viernes	11/10/2019	5	8	22.6	0.4	4.3
Agua	2		Viernes	11/10/2019	5	6	16.5	0.4	11
Lixiviado	1		Lunes	14/10/2019	6	9.2	25.5	0.4	6
Lixiviado	2		Lunes	14/10/2019	6	8	22	0.4	9
Biol	1		Lunes	14/10/2019	5	9	21.4	0.4	9.8
Biol	2		Lunes	14/10/2019	5	8	22	0.4	12
Agua	1		Lunes	14/10/2019	6	8.2	20	0.4	9.5
Agua	2		Lunes	14/10/2019	5	6	20	0.4	10
Lixiviado	1		Jueves	17/10/2019	8	9.5	25.3	0.5	12
Lixiviado	2		Jueves	17/10/2019	9	10	25	0.5	9
Biol	1		Jueves	17/10/2019	7	9	22	0.4	8
Biol	2		Jueves	17/10/2019	8	7	18.8	0.4	7
Agua	1		Jueves	17/10/2019	8	10.1	28	0.5	8.1
Agua	2		Jueves	17/10/2019	7	9.5	26	0.4	6

Tabla 20. Características morfológicas del rábano en el abono de lombricomposta (semana cuatro a siete)

- fuente: Gómez, 2019

RABANO									
Testigo									
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	2	Domingo	08/09/2019	2	1	0.5	0.1	0.5
Lixiviado	2		Domingo	08/09/2019	2	1.3	0.5	0.1	0.4
Biol	1		Domingo	08/09/2019	2	1.7	1	0.1	1
Biol	2		Domingo	08/09/2019	2	1.9	1	0.1	1
Agua	1		Domingo	08/09/2019	2	1	0.5	0.1	0.4
Agua	2		Domingo	08/09/2019	2	1.3	1	0.1	0.4
Lixiviado	1		Miercoles	11/09/2019	2	2	1.3	0.1	1
Lixiviado	2		Miercoles	11/09/2019	2	1.3	1.6	0.1	1
Biol	1		Miércoles	11/09/2019	3	2	1.3	0.1	1.5
Biol	2		Miércoles	11/09/2019	2	1.4	1	0.1	1.5
Agua	1		Miércoles	11/09/2019	3	2	1.9	0.1	1.3
Agua	2		Miércoles	11/09/2019	4	1	2	0.1	1
Lixiviado	1	3	Sabado	14/09/2019	4	1.3	1	0.1	1.5
Lixiviado	2		Sabado	14/09/2019	4	1.8	2	0.1	1.8
Biol	1		Sábado	14/09/2019	4	2.3	1.7	0.1	1.9
Biol	2		Sábado	14/09/2019	4	2.3	1.8	0.1	1.9
Agua	1		Sábado	14/09/2019	4	2	3.5	0.1	2
Agua	2		Sábado	14/09/2019	4	1.1	2	0.1	1.9
Lixiviado	1		Martes	17/09/2019	5	1.6	3.2	0.1	2
Lixiviado	2		Martes	17/09/2019	5	2	2.7	0.1	2
Biol	1		Martes	17/09/2019	5	2.3	2	0.1	3
Biol	2		Martes	17/09/2019	5	2.3	2	0.1	2
Agua	1		Martes	17/09/2019	5	2	5.2	0.1	4
Agua	2		Martes	17/09/2019	5	1.3	2	0.1	3
Lixiviado	1	4	Viernes	20/09/2019	5	2.3	5.1	0.2	3
Lixiviado	2		Viernes	20/09/2019	5	3	5.3	0.2	5.5
Biol	1		Viernes	20/09/2019	5	2.5	4	0.2	3.5
Biol	2		Viernes	20/09/2019	5	2.5	4.3	0.2	3.9
Agua	1		Viernes	20/09/2019	5	2.5	6	0.2	2.9
Agua	2		Viernes	20/09/2019	5	2.3	4	0.2	2.5
Lixiviado	1		Lunes	23/09/2019	5	3.5	8.1	0.2	3.5
Lixiviado	2		Lunes	23/09/2019	5	3.3	6.5	0.2	5.5
Biol	1		Lunes	23/09/2019	5	3.3	7	0.2	3.5
Biol	2		Lunes	23/09/2019	5	3	7.5	0.2	4
Agua	1		Lunes	23/09/2019	4	3.7	9.3	0.2	3
Agua	2		Lunes	23/09/2019	5	3.3	8	0.2	4
Lixiviado	1		Jueves	26/09/2019	5	4.5	13.1	0.3	4
Lixiviado	2		Jueves	26/09/2019	5	4.4	10	0.3	6
Biol	1		Jueves	26/09/2019	5	4	9	0.3	6
Biol	2		Jueves	26/09/2019	5	4	10	0.3	5
Agua	1		Jueves	26/09/2019	5	4	12	0.3	4
Agua	2		Jueves	26/09/2019	5	4.4	10	0.3	6

Tabla 21. Características morfológicas del rábano en el sustrato testigo (semana dos a cuatro)
- fuente: Gómez, 2019

RABANO									
Testigo									
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	5	Domingo	29/09/2019	5	5.5	16	0.4	4.5
Lixiviado	2		Domingo	29/09/2019	5	5	12.3	0.4	6
Biol	1		Domingo	29/09/2019	5	4	10	0.4	6
Biol	2		Domingo	29/09/2019	5	4	10.8	0.4	5
Agua	1		Domingo	29/09/2019	5	4.4	11.7	0.3	4.8
Agua	2		Domingo	29/09/2019	5	4.7	11	0.3	6
Lixiviado	1		Miercoles	02/10/2019	5	5.1	16.3	0.4	5
Lixiviado	2		Miercoles	02/10/2019	5	5	12.4	0.4	6
Biol	1		Miércoles	02/10/2019	5	4	10	0.4	6.1
Biol	2		Miércoles	02/10/2019	5	4.3	10.9	0.4	5.2
Agua	1		Miércoles	02/10/2019	5	5	14.8	0.4	5.9
Agua	2		Miércoles	02/10/2019	5	4.8	12.9	0.4	6
Lixiviado	1	6	Sabado	05/10/2019	5	7.2	20.5	0.4	6.9
Lixiviado	2		Sabado	05/10/2019	5	6.1	13	0.4	6.3
Biol	1		Sábado	05/10/2019	5	6	15.8	0.4	6
Biol	2		Sábado	05/10/2019	6	5	12.2	0.4	5.8
Agua	1		Sábado	05/10/2019	5	6	15.6	0.4	5
Agua	2		Sábado	05/10/2019	5	5.5	13.4	0.4	6.8
Lixiviado	1		Martes	08/10/2019	5	7.4	21.2	0.4	6.3
Lixiviado	2		Martes	08/10/2019	6	6.3	16	0.4	6
Biol	1		Martes	08/10/2019	5	6.8	16.3	0.4	8
Biol	2		Martes	08/10/2019	5	5.2	12.4	0.4	6
Agua	1		Martes	08/10/2019	5	7	19.2	0.4	5.5
Agua	2		Martes	08/10/2019	5	6.3	17.3	0.4	9
Lixiviado	1	7	Viernes	11/10/2019	5	6	16	0.4	7.5
Lixiviado	2		Viernes	11/10/2019	5	8.2	21	0.4	7
Biol	1		Viernes	11/10/2019	5	7	16	0.4	16
Biol	2		Viernes	11/10/2019	5	5	13	0.4	7
Agua	1		Viernes	11/10/2019	5	6	16	0.4	7.8
Agua	2		Viernes	11/10/2019	5	6.5	16.5	0.4	7.9
Lixiviado	1		Lunes	14/10/2019	5	9	22.5	0.4	6
Lixiviado	2		Lunes	14/10/2019	5	6	22.7	0.4	6.3
Biol	1		Lunes	14/10/2019	5	5	18	0.4	7
Biol	2		Lunes	14/10/2019	5	6	14	0.4	7.1
Agua	1		Lunes	14/10/2019	5	8	22	0.4	6
Agua	2		Lunes	14/10/2019	5	5.4	14	0.4	8
Lixiviado	1	Jueves	17/10/2019	10	9	22	0.4	5	
Lixiviado	2	Jueves	17/10/2019	9	8.3	23.4	0.4	7.8	
Biol	1	Jueves	17/10/2019	8	6	19	0.4	9	
Biol	2	Jueves	17/10/2019	7	6.5	17.6	0.4	8.5	
Agua	1	Jueves	17/10/2019	9	6.5	18	0.4	9	
Agua	2	Jueves	17/10/2019	10	8	19	0.4	5.6	

Tabla 22. Características morfológicas del rábano en el sustrato testigo (semana cinco a siete)
- fuente: Gómez, 2019

RABANO													
Lombricomposta													
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO		RAIZ		TUBÉRCULO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	7	Jueves	17/10/2019	8	9.5	25.3	0.5	12	0.3	8	4	5
Lixiviado	2		Jueves	17/10/2019	9	10	25	0.5	9	0.3	7	3.8	4
Biol	1		Jueves	17/10/2019	7	9	22	0.4	8	0.2	6.2	1.6	2
Biol	2		Jueves	17/10/2019	8	7	18.8	0.4	7	0.1	5	1.2	1.9
Agua	1		Jueves	17/10/2019	8	10.1	28	0.5	8.1	0.2	7.8	2.9	4.7
Agua	2		Jueves	17/10/2019	7	9.5	26	0.4	6	0.2	7.1	2.7	4
RABANO													
Composta													
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO		RAIZ		TUBÉRCULO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	7	Jueves	17/10/2019	8	8	26.7	0.4	7	0.1	6	1	2.9
Lixiviado	2		Jueves	17/10/2019	8	7	23.1	0.4	10	0.1	5.7	1	2.6
Biol	1		Jueves	17/10/2019	8	9.3	27	0.5	8.1	0.2	5	2.3	3.2
Biol	2		Jueves	17/10/2019	9	7	23	0.4	7.9	0.2	6.1	2.2	3.4
Agua	1		Jueves	17/10/2019	8	9	24	0.5	6.2	0.3	9.2	4.9	3.8
Agua	2		Jueves	17/10/2019	10	10.1	27.8	0.5	9.1	0.3	7.3	3.1	5.2
RABANO													
Testigo													
SUSTANCIA	PLANTA	SEMANA	DIA	FECHA	N° HOJAS	HOJA		TALLO		RAIZ		TUBÉRCULO	
						ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	LARGO (cm)	ANCHO(cm)	LARGO(cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)
Lixiviado	1	7	Jueves	17/10/2019	10	9	22	0.4	5	0.3	7.5	3.7	3.6
Lixiviado	2		Jueves	17/10/2019	9	8.3	23.4	0.4	7.8	0.3	8	2.6	3.1
Biol	1		Jueves	17/10/2019	8	6	19	0.4	9	0.1	1	0.2	2.4
Biol	2		Jueves	17/10/2019	7	6.5	17.6	0.4	8.5	0.1	1	0.2	2.4
Agua	1		Jueves	17/10/2019	9	6.5	18	0.4	9	0.2	9	2.5	3
Agua	2		Jueves	17/10/2019	10	8	19	0.4	5.6	0.2	5.2	3.3	3.1

Tabla 23. Características morfológicas finales del rábano en el sustrato testigo - fuente: Gómez, 2019

Microorganismo	Temperatura	Tiempo de exposición
Salmonella spp	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
Escherichia coli	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
Brucella abortus	55°C	1 hora
	62°C	3 minutos
Parvovirus bovino	55°C	1 hora
Huevos de Ascaris lumbricoides	55°C	3 días

Tabla 24. Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos - fuente: Román et al., 2013

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Tabla 25. Parámetros de humedad óptimos para una composta
- fuente: Román et al., 2013

Temperatura (°C)	Causas asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material Insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura mas de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Tabla 26. Parámetros de temperatura óptimos para una composta
- fuente: Román et al., 2013

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de material mas seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Tabla 27. Parámetros de pH óptimos para una composta
- fuente: Román et al., 2013

SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ETAPAS DE DESARROLLO												
	EMERGENCIA	HOJAS COTILEDONALES	PRIMERA HOJA VERDADERA	DESARROLLO DE RAÍZ			MADURACIÓN DE LA SEMILLA					
LABORES	APLICACIÓN DE COMPOSTA		DESHIERBES			COSECHA						COSECHA DE SEMILLA
PLAGAS Y ENFERMEDADES												
CONTROL	AJO, CEBOLLA, JABON						AJO Y JABÓN, COLA DE CABALLO					

Tabla 28. Cultivo de Rábano
-fuente: Santiago, Magaña y Vázquez, 2014

Cultivo	% de disminución de rendimiento		
	10	25	50
		dS/m	
Algodón	10.0	12.0	16.0
Sorgo	6.0	9.0	12.0
Soya	5.0	7.0	9.0
Arroz	5.0	6.0	8.0
Maíz	5.0	6.0	7.0
Frijol	1.0	2.0	3.0
Brócoli	4.0	6.0	8.0
Tomate	4.0	6.5	8.0
Pepino	2.5	3.0	4.0
Melón	2.5	3.0	3.5
Esparrago	6.0	8.0	10.0
Pimiento	2.0	3.0	5.0
Lechuga	2.0	3.0	5.0
Rábano	2.0	2.5	3.0
Cebolla	2.0	3.5	4.0
Zanahoria	1.0	3.0	4.0
Papa	2.5	4.0	6.0

Tabla 29. Tolerancia de salinidad en el suelo
-fuente: Aguirre, 2009

15.2 Figuras



*Figura 9. Acondicionamiento del terreno
– fuente: Gómez, 2019*



*Figura 10. Colocación de primera capa de hojas secas
– fuente: Gómez, 2019*



*Figura 11. Colocación de primera capa de estiércol
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 12. Finalización de la colocación de ingredientes del biodigestor
- fuente: Gómez, 2019*



Figura 13. Medición de temperatura, humedad y pH con el medidor marca OEM
- fuente: Gómez, 2019



Figura 14. Medición de temperatura con el medidor marca Metrón
- fuente: Gómez, 2019



Figura 15. Medidor de pH y conductividad, marca Hanna
- fuente: Gómez, 2019



Figura 16. Medidor de humedad y pH
- fuente: Gómez, 2019



*Figura 17. Adaptación de recipiente parte 1 para lombricomposta
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 18. Adaptación de recipiente parte 2 para lombricomposta
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 19. Finalización parte 1 de adaptación de recipiente para la lombricomposta
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 20. Finalización parte 2 de adaptación de recipiente para la lombricomposta
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 21. Colocación de canastas para retirar las lombrices
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 22. Colocación de los abonos y el sustrato testigo en llantas
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 23. Siembra de los cultivos
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 24. Segunda semana después de su germinación de los cultivos de rábano
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 25. Cultivo de rábano en abono de composta aplicando abono líquido foliar de lixiviado de lombricomposta
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 26. Cultivo de rábano en abono de composta aplicando abono líquido foliar de biol
- fuente: Gómez, 2019*



Figura 27. Cultivo de rábano en sustrato testigo aplicando abono líquido foliar de lixiviado de lombricomposta
- fuente: Gómez, 2019



Figura 28. Cultivo de rábano en sustrato testigo aplicando abono líquido foliar de biol
- fuente: Gómez, 2019



*Figura 29. Cultivo de rábano en el abono de lombricomposta aplicando abono líquido foliar de lixiviado de lombricomposta
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 30. Cultivo de rábano en el abono de lombricomposta aplicando abono líquido foliar biol
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 31. Cultivo de rábano en suelo testigo, cuarta semana
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 32. Cultivo de rábano en abono de composta, cuarta semana
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 33. Cultivo de rábano en abono de lombricomposta, sexta semana
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 34. Cosecha del rábano del tratamiento 2
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 35. Cosecha del rábano de tratamiento 4
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 36. Cosecha del rábano tratamiento 4
- fuente: Gómez, 2019*



Figura 37. Cosecha del rábano del tratamiento 7 y 8
- fuente: Gómez, 2019



Figura 38. Cosecha del rábano del tratamiento 1, 6 y 7
- fuente: Gómez, 2019



*Figura 39. Tubérculo del rábano del tratamiento 3, semana 7
- fuente: Gómez, 2019*



*Figura 40. Muestra de 5g de cada fertilizante sólido y testigo para realizar los cromas
- fuente: Gómez, 2019*

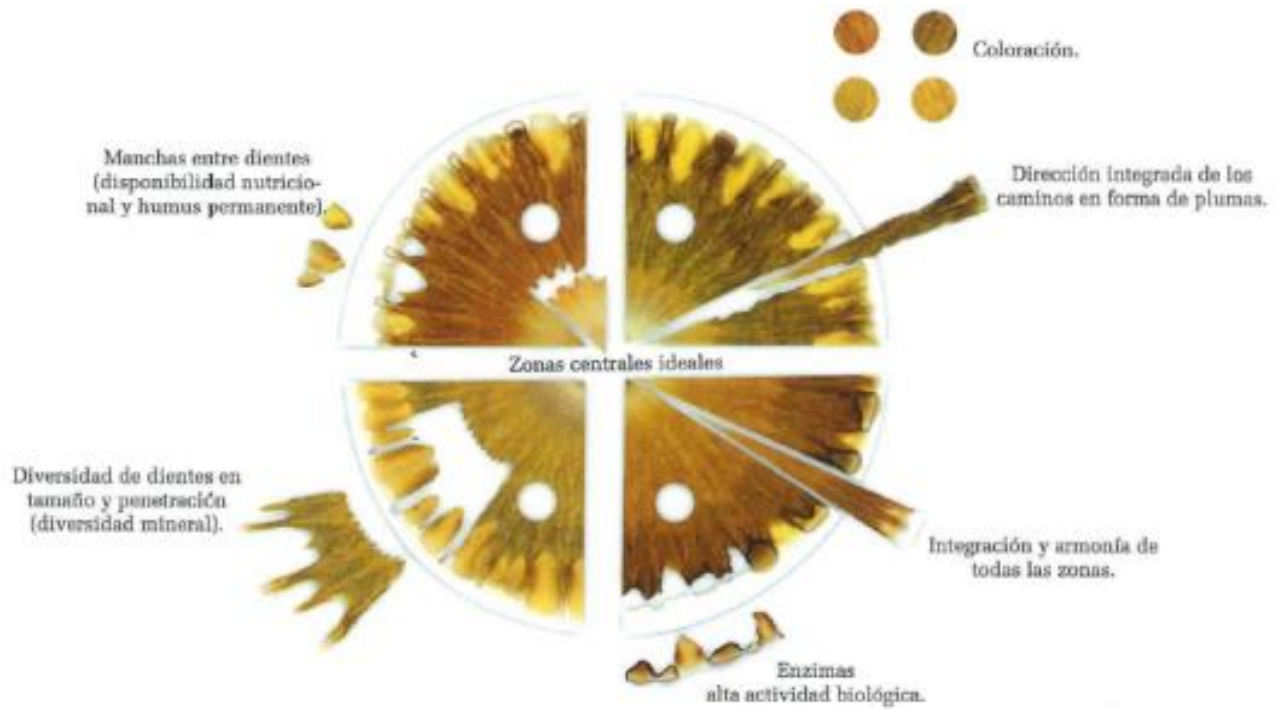


Figura 41. Características ideales de un cromatograma
-fuente: Restrepo y Pinheiro, 2011

15.3 Mapas

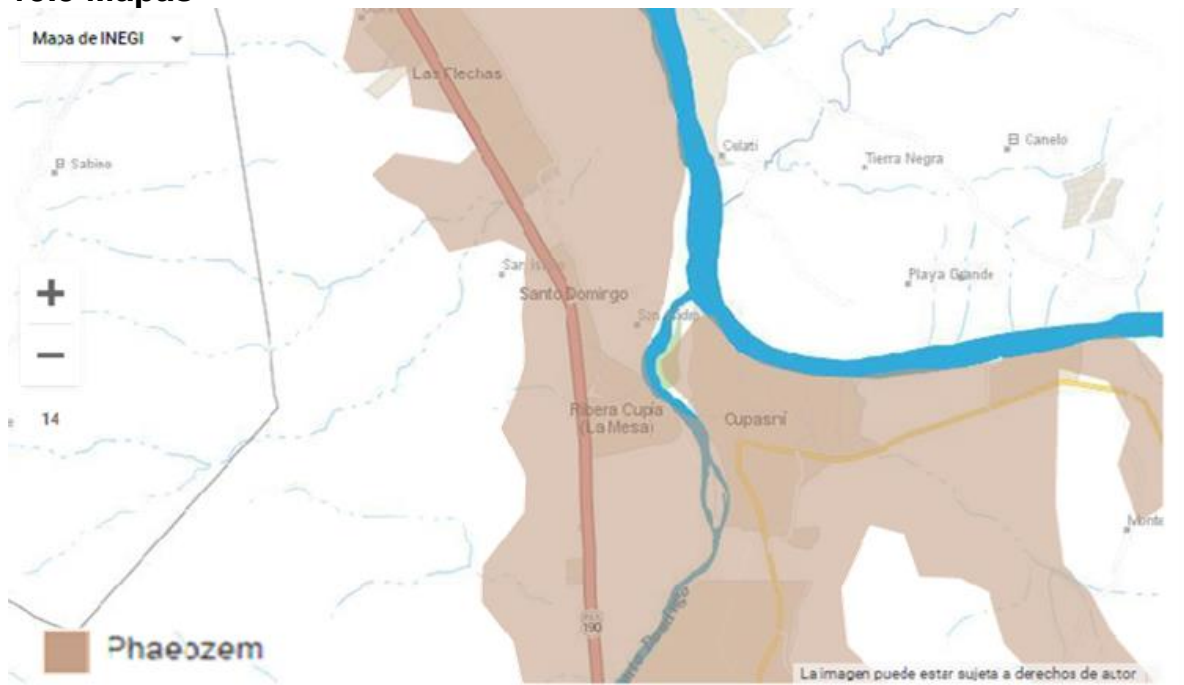


Figura 42. Mapa edafológico de Ribera de Cupia, Chiapa de Corzo
- fuente: INEGI, 2018

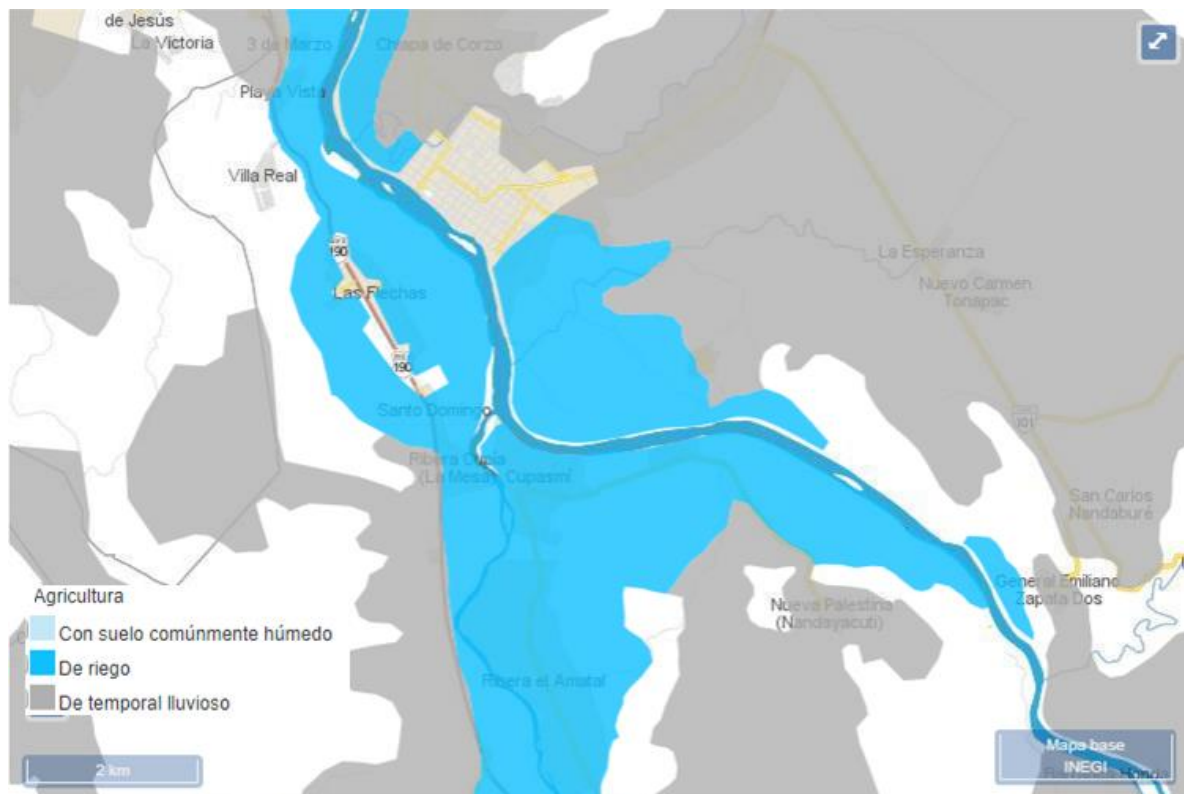


Figura 43. Mapa Uso de suelo y vegetación de Ribera de Cupia, Chiapa de Corzo

-fuente: INEGI, 2019

15.4 Graficas

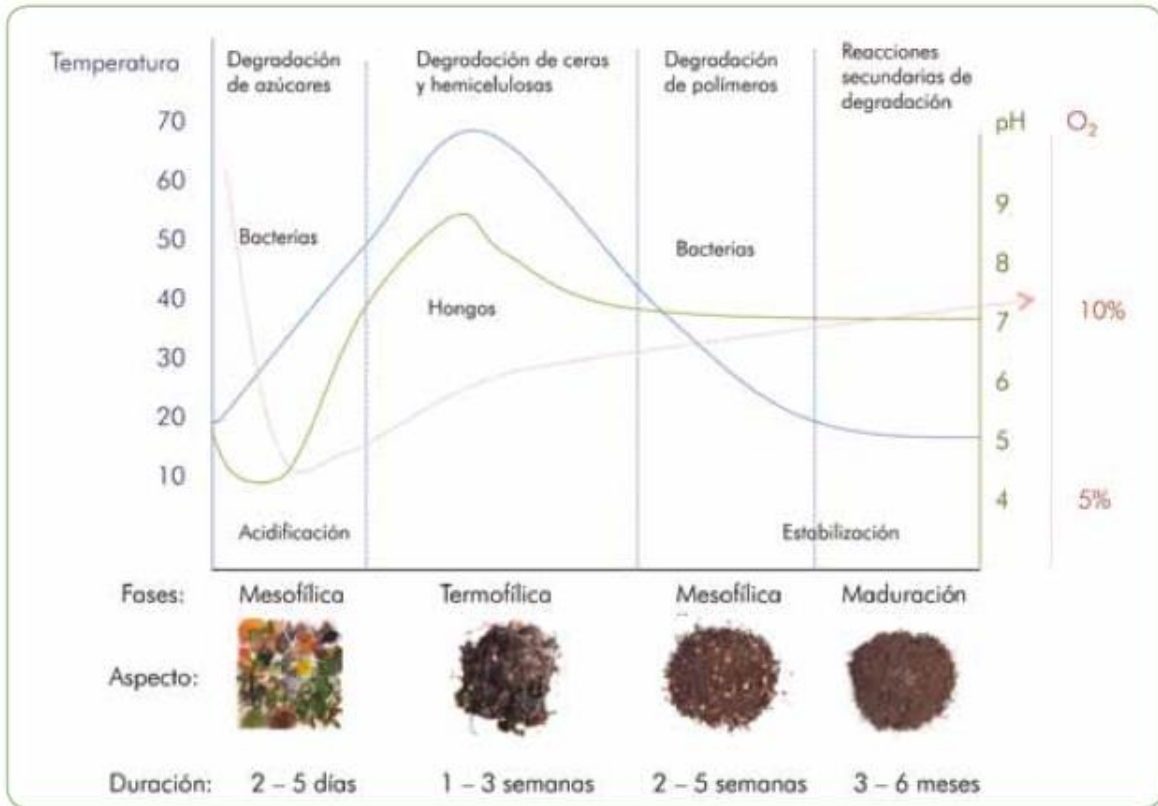
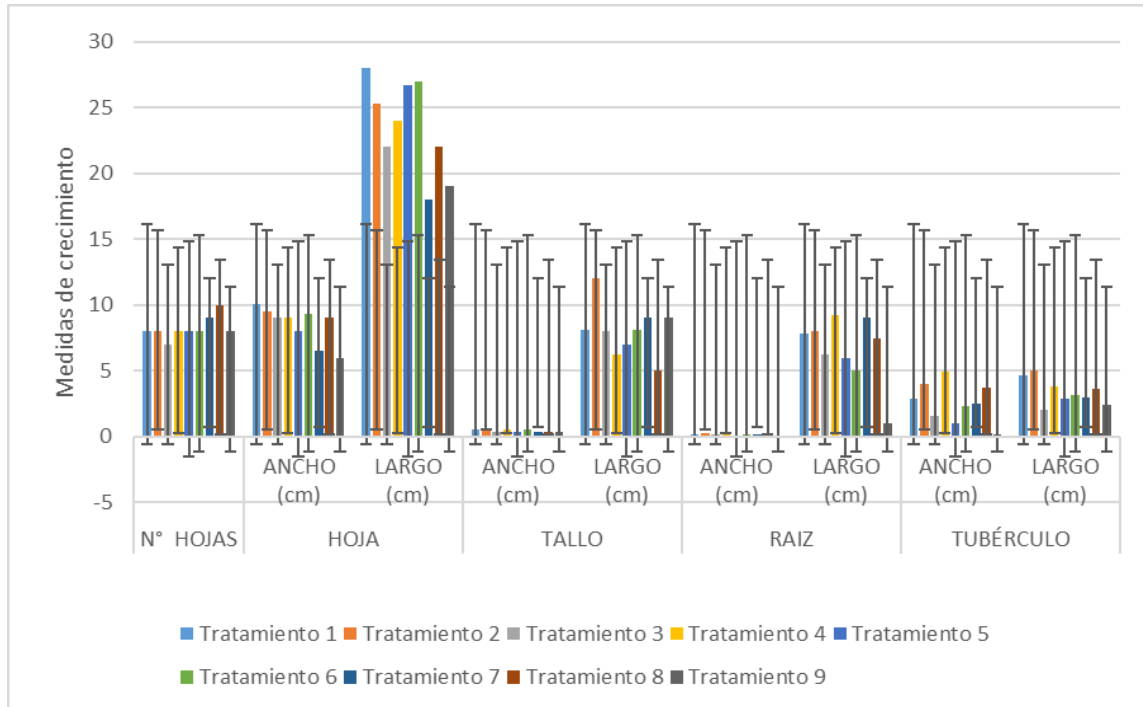
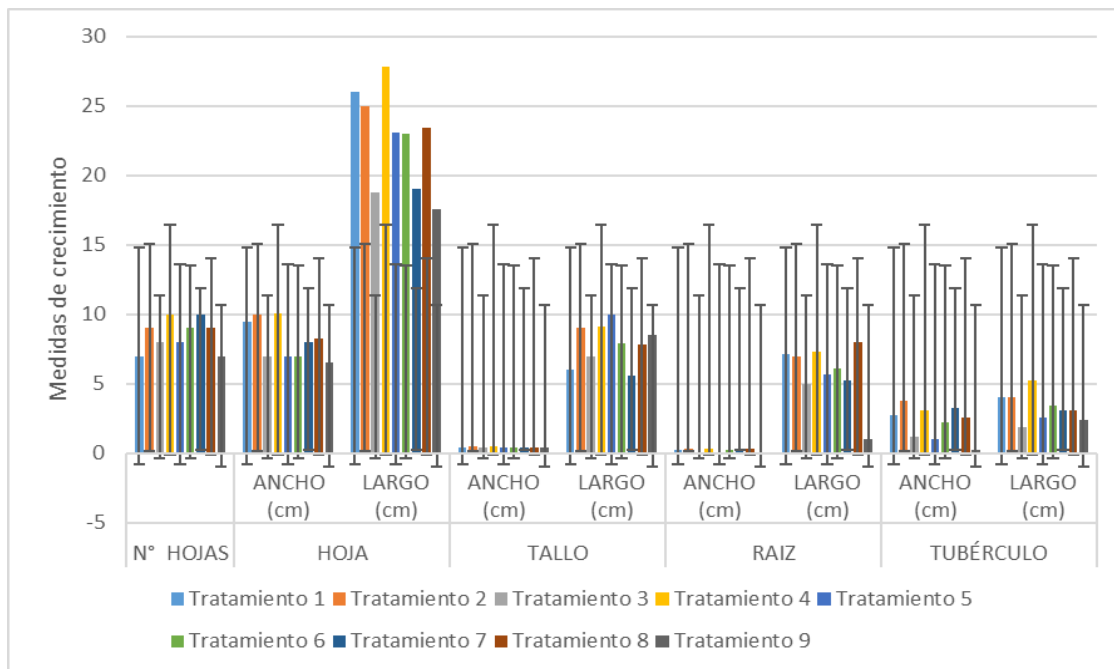


Figura 44. Temperatura, Oxígeno y pH en el proceso de compostaje
-fuente: Román et al., 2013



Gráfica 21. Evaluación final del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 1 con desviación estándar
- fuente: Gómez, 2019



Gráfica 22. Evaluación final del crecimiento del rábano (*Raphanus sativus*) de la planta 2 con desviación estándar
- fuente: Gómez, 2019