

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Evaluación del efecto de dos dosis de lixiviado de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) en el desarrollo vegetativo del cultivo de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass.

Trabajo de graduación presentado por Regina Ajcalón Samines para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología Agroforestal.

Guatemala

2021

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Evaluación del efecto de dos dosis de lixiviado de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) en el desarrollo vegetativo del cultivo de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass.

Trabajo de graduación presentado por Regina Ajcalón Samines para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología Agroforestal.

Guatemala

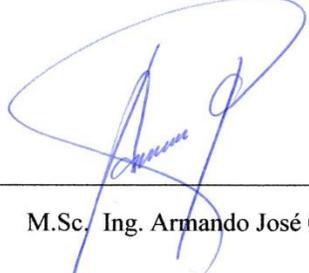
2021

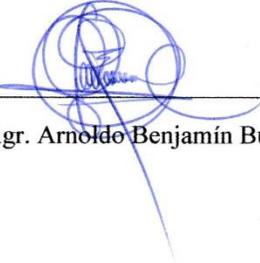
Vo. Bo.

(f) 
M.A. Ing. Manuel Zacarías Ixmatá Guarchaj

Tribunal Examinador:

(f) 
M.A. Ing. Manuel Zacarías Ixmatá Guarchaj

(f) 
M.Sc. Ing. Armando José Cutz Tax

(f) 
Ing. Agr. Arnoldo Benjamín Bulux Pacheco

Fecha de aprobación del examen de graduación:
Guatemala, 06 de diciembre de 2021

Índice

Lista de figuras.....	vii
Listado de cuadros	viii
Resumen.....	ix
I. Introducción	1
II. Justificación	2
III. Objetivos	4
IV. Hipótesis	5
V. Marco teórico	6
1. Aguacate Hass (<i>Persea americana</i>).....	6
1.1 Breve historia	6
1.2 Clasificación botánica	6
1.3 Importancia del cultivo de aguacate.....	6
1.4 Desarrollo y crecimiento vegetativo del aguacate.....	7
1.5 Fenología del cultivo de aguacate	7
1.6 Nutrición en aguacate.....	7
1.7 Forma de siembra del aguacate y suelo.....	8
2. Abonos orgánicos líquidos.....	8
3. Los abonos foliares	9
3.1 Los abonos líquidos	9
4. Lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).....	9
4.1 Taxonomía	9
4.2 Características de la lombriz	9
4.3 Lombricompost	10
4.4 El producto: Lombricompost	10
4.5 Uso del lombricompost	11
4.6 Lixiviado de lombriz.....	11
4.7 Aplicaciones de lixiviados	12
4.8 Forma de obtención del humus líquido	13
VI. Antecedentes.....	15
VII. Metodología.....	17

1. Descripción del área de estudio	17
2. Materiales y equipo	17
3. Insumos	18
4. Descripción de los tratamientos	18
6. Diseño experimental	20
VIII. Resultados y discusión	23
1. Altura de las plantas	23
2. Diámetro del tallo principal	24
3. Área foliar	26
4. Número de ramas	27
IX. Conclusiones	29
X. Recomendaciones	30
XI. Bibliografía	31
XII. Anexos	33

Lista de figuras

Figura 1. Identificación de la parcela de estudio.	17
Figura 2. Distribución de las plantas en la parcela.	22
Figura 3. Distribución de los bloques y de los tratamientos.	22
Figura 4: Crecimiento en altura de plantas en cm	24
Figura 5: Crecimiento del grosor del tallo en cm	25
Figura 6: Número de ramas	28
Figura 7: Trasplante de plantas de aguacate	35
Figura 8: Parcela experimental.	35
Figura 9: Medición de variables en campo	36
Figura 10: Aplicación de tratamientos.....	36
Figura 11: Arreglo de bloques de unidades experimentales	37
Figura 12: Planta después de aplicación de tratamiento	37

Listado de cuadros

Cuadro 1. Contenido químico de lombricompost.....	10
Cuadro 2. Composición de humus de lombriz.....	11
Cuadro 3. Dosis de aplicación de humus líquido.....	13
Cuadro 4: Diferencia de crecimiento de plantas en cm.	23
Cuadro 5: Análisis de varianza de diferencia de altura	23
Cuadro 6: Prueba de medias Tukey de diferencia de altura	23
Cuadro 7: Crecimiento diametral de tallo (cm).....	24
Cuadro 8: Análisis de varianza del diámetro del tallo principal.....	25
Cuadro 9: Prueba de medias Tukey de diámetro.....	25
Cuadro 10: Datos del área foliar de las plantas (cm ²)	26
Cuadro 11: Análisis de varianza del área foliar.....	26
Cuadro 12: Prueba Tukey de área foliar.....	26
Cuadro 13: Número de ramas.....	27
Cuadro 14: Análisis de varianza de número de ramas.....	27
Cuadro 15: Prueba Tukey de número de ramas.....	27

Resumen

La producción de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass, ha tomado auge en el país y en varios de sus departamentos. Para los productores que tienen extensiones grandes de cultivo de aguacate que cuentan con recursos económicos suficientes y personal capacitado para el manejo del mismo no tiene dificultades para darle un manejo adecuado al cultivo. En caso de los pequeños agricultores que cuentan con este cultivo, en muchas ocasiones no cuentan con los recursos económicos suficientes para poder darle un manejo adecuado al cultivo limitando el desarrollo. El uso de productos químicos en el cultivo de aguacate con el pasar de los años va degradando el suelo haciendo que pierda la fertilidad, causando un desequilibrio en el ambiente y afectando la salud del ser humano. Buscar nuevas alternativas en el manejo del cultivo de aguacate es de importancia, una de las alternativas para esto es el uso de abonos orgánicos, en este caso, se evaluó dosificaciones distintas de lixiviado de humus de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), aplicados en plantas de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass, en el Caserío El Mirador Aldea Pujujil II, Sololá, donde se identificó el efecto que tuvo sobre el crecimiento de las plantas, de esta forma se logró generar información sobre el uso de este producto, y si es recomendable utilizarla en el desarrollo vegetativo o no, al utilizar el lixiviado de lombriz no presentó efectos negativos en el ambiente ya que es un producto de origen orgánico. Los resultados obtenidos fueron, la dosis de 0.5 litro de lixiviado de humus de lombriz en 1 litro de agua presentó mejor crecimiento en diámetro y área foliar en las plantas, los tratamientos 1 y 2 (0.5: 1 y 1:1 L de lixiviado de humus de lombriz/1 L de agua) mostraron un mejor efecto sobre el crecimiento de altura y número de ramas de las plantas, las aplicaciones del lixiviado de humus de lombriz fueron realizadas cada 15 días durante un periodo de seis meses.

I. Introducción

El cultivo del aguacate (*Persea americana*) variedad Hass ha empezado a tener auge en los últimos años en el país y en el departamento y municipio de Sololá, representando el 7% de la producción de este cultivo según los datos presentados por el MAGA en el año 2016, por lo tanto este cultivo ha llamado la atención de los pequeños agricultores ya que en las distintas comunidades del municipio de Sololá se logra observar cultivos de aguacate en pequeñas escalas, pero en muchas ocasiones los agricultores no cuentan con el recurso necesario para poder darle el manejo agronómico al cultivo o poder pagar asistencia técnica sobre el mismo, por lo tanto ellos pueden tener otras alternativas para poder incorporarle los nutrientes necesarios a la planta sin que ellos hagan gastos en la compra de fertilizantes químicos, existen abonos orgánicos que contienen los micro y macro elementos que una planta necesita, ejemplo de ello es el humus de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) que cuenta con elementos importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido que contiene el 1 a 2.6 % de nitrógeno, 2 a 8% de fósforo, 1 a 2.5% de potasio y ácido fúlvico 14-30% (Escobar, 2013) , estos porcentajes se pueden obtener del humus tanto líquido como sólido siendo esta una buena alternativa para los pequeños productores de aguacate. Con base a esta necesidad se procedió a realizar la investigación sobre dos dosificaciones de lixiviado de humus de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) en el cultivo de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass donde se logró determinar que el uso del lixiviado de humus de lombriz ayuda en el crecimiento de la planta, siendo la dosis de 0.5 litros de lixiviado de humus de lombriz en 1 litro de agua la que presentó mejor crecimiento de diámetro y área foliar en la planta, los tratamientos 1 y 2 (0.5: 1 y 1:1 L de lixiviado de humus de lombriz/1 L de agua) mostraron un mejor efecto sobre el crecimiento de altura y número de ramas de las plantas, por lo tanto el uso de este producto ayudará a los pequeños agricultores a proporcionarle los nutrientes necesarios al cultivo de aguacate.

Los resultados de esta investigación son de gran apoyo para los pequeños productores de aguacate, ya que tienen la opción de comprar o producir este tipo de abono que contiene elementos importantes para el cultivo, dado su bajo costo, además el uso de este producto no es dañino para el medio ambiente, por ser de origen orgánico.

II. Justificación

Según Agexport (s.f), Guatemala es uno de los centros de origen del aguacate en el mundo y tiene un gran potencial para ofrecer diferentes variedades en el mercado internacional, entre las que se exportan están las Hass y la Booth-8.

Según FUNSEPA (s.f), para Guatemala el aguacate es un sector importante, debido que posee un área de 2,900 a 3,200 hectáreas con una producción general de 26,000 toneladas, gran parte de esta producción son aguacates criollos no seleccionados y con una producción de 5,000 toneladas de aguacates mejorados en 900 hectáreas, las variedades más importantes son Hass, Panchoy, Booth 8 y Azteca.

Según los datos del MAGA (2016, pág. 28), los principales departamentos donde producen aguacate son: San Marcos 15%, Chimaltenango 12%, Quiché 10%, Huehuetenango 7, Sololá 7%, Sacatepéquez 7%, Alta Verapaz 6%, Petén 6% y los demás departamentos de la República suman el 30% restante.

Con base en estos datos se identifica la importancia del cultivo de aguacate en el país y los departamentos con los que se cuenta la producción del mismo.

Para los productores que cuentan con extensiones grandes de producción de aguacate no presenta ningún inconveniente la compra de productos para el manejo del cultivo, ellos cuentan con capital necesario y personas capacitadas para el manejo de los cultivos, pero en caso de los pequeños productores de aguacate que tienen recursos económicos limitados para el manejo del cultivo, ellos no tienen la capacidad de comprar los fertilizantes químicos necesarios para el manejo del cultivo, por lo tanto es necesario buscar otras alternativas para proporcionarle a la planta los nutrientes necesarios, una de estas alternativas es la aplicación de productos orgánicos, en ese caso el lixiviado de humus de lombriz coqueta roja que posee nutrientes importantes para el crecimiento de la planta, según Escobar (2013), el humus de lombriz tanto líquido y sólido poseen nitrógeno 1-2.6%, fósforo 2-8%, ácido fúlvico 14-30% que son elementos que contribuyen en el crecimiento de la planta, además este producto puede estar al alcance de los pequeños productores de aguacate, contribuyendo en la economía del productor, en el cuidado del ambiente siendo un producto orgánico este no genera impactos negativos al ambiente. Esta investigación también ayudó a generar información sobre el uso de este producto ayudando de esta forma a los pequeños productores en su economía.

La producción orgánica de alimentos es de importancia debido que en este tipo de producción limita el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos en la producción de alimentos,

contribuyendo de esta forma en el cuidado de la salud del ser humano y al mismo tiempo el cuidado del ambiente, aspectos de gran importancia en la recuperación de suelos.

Con base en la información anterior se logra identificar la importancia del cultivo de aguacate Hass en el país y también la importancia de la producción de forma orgánica de los alimentos, y la importancia de poder contribuir y brindar información a los pequeños productores de aguacate que muchas veces no cuentan con los recursos económicos suficientes para comprar fertilizantes necesarios para el manejo del cultivo, por lo tanto, esta propuesta de evaluación de dos dosificaciones de lixiviado de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), durante el desarrollo vegetativo del cultivo de aguacate Hass, brinda información sobre el uso de lixiviado de humus de lombriz en el cultivo, y de esta forma ofrecer otras alternativas de producción, también el de tratar de disminuir el uso de fertilizantes químicos en el cultivo.

III. Objetivos

1. Objetivo general

1.1 Determinar el efecto del lixiviado de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) en el desarrollo de la planta de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass, en la fase vegetativa.

2. Objetivos específicos

2.1 Identificar diferencias en crecimiento de las plantas de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass.

2.2 Cuantificar el área foliar de las plantas bajo investigación.

2.3 Identificar la dosis de lixiviado de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) que presenta mejores resultados.

IV. Hipótesis

1. Nula (H₀)

Ninguna de las dosificaciones de lixiviado de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) aplicado al aguacate (*Persea americana*) variedad Hass, presentará diferencia en crecimiento de altura, diámetro del tallo principal, área foliar y ramas en la etapa vegetativa.

2. Alterna (H_a)

Por lo menos una de las dosificaciones de lixiviado de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*) aplicado al aguacate (*Persea americana*) variedad Hass, presentará diferencia en crecimiento de altura, diámetro del tallo principal, área foliar y ramas en la etapa vegetativa.

V. Marco teórico

1. Aguacate Hass (*Persea americana*)

1.1 Breve historia

El aguacate tiene sus orígenes en las regiones tropicales y subtropicales de Centro América y México, esta fruta fue de gran importancia para la civilización Maya y Azteca, los españoles lo llevaron a las Antillas donde se fue introduciendo a Floridas, California y a otros países, donde se comenzaron a realizar mejoras en este cultivo y se fue dispersando a varios lugares con los climas adecuados para el desarrollo del aguacate. (Garbanzo, 2011, pág. 19)

1.2 Clasificación botánica

Clase: Dicotiledoneae

Sub clase: Dialipétala.

Orden: Ranales.

Familia: Lauraceae.

Género: *Persea*

Especie: americana (Bartoli, 2008, pág. 2)

1.3 Importancia del cultivo de aguacate

Guatemala es considerado como el lugar de procedencia del aguacate en el mundo, con probabilidades de brindar al mercado internacional diferentes variedades, siendo las de mayor exportación la Hass y la Booth-8, donde son producidas en los departamentos de: Guatemala, Chimaltenango, Sacatepéquez, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Quiché, San Marcos, Quetzaltenango, Huehuetenango, Jalapa, Retalhuleu, Escuintla y Petén.

El Comité de Aguacate está formado por las fincas y exportadoras de las variedades de aguacate Hass y Booth-8, teniendo como socios comerciales a los siguientes países: Holanda, Inglaterra, España, Canadá, El Salvador, Honduras y Nicaragua. La cantidad que se exporta se representa de la siguiente forma: Europa (70%), Centroamérica (25%) y Canadá (5%). (Agexport, s.f)

La producción de aguacate durante los últimos cinco años ha alcanzado un aumento importante y se siguen haciendo mejoras en la presentación de los productos frescos y transformados, con la finalidad de brindar un producto de alta calidad. (Agexport, s.f)

1.4 Desarrollo y crecimiento vegetativo del aguacate

En el aguacate es importante que los primeros 5 años de vida reciba los cuidados necesarios como lo es la cantidad de agua adecuada y los nutrientes, en estos primeros 5 años la planta desarrolla brotes y el tallo principal tiene un crecimiento en altura bastante notable, en esta etapa si no se le proporciona agua suficiente y nutrientes o se daña el brote principal existe una probabilidad de que el tallo principal detenga su crecimiento. (Salvo, 2017, pág. 26 y 27)

1.5 Fenología del cultivo de aguacate

El ciclo de vida del aguacate criollo puede ser de 25 años, mientras que en las variedades mejoradas es de 15 a 18 años. Las fases de crecimiento anual del aguacate son:

- La fase vegetativa: fase donde se desarrollan y se forman las yemas vegetativas que dan origen a nuevas ramas del árbol, esta fase puede durar de 8 a 10 meses y puede tener periodos de reposo de 2 a 4 meses, en algunas variedades no se presentan el periodo de reposo y estas siguen creciendo. (Ferro, 2001, págs. 19)
- La fase de floración: se presentan en las ramas de un año de edad o en brotes, la floración se presenta de forma lateral, donde la yema apical o terminal siguen creciendo en forma vegetativa. Pero en caso de las yemas axilares en donde comienzan a presentarse las inflorescencias. (Ferro, 2001, págs. 20)
- La fase de fructificación: donde la flor comienza a perder su forma dando paso a la formación del fruto. (Ferro, 2001, págs. 22)
- La fase de maduración del fruto: se comienza a identificar un cambio en el color de la corteza dependiendo de la variedad en caso de la variedad Hass presenta un verde violáceo, en la variedad Orotava se presenta un color morado. (Ferro, 2001, págs. 23)

1.6 Nutrición en aguacate

Una buena fertilización de las plantas de aguacate garantizara que estas tengan un buen desarrollo durante las primeras etapas de crecimiento vegetativo, asegurando de esta forma que las plantas no presenten problemas de desarrollo.

Para que la planta de aguacate se desarrolle de forma adecuada va a requerir de los siguientes elementos; nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K), boro (B), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), proporcionándole a la planta estos elementos ayudara a que en el ciclo del cultivo tenga un buen desarrollo. (Quispe, 2015, págs. 15 -21)

1.7 Forma de siembra del aguacate y suelo

Al momento de efectuar la siembra del aguacate es importante tomar en cuenta algunos aspectos relacionados al terreno donde se establecerá el cultivo, en caso de que el terreno tenga pendiente es necesario mantener la cobertura vegetal y elaborar terrazas individuales de 1 m de diámetro, con la finalidad de poder conservar el suelo y evitar la erosión del mismo. (Garbanzo, 2011, pág. 31)

El aguacate se puede adaptar a varios tipos de suelo desde arcillosos hasta arenosos, siempre teniendo en cuenta que el suelo tenga un buen drenaje, los suelos ideales para este cultivo son los siguientes; franco, franco arenoso, franco arcillo arenoso y migajón, siendo estos los que tiene una buena profundidad de 0.8 a 2 m y buen drenaje. (Baíza, Vladimir H. 2003, pág. 13 y 14)

La profundidad del ahoyado puede variar dependiendo el tipo de suelo, de forma general se recomienda ahoyado de 60x60x60 cm (Anacafé, 2004, pág. 7) en suelos arenosos se puede utilizar medidas de 50 cm de ancho por 60 cm de profundidad, en suelos arcillosos o franco arcillosos las medidas pueden ser de 30 cm de ancho por 30 cm de profundidad o 25 cm por 30 cm. (Garbanzo, 2011, pág. 30)

El distanciamiento de siembra puede ser de 5 m x 5m o 6m x5m (Quispe, 2015, págs. 14), también se pueden utilizar distanciamientos de 8m x 7m, 8m x 6m, 7m x 7m (Garbanzo, 2011, pág. 29), es importante que antes de definir el distanciamiento se tome en cuenta la forma de distribución de las plantas en campo, si va a ser en tresbolillo, de forma rectangular o cuadrada.

La época de siembra del cultivo de aguacate se puede realizar en cualquier época del año si se cuenta con agua disponible, en caso que no se contara con agua disponible los meses adecuados para sembrar son de mayo a junio para que las plantas se logran adaptar bien. (FUNSEPA, s.f)

En caso de que se siembre en época de invierno se recomienda regar cada 15 días en caso que se requiera, en época seca se recomienda regar cada siete días. (Quispe, 2015, págs. 15)

2. Abonos orgánicos líquidos

Son sustancias de origen orgánico que se obtienen mediante la fermentación natural con presencia o ausencia de oxígeno utilizando desechos de origen animal como lo es el estiércol fresco, cerdaza o gallinaza o material vegetal que se mezcla con agua, suero, melaza o microorganismos, donde también se puede incorporar sales minerales de origen natural. (Garro, 2016, pág. 53)

3. Los abonos foliares

Son abonos líquidos que proporcionan nutrientes, que después son aprovechadas por las plantas. (Mainardi, 2003, pág. 39)

Los bonos foliares se emplean para proporcionar bioelementos que muchas veces no asimila la planta, provocando deficiencias de nutrientes que conllevan al desarrollo inadecuado de las plantas, haciendo que está presente síntomas como amarillamiento, clorosis, marchitez y entre otros síntomas. (Mainardi, 2003, pág. 40)

3.1 Los abonos líquidos

Para la elaboración de estos productos se pone a macerar en agua el abono, este puede ser estiércol, gallinaza, productos comercializados y entre otros, que luego se filtra para obtener el líquido que será utilizado. (Mainardi, 2003 pág. 40)

Mediante esta práctica se tiene una descomposición acelerada, con contenidos de nutrientes donde:

- Al momento de disolverse, el líquido se utiliza de forma directa en el cultivo.
- El estado líquido hace que sea homogénea la distribución de esta en el suelo.
- El abono líquido ayuda a descomponer el compost que se encuentra sobre el suelo (aserrín, viruta, partes de ramas).
- Las dosis son diferentes, esto dependerá de la cantidad de producto que se desee aplicar. (Mainardi, 2003 pág. 40)

4. Lombriz roja (*Eisenia foetida*)

4.1 Taxonomía

Reino: Animal

Tipo: Anélido

Familia: Lombricidae

Género: Eisenia

Especies: foetida. (Somarriba y Guzman. 2004, pág. 6)

4.2 Características de la lombriz

Esta lombriz posee un cuerpo cilíndrico y anillado con 120 a 175 segmentos, puede alcanzar de 6 a 8 cm de largo y de 3 a 5 mm de diámetro cuando es adulto, para alimentarse esta lombriz succiona los alimentos que se le proporcionan y es hermafrodita. (Somarriba y Guzman. 2004, pág. 7)

Esta lombriz se adapta a casi cualquier clima, puede vivir de 15 a 16 años, puede adaptarse en áreas reducidas y produce volúmenes altos de humus. Las lombrices son capaces de ingerir el alimento que se les proporciona al momento de nacer. (Díaz, 2002, pág. 6 y 7)

4.3 Lombricompost

Es un abono orgánico conocido también como vermicompost, que es obtenida mediante el proceso de descomposición que realiza la lombriz coqueta roja, al proporcionarle a la lombriz desechos orgánicos esta la va transformándola en humus, abono que aporta nutrientes a la planta y que mejora las propiedades del suelo. (Henríquez y Mora. 2003, pág. 1)

4.4 El producto: Lombricompost

Es un abono descompuesto y estable con contenidos de nutrientes con liberación rápida y lenta para la planta.

El lombricompost contiene altas poblaciones de microorganismo benéficos esto implica que el producto debe mantenerse con humedad de 50 y 60%, también contiene hormonas de crecimiento. En la siguiente figura se muestra el contenido químico del lombricompost con base en el tipo de alimentación de la lombriz:

Cuadro 1.Contenido químico de lombricompost.

Tipo de sustrato	% humedad	pH	% C	% N	% P	% K	C/N
Broza de café	61	6.5	19	1.5	0.7	0.4	13
Desechos domésticos	46	7.1	35	2.2	1.9	1.2	16
Estiércol vacuno	58	7.1	12	1.7	1.6	1.4	7

Fuente: Henríquez y Mora. 2003, pág. 5.

El humus de lombriz es conocido en los últimos años como el fertilizante orgánico más destacado, además esta se puede almacenar por un periodo de tiempo largo si se le proporciona la cantidad de humedad adecuada esto ayudara a mantener las propiedades del humus. (Escobar, 2013, pág. 19, 20 y 21)

Cuadro 2. Composición de humus de lombriz.

Humedad_____	30-60%
ph_____	6.8-7.2
Nitrógeno_____	1-2.6%
Fósforo_____	2-8%
Potasio_____	1-2.5%
Calcio_____	2-8%
Magnesio_____	1-2.5%
Materia orgánica_____	30-70%
Carbono orgánico_____	14-30%
Ácidos fúlvicos_____	14-30%
Ácidos húmicos_____	2.8-5.8%
Sodio_____	0.02%
Cobre_____	0.05%
Hierro_____	0.02%
Manganeso_____	0.006%
Relación C/N_____	10-11%

Fuente: Escobar, 2013, pág. 19, 20 y 21

Algunas de las propiedades del humus de lombriz son:

- Abono orgánico, biorregulador y corrector del suelo.
- Posee hormonas que estimulan el crecimiento.
- Gran capacidad de intercambio catiónico, lo cual hace que sea un buen fertilizante natural.
- Ayuda en la retención de humedad.
- Es soluble.
- Buna carga microbiana. (Guanche, 2015, pág. 15)

4.5 Uso del lombricompost

Se puede utilizar de dos formas: directa o en mezcla con otros fertilizantes.

El uso de este producto en cultivos perennes las dosis varia de 1/2 a 2 kg de abono por árbol. (Henríquez y Mora. 2003, pág. 4)

4.6 Lixiviado de lombriz

Es el producto líquido que se obtiene mediante la cantidad de agua que se va aplicando al lecho de las lombrices coqueta roja, donde por medio de una tubería se va recogiendo este líquido que posee altos contenidos de nutrientes y de microorganismos. Este líquido se puede emplear al suelo en el agua de riego o bien de forma foliar pero esta se utiliza para el control de plagas y enfermedades. (Guanche, 2015, pág. 15)

El lixiviado de lombriz puede aplicarse de dos formas como abono líquido en forma de riego o vía foliar, debido que este producto es natural lo cual hace que la aplicación de este sea eficiente y menos perjudicial para el ambiente, es importante mencionar que este producto contiene los mismos elementos de forma soluble que se encuentran en el humus de lombriz sólido, como lo son los ácidos fúlvicos y húmicos que ayudan a la reabsorción de minerales que se encuentran en el suelo. (Escobar, 2013, pág. 19, 20 y 21)

Algunas de las propiedades de este producto son:

- Buena asimilación del producto por parte de la raíz y estomas de la planta.
- Aumento de la clorofila de las plantas.
- Provee nutrientes, en caso de que la raíz presente dificultades.
- Disminuye el shock post-trasplante.
- Recuperación en poco tiempo de una planta dañada.
- El uso del producto disminuye la contaminación de químicos en el suelo.
- Promueve el desarrollo radicular de la planta. (Escobar, 2013, pág. 19, 20, 21 y 22)

4.7 Aplicaciones de lixiviados

«Recomendamos usarlo diluido en una proporción entre 1 - 5:10, es decir, de 1 a 5 litros de lixiviado en 10 litros de agua aplicando 15 – 20 litros/ 1000 m² de esta dilución cada 15-20 días en el agua de riego.» (Guanche, 2015, pág. 15)

El lixiviado de lombriz se puede utilizar de dos formas; vía foliar o aplicado al suelo en forma de riego, si se aplica de forma foliar esta ayuda en el control de patógenos, también fortalece y le brinda vigor a la planta y ayuda a prevenir deficiencias de nutrientes, y si esta se aplica al suelo en forma de riego ayuda a mejorar la estructura del suelo ya que provee materia orgánica y ácidos húmicos, posee fitohormonas que ayudan a fortalecer las raíces y ayudan en el crecimiento de las plantas. Si el producto es aplicado al suelo se puede realizar por medio del agua de riego, en el sistema de riego o directamente al tallo de la planta. (Cocoonhumus, 2015, pág. 1)

Cuadro 3. Dosis de aplicación de humus líquido.

Dosificación	Dosis
Bajo invernadero	
Hortalizas o flores	10-20 L/ha/15 días
Campo abierto	
Perenes	250-500 ml/árbol/mes
Anuales	50-70 L/ha/ciclo
Hortalizas	50-75 L/ha/ciclo
Hogar	
Huertos	200ml/m ²
Plantas	50ml/planta

Fuente: Cocoonhumus, 2015, pág. 2

4.8 Forma de obtención del humus líquido

Este se puede utilizar de forma foliar y radicular. El humus líquido también ayuda en la prevención del ataque de plagas y enfermedades. (Arias, 2010, pág. 57)

Materiales e insumos

- ½ Kg de humus de lombriz.
- 2,5 lts de agua (de lluvia o reposada).
- Balde plástico de 20 lts.
- Removedor.
- Lienzo.

Pasos para su elaboración:

1. Mezclar en un balde plástico ½ kg. de humus de lombriz con 2,5 lts de agua.
2. Dejar reposar la mezcla durante 48 horas.
3. Filtrar en el lienzo.
4. Envasar en recipientes no transparentes.

Efecto/acción que se logra:

Mejora la microfauna del suelo, aportando una mayor disponibilidad de nutrientes. Nivelando el pH del suelo (nivel de acidez). Facilita un mayor desarrollo radicular. Contribuye a disminuir las enfermedades y el ataque de plagas. (Arias, 2010, pág. 57)

Validado por el Jardín Botánico José Celestino Mutis en los huertos urbanos promovidos por su Programa de Agricultura Urbana en la ciudad de Bogotá, Departamento de Cundinamarca, Colombia. Edward Castañeda Arias, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

VI. Antecedentes

El humus de lombriz se ha utilizado de forma líquida y sólida en varios cultivos siendo estos el uso de forma sólida en el cultivo de papaya, la forma líquida en berenjena, en banano y en morera.

Según Acevedo y Pire (2004, pág. 274 – 279), en una investigación realizada donde evaluaron el efecto de lombricompost en el crecimiento de plantas de papaya, utilizando dos tipos de sustratos, primer sustrato solo utilizaron lombricompost y en el segundo lombricompost y fertilizante nitrogenado, el primer tratamiento consistió en utilizar 0, 5, 10, 15, 20 y 25% de lombricompost y el segundo utilizaron las mismas cantidades adicional a este aplicaron N a partir de un fertilizante químico, los resultados que obtuvieron en la investigación indicaron que las variables de área foliar, altura, diámetro del tallo de la planta y la masa seca de la planta, presentaron un efecto altamente significativo, los sustratos enmendados con lombricompost y sin fertilización nitrogenada mostraron un mayor área foliar, mayor altura de las planta y crecimiento del tallo principal, la última variable que evaluaron fue la masa seca total de la planta donde se dieron cuenta que al momento de aumentar el porcentaje de lombricompost aumentaba también la masa de la planta, identificaron que al incrementar la cantidad de lombricompost aumentaba el crecimiento de la planta de papaya desde la fase de vivero y exposición solar, mostrando el efecto positivo que tiene el lombricompost en el crecimiento de las plantas de papaya.

Según la investigación realizada por Cantero, J, *et al.* (2015, pág. 56 – 67), donde evaluó los efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena (*Solanum melongena L.*) en esta investigación evaluaron los efectos de crecimiento en altura de la planta, diámetro del tallo principal y área foliar, donde utilizaron 6 tratamientos, T1: Lombriabono 521,4 g/planta, T2: Compost 1.657,1 g/planta, T3: Lixiviado de humus de lombriz 728 ml/planta, T4: Mezcla de Lombriabono 173,8 g/ planta + Compost 552,3 g/planta + Lixiviado de humus de lombriz 241,0 ml/planta, T5: Convencional urea 13,5 g/ planta + DAP 31,0 g/planta + KCl 56, 5 g/planta, T6: Testigo, sin aportación de ningún tipo de fertilizante o abono, los resultados que obtuvieron en esta investigación indicaron que no existían diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, posiblemente porque el potencial de fertilidad del suelo fue suficiente para que las plantas se desarrollaran y que el error experimental no fue suficiente para diferenciar las diferencias de los tratamientos.

El uso del humus líquido también se ha realizado en cultivo de vitroplantas de banano FHIA 18 en la Fase IV, donde evaluaron dos estimuladores de crecimiento uno sintético y orgánico (lixiviado de humus de lombriz), aplicados de forma foliar a las plantas, las dosificaciones que

usaron fueron las siguientes: 5 ml. por litro de agua del estimulador de crecimiento sintético y 1/1 (v/v) de lixiviado de lombriz, las variables que midieron fueron la altura de la planta, número de hojas y grosor del pseudotallo, donde los resultados fueron que no se presentaron diferencias significativas en cuanto al crecimiento en altura de la planta, pero en caso del número de hojas y el grosor del pseudotallo estas mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, destacando que el lixiviado de humus de lombriz presentó los mejores resultados en cuanto al número de hojas y grosor del pseudotallo, evidenciando el efecto de este en el desarrollo de hojas y grosor de las plantas. (Asipuela, 2013, pág. 30-41)

En caso de la morera (*Morus alba L.*), se realizó una investigación sobre el efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de esta, donde los tratamientos que utilizaron fueron los siguientes, T1= agua destilada (testigo), T2= humus líquido al 10 %, T3= humus líquido al 25 %, y T4= humus líquido al 50 %, las variables que evaluaron fueron, el peso fresco y seco de las hojas y raíces, la longitud y el diámetro de las ramas, el número de hojas por ramas y hojas totales. Los resultados que obtuvieron indican que el tratamiento 4 aplicaciones de humus líquido al 50% mostró mejores resultados en la cantidad de biomasa aérea y radical. (Borges, Jorge, *et al.* 2014, págs. 159-164)

VII. Metodología

1. Descripción del área de estudio

La ejecución del trabajo de investigación se llevó a cabo en el caserío El Mirador Aldea Pujujil II, Sololá, que se encuentra a 18 kilómetros de la cabecera municipal, al noroeste del municipio de Sololá, a 2,734 metros sobre el nivel del mar, teniendo las siguientes coordenadas latitudinales 15°49'55" Norte y longitudinales 91°07'40" Oeste. El caserío El Mirador Aldea Pujujil II colinda al norte con el caserío La Fe, al oeste con el caserío El Triunfo, al sur con el caserío El Adelanto y al este con el caserío Churuneles II, pertenecientes al departamento y municipio de Sololá. (Quiñonez, 2015)

Figura 1. Identificación de la parcela de estudio.



2. Materiales y equipo

- Cubeta plástica de 20lts.
- Colador.
- Lienzo para filtrar.
- Atomizador
- Metro

- Vernier
- Recipiente con capacidad de 4 litros.

3. Insumos

- Humus de lombriz: este insumo se utilizó para la obtención de lixiviado, tal como se indica en la fase 2 (preparación del lixiviado de humus de lombriz).
- Agua.

4. Descripción de los tratamientos

Se utilizó lixiviado de humus de lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*), con dos dosificaciones basadas en las recomendaciones dadas para el uso del producto de lixiviado de humus de lombriz en frutales, tal es el caso de la primera dosificación que está recomendado para el cultivo de frutales Cocoonhumus, 2015 y la segunda dosificación que fue utilizada por Asipuela, 2013 donde:

- a. Tratamiento uno: ½ litro de lixiviado de lombriz diluido en 1 litro de agua para cada planta, equivalente a 357 L de lixiviado por ha.
- b. Tratamiento dos: 1 litro de lixiviado de lombriz diluido en 1 litro de agua para cada planta, equivalente a 714 L de lixiviado por ha.
- c. Testigo: a estas plantas no se les aplicó lixiviado de humus de lombriz, pero se les aplicó humus sólido como se indica en los pasos a realizar.

Los tratamientos fueron aplicados cada quince días, durante seis meses.

5. Fases:

5.1 Preparación del terreno

Antes del trasplante se procedió con la limpia del terreno, después se marcó la ubicación de la planta, se realizó terrazas individuales de 1 m de diámetro, ya que el terreno donde se estableció el cultivo posee una pendiente de 27%, para evitar la erosión del suelo y pérdida de nutrientes (Garbanzo, 2011), se realizó el ahoyado para luego hacer el trasplante, se midió la altura y el diámetro del tallo principal y ramas con las que contaban cada una de las plantas. Al momento de realizar el trasplante se aplicó 2 kg de humus sólido a cada planta. Cada mes se aplicó ½ kg de humus de lombriz sólido alrededor del tallo de todas las plantas como una forma de manejo del cultivo (Henríquez y Mora. 2003, pág. 4), y de esta forma aprovechar el abono tanto líquido como sólido.

5.2 Preparación del lixiviado de humus de lombriz

Para la preparación del lixiviado de humus de lombriz se procedió a realizar lo siguiente:

Se mezcló en un balde plástico 2.7 kg de humus de lombriz con 15 L de agua, se revolvió la mezcla para homogenizar el humus sólido con el agua, y se dejó reposar la mezcla durante 48 horas, pasada las 48 horas se procedió a filtrar la mezcla para esto se utilizó un lienzo y de esta forma recolectar solo el lixiviado de humus de lombriz.

5.3 Preparación de la dosificación

Preparación de la mezcla en proporción de 0.5:1 L para el primer tratamiento, para el segundo tratamiento se utilizó una proporción de 1:1 L.

5.4 Aplicación de los tratamientos

Esto se realizó por medio de la aplicación directa alrededor del tallo y para el área foliar de la planta, cada 15 días a partir del trasplante hasta los 6 meses de desarrollo vegetativo en campo definitivo.

5.5 Control de maleza

Se desmalezó el área donde se establecieron las plantas, labor que se realizó cada mes en toda la parcela y cada 15 días en la terraza individual, se utilizó el control mecánico (uso de azadón).

5.6 Toma de datos en campo

Altura: esta variable se midió con un metro plegable desde la base de la planta hasta el ápice, colocando la herramienta de medición a la par de la planta.

Diámetro: el diámetro se midió a los 30 cm de la base, colocando el vernier donde marcaba esta medida (Fernández, *et al.* 2010).

Área foliar: este dato se estimó utilizando hojas milimetradas, donde se colocó la hoja de la planta sobre la hoja milimetrada y se comenzó a dibujar, luego se contó cuantos cm² tiene la hoja, en este caso se tomaron tres hojas por planta, ya que se dividió la planta en tres estratos y se tomó una muestra de cada estrato.

Ramas: las ramas se contaron de forma manual, identificando cuantas ramas tenía el tallo principal de cada planta de aguacate.

La primera medición se hizo al momento del trasplante, las siguientes mediciones se hicieron a cada 29 días, hasta los seis meses de edad de las plantas. Tal como se detalla en el cronograma de actividades (Anexo 1)

6. Diseño experimental

6.1. Diseño experimental en Bloques Completos al Azar (DBA)

Este tipo de diseño toma en cuenta tres principios básicos: repetición, aleatorización y control local, en las unidades experimentales se distribuyen los grupos de forma homogénea, a cada grupo se le conoce como bloque, y el número de unidades experimentales dentro de cada bloque es igual al número de tratamientos incluidos en el experimento. Este tipo de diseño se utiliza cuando existe una gradiente de variabilidad, ejemplo, grado de inclinación del terreno, viento, temperatura, etc. (Bautista, 2008, pág. 66)

6.2. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.
- μ = media general de la variable de respuesta
- τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento
- β_j = efecto del j-ésimo bloque
- ϵ_{ij} = error asociado a la ij-ésima unidad experimental.

6.3. Número de repeticiones a través de los Grados de Libertad del Error (GLE)

Fórmula de la obtención de los grados de libertad: $(t-1)(r-1) = 18$ donde t = número de tratamiento y r = número de repeticiones

$$(t-1)(r-1) = 18$$

$$(3-1)(r-1) = 18$$

$$(2)(r-1) = 18$$

$$r-1 = 18/2$$

$$r - 1 = 9$$

$$r = 9 + 1 = 10$$

Número de repeticiones es igual a 10.

6.4. Unidad Experimental

Una unidad experimental está representada por una planta de aguacate.

Tratamientos 3 * 10 repeticiones = 30 unidades experimentales en total.

6.5. Variables de respuesta

- a. Altura de la planta en centímetros después de haber aplicado el producto por seis meses.
- b. Diámetro principal del tallo de la planta en centímetros después de haber aplicado el producto por seis meses.
- c. Área foliar después de haber aplicado el producto por seis meses.
- d. Número de ramas después de haber aplicado el producto por seis meses.

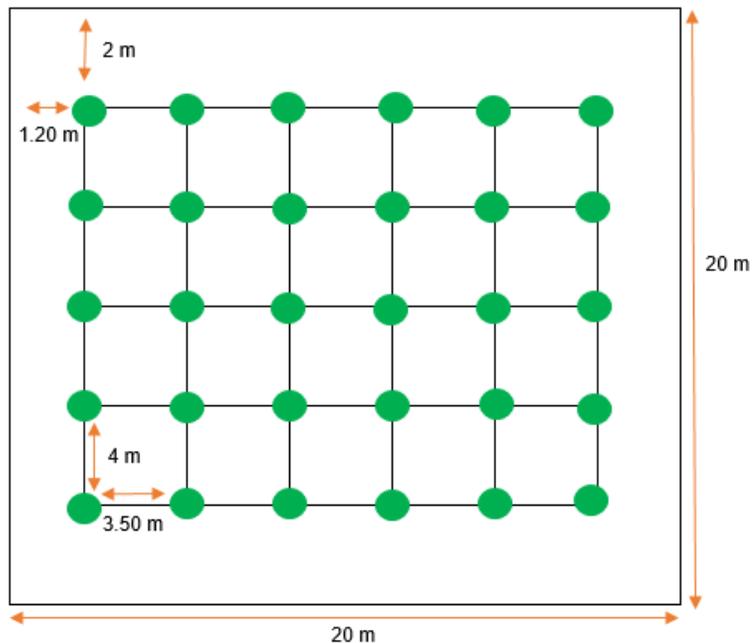
6.7. Análisis estadístico

Permitió la identificación de las similitudes y diferencias entre los tratamientos que fueron aplicados a las plantas de aguacate, para esto se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA) para poder calcular los datos sobre las variables de altura, diámetro, área foliar y número de ramas, de esta forma se identificó si se procedió a realizar la prueba Tukey o no, para esto se utilizó el software Info Stat.

6.8. Dimensiones de la parcela y distribución de las plantas.

La parcela es de 20 metros por 20 metros, con un borde inferior y superior de 2 metros, el borde derecho e izquierdo son de 1.20 m. El distanciamiento entre plantas es de 3.50 metros y entre surco es de 4 metros.

Figura 2. Distribución de las plantas en la parcela.



6.9. Distribución de los bloques y de los tratamientos.

Cada bloque está conformado por tres plantas donde a cada planta se le aplicó un tratamiento distinto, siendo, T1 = ½ litro de lixiviado de humus de lombriz diluido en 1 litro de agua, T2 = 1 litro de lixiviado de humus de lombriz diluido en 1 litro de agua y T3 = Testigo.

Figura 3. Distribución de los bloques y de los tratamientos.



VIII. Resultados y discusión

1. Altura de las plantas

Para poder determinar esta variable y si los tratamientos tuvieron efecto sobre las plantas se realizaron 7 mediciones, teniendo lugar la primera medición al momento del trasplante y las siguientes a cada 29 días, hasta los seis meses de edad del cultivo.

Cuadro 4: Diferencia de crecimiento de plantas en cm.

Tratamiento	Bloques										Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
T1	12.2	10.2	12.2	9.5	7.7	7.4	7.8	9.5	12.4	7.5	9.64
T2	11	11.5	11.2	7.4	7.4	12.3	9.8	10	10.5	12.2	10.33
T3	8.9	7.8	5.4	6	6.3	5.2	7.1	6.5	6.8	5	6.5

En el cuadro anterior se puede observar el promedio de crecimiento de altura de las plantas de aguacate por tratamiento y bloques, al haberles suministrado dosis de: 0.5 y 1 L de lixiviado de humus de lombriz en 1 L de agua, más el testigo absoluto.

Cuadro 5: Análisis de varianza de diferencia de altura

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	118.06	11	10.73	4.39	0.0028
Tratamiento	83.35	2	41.67	17.05	0.0001
Repetición	34.71	9	3.86	1.58	0.1958
Error	43.99	18	2.44		
Total	162.05	29			

NS = No significativo; * = Significancia estadística; ** = Altamente significativo CV= 17.72

Según el análisis de varianza efectuado, donde p-valor para el tratamiento es menor al nivel de significación de 0.05 por lo que existe diferencia altamente significativa, no así en cuanto al bloque; para el efecto procede la prueba de medias.

Cuadro 6: Prueba de medias Tukey de diferencia de altura

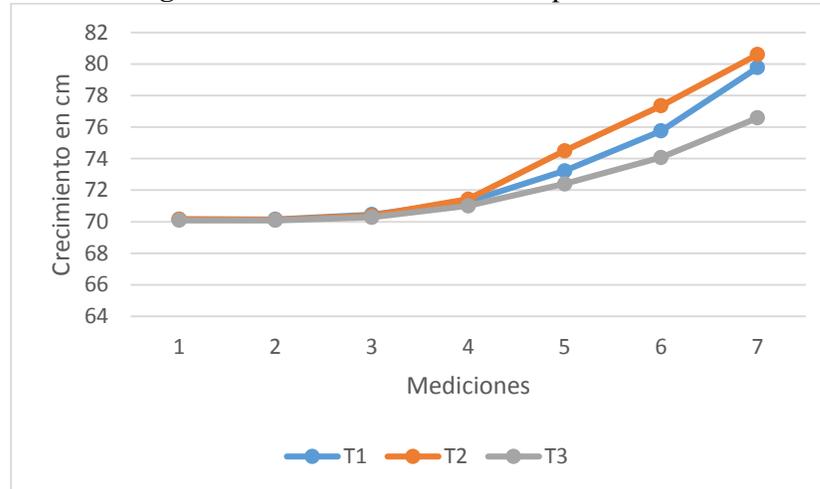
Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2	10.33	10	0.49 A
T1	9.64	10	0.49 A
T3	6.50	10	0.49 B

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

Con base en la prueba Tukey con un nivel de significancia de 5%, los tratamientos 2 y 1 mostraron mejores resultados en cuanto a la diferencia de altura en comparación con el tratamiento 3 siendo este el testigo absoluto en la cual demostró menos efecto en crecimiento de altura de las plantas, debido a que solo se le aplicó humus sólido. Según (Acevedo y Pire. 2004), donde

evaluaron el efecto que tiene el humus sólido de lombriz sobre el crecimiento de altura, esta investigación indica que si se presentó una diferencia altamente significativa de la variable altura, por lo que sustenta los resultados obtenidos en el presente estudio.

Figura 4: Crecimiento en altura de plantas en cm



En la figura anterior se logra observar el comportamiento de crecimiento de altura de las plantas durante los 6 meses, donde la aplicación T2 (1:1 L lixiviado de humus de lombriz), presentó la media más alta, seguida por el tratamiento T1 (0.5:1 L lixiviado de humus de lombriz), y de último el testigo absoluto (T3).

2. Diámetro del tallo principal

Para el diámetro del tallo principal de las plantas se obtuvieron los siguientes datos donde también se trabajó la diferencia de crecimiento durante los 6 meses.

Cuadro 7: Crecimiento diametral de tallo (cm)

Tratamiento	Bloques										Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
T1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.28
T2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.27
T3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.22

En el presente cuadro se logra apreciar el crecimiento diametral del tallo, tomada a una altura de 30 cm de la superficie del suelo a cada una de las unidades experimentales, al haberles administrados dos tratamientos y el testigo absoluto.

Cuadro 8: Análisis de varianza del diámetro del tallo principal

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	11	3.103	1.43	0.2423
Tratamiento	0.02	2	0.01	4.73	0.0224
Repetición	0.01	9	1.503	0.69	0.7054
Error	0.04	18	2.203		
Total	0.07	29			

NS = No significativo; * = Significancia estadística; ** = Altamente significativo CV= 18.21

Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en donde se obtiene p-valor para tratamiento es menor al nivel de significación de 0.05, pero mayor a 0.01; lo que implica diferencia significativa, los bloques no presentan diferencia significativa.

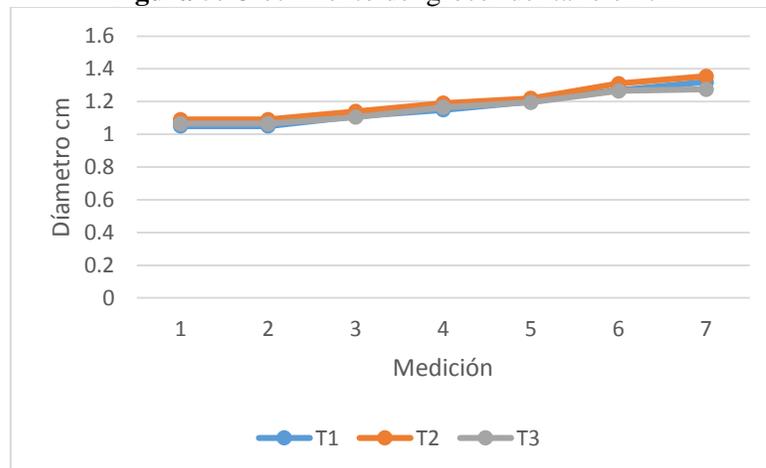
Cuadro 9: Prueba de medias Tukey de diámetro

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T1	0.28	10	0.01	A
T2	0.27	10	0.01	A B
T3	0.22	10	0.01	B

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

Como se logra identificar en los resultados de la prueba Tukey con una significancia del 0.05 el T1 (0.5 L de lixiviado de humus de lombriz en 1 L de agua), fue el que presentó mejor crecimiento diametral en el cultivo de aguacate entre los tratamientos, según (Asipuela, 2013) se identificó que la aplicación de lixiviado de lombriz presentó efectos altamente significativos sobre el crecimiento del diámetro de las plantas, en donde se obtuvieron resultados similares en la investigación.

Figura 5: Crecimiento del grosor del tallo en cm



En la gráfica anterior se identifica el crecimiento diametral de las plantas tomada a una altura de 30 cm del suelo, destacando T1 (0.5:1 L de lixiviado de humus de lombriz), fue la que presentó mejor resultado en crecimiento diametral de las plantas de aguacate, seguido por T2 (1:1 L de

lixiviado de humus de lombriz) y T3 (testigo).

3. Área foliar

En el siguiente cuadro se logra observar los datos obtenidos y se da a conocer el promedio del crecimiento.

Cuadro 10: Datos del área foliar de las plantas (cm²)

Tratamiento	Bloques										Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
T1	2831.15	2808.75	3444.37	2410.77	2485.41	2937.82	2971.75	4272.77	3615.96	2796.3	3057.505
T2	2834.28	2316.43	3152.18	2579.67	3718.87	2382.87	3113.34	2900.04	3459.79	2164.72	2862.219
T3	2161.74	2591.37	2325.42	1694.65	2093.95	2690.45	2693.99	2474.3	2749.25	2794.2	2426.932

En el presente cuadro se logra apreciar las medias de área foliar obtenidas de los tratamientos y bloques, las medias más altas se reflejan en las unidades experimentales que fueron tratadas con T1 (0.5:1 L de lixiviado de humus de lombriz), T2 (1:1 L de lixiviado de humus de lombriz) y T3 (testigo absoluto).

Cuadro 11: Análisis de varianza del área foliar

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4846469.59	11	440588.14	2.21	0.0658
Tratamiento	2084112.34	2	1042056.17	5.22	0.0163
Repetición	2762357.25	9	306928.58	1.54	0.2091
Error	3595486.71	18	199749.26		
Total	8441956.31	29			

NS = No significativo; * = Significancia estadística; ** = Altamente significativo CV= 16.06

Según el análisis de varianza para esta variable se logra apreciar para tratamiento un p-valor menor al nivel de significación de 0.05 y mayor a 0.01 lo que implica diferencia significativa entre los tratamientos, para la fuente bloque no presentó diferencia significativa.

Cuadro 12: Prueba Tukey de área foliar

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T1	3057.51	10	141.33	A
T2	2862.22	10	141.33	A B
T3	2426.93	10	141.33	B

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

Según la prueba de medias de Tukey, se logra apreciar que el T1 es la que presenta mayor área foliar en comparación con el T2 y el testigo absoluto. Según (Asipuela, 2013), donde obtuvo mayor cantidad de hojas de las plantas de banano utilizando humus líquido de lombriz; asimismo (Acevedo y Pire, 2004), determinó mejor presencia de área foliar en papaya, con la aplicación de humus sólido de lombriz, dando a conocer que el uso de humus líquido y sólido tienen efecto sobre

el área foliar de las plantas, resultados similares se obtuvieron en la investigación realizada en el cultivo de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass.

4. Número de ramas

Variable que se midió a cada 29 días, durante seis meses, donde se obtuvieron los siguientes datos.

Cuadro 13: Número de ramas

Tratamiento	Bloques										Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
T1	5	4	4	4	4	5	4	3	4	3	4
T2	4	3	5	3	5	4	4	5	5	5	4.3
T3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3

Promedio de ramas obtenidas por tratamientos y bloques donde T1 es mayor a T2 y esta respectivamente mayor al testigo absoluto.

Cuadro 14: Análisis de varianza de número de ramas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.30	11	1.21	2.70	0.0299
Tratamiento	9.27	2	4.63	10.34	0.0010
Repetición	4.03	9	0.45	1.00	0.4742
Error	8.07	18	0.45		
Total	21.37	29			

NS = No significativo; * = Significancia estadística; ** = Altamente significativo CV= 17.77

El análisis de varianza de la variable número de ramas, en la fuente de tratamiento se obtiene un p-valor menor al nivel de significación de 0.05 y 0.01, indicando diferencia altamente significativa entre los tratamientos, en cuanto a los bloques no presentó diferencia alguna.

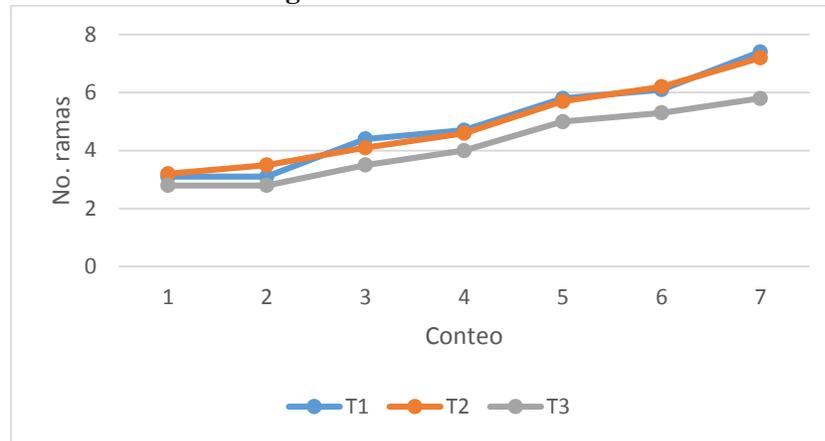
Cuadro 15: Prueba Tukey de número de ramas

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2	4.30	10	0.21	A
T1	4.00	10	0.21	A
T3	3.00	10	0.21	B

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

Según la prueba Tukey con una significación de 0.05 se forman dos grupos donde T2 y T1 son los dos tratamientos que presentaron mejores resultados en el número de ramas de las plantas a comparación del testigo absoluto, por lo tanto la aplicación de lixiviado de humus de lombriz ayudó a que las plantas desarrollen ramas.

Figura 6: Número de ramas



En la figura se logra observar que T2 (1:1 L de lixiviado de humus de lombriz), presenta la media más alta, seguida por T1 (0.5:1 L de lixiviado de humus lombriz), finalmente T3 como testigo absoluto.

IX. Conclusiones

Tomado en cuenta los resultados de cada una de las variables se logra identificar que tanto la aplicación de proporciones de 0.5:1 y 1:1 L de lixiviado de humus de lombriz proporcionan nutrientes a la planta teniendo un efecto positivo en crecimiento de altura, diámetro, área foliar y número de ramas, en contraste con el testigo absoluto, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna que indica que por lo menos una de las dosificaciones tiene efectos sobre el crecimiento de las plantas.

Se determinó que los tratamientos 1 y 2 (0.5: 1 y 1:1 L de lixiviado de humus de lombriz/1 L de agua) tienen un mejor efecto sobre el crecimiento de altura y número de ramas de las plantas de aguacate variedad Hass, durante la fase vegetativa.

En la medición del área foliar se identificó que el tratamiento 1 (0.5:1 L de lixiviado de humus de lombriz/1 L de agua) presentó mejores resultados, indicando que la dosis más baja utilizada en la investigación puede contribuir a un buen desarrollo foliar de las plantas.

El tratamiento 1 (0.5:1 L de lixiviado de humus de lombriz) es el que tuvo mejores resultados en el crecimiento del diámetro y área foliar de las plantas de aguacate variedad Hass, siendo la dosis más baja empleada en la investigación, lo cual presenta una buena opción para el productor de aguacate y relativamente la implementación de un modelo diversificado de producción de transición orgánica.

X. Recomendaciones

Realizar investigaciones con las mismas dosis en otras especies de frutales para determinar su efecto en el crecimiento y desarrollo fisiológico, así como evaluar la resistencia de los cultivos ante las plagas y enfermedades.

Establecer una ruta de seguimiento a la presente investigación, aplicando dosis según los límites establecidos en las fases fenológicas de: floración, fructificación y maduración del fruto con variables específicas de estudio en el cultivo de aguacate.

La proporción de 0.5 litros de lixiviado de humus de lombriz por 1 litro de agua es la que se recomienda a los productores ya que produjo mejores efectos en el crecimiento del diámetro del tallo principal (tomada a una altura de 30 cm del suelo) y el área foliar durante la fase vegetativa y desarrollo del cultivo de aguacate.

La aplicación del lixiviado de humus de lombriz se recomienda realizarlo en primeras horas de la mañana o en las últimas horas de la tarde para que la planta pueda aprovechar los nutrientes que se están aplicando y que estas pierdan su efectividad a causa de las altas temperaturas del día.

XI. Bibliografía

- ACEVEDO, I. y PIRE, R. 2004. *Efecto del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento de lechoso (Carica papaya L.)*. *Interciencia*. 29(5):274 - 279.
- Arias, Edward. 2010. *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. 93 págs.
- Asipuela, Rene. 2013. *Comportamiento de las Vitroplantas del Banano FHIA 18 en la Fase IV, con el empleo de estimulantes fisiológicos*. Tesis Universidad Técnica De Cotopaxi Convenio Universidad De Camagüey. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales “Caren” Carrera De Ingeniería Agronómica. Ecuador. 45 págs.
- Asociación Guatemalteca de Exportadores (Agexport), s.f. Importancia del cultivo de aguacate Hass en Guatemala. Agexport Comité de Aguacate. Recuperado el 13 de noviembre de 2019: <https://export.com.gt/publico/comite-de-aguacate>
- Asociación Nacional del Café (Anacafé), 2004. *Cultivo de Aguacate*. Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetalera. Págs. 23.
- Baíza, Vladimir H. 2003. *Guía técnica del cultivo del aguacate*. Ministerio de agricultura y ganadería. Programa nacional de frutas de el Salvador. 62 págs.
- Bartoli, José. 2008. *Manual Técnico del cultivo de aguacate Hass (Persea americana L.)* Documento elaborado por el Centro de Comunicación Agrícola de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 48 págs.
- Bautista, Ezequiel. 2008. *Diseño y análisis de experimentos Fundamentos y aplicaciones en agronomía*. Universidad de San Carlos de Guatemala facultad de agronomía. 163 págs.
- Borges, Jorge, et al. 2014. *Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera (Morus alba L.)* Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Barquisimeto, Venezuela. Bioagro, vol. 26, núm. 3, págs. 159-164.
- CANTERO, J.; ESPITIA, L.; CARDONA, C.; VERGARA, C.; ARAMÉNDIZ, H. 2015. *Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena Solanum melongena L.* *Rev. Cienc. Agr.* 32(2):56 - 67.
- Cocoonhumus. 2015. Humus líquido de lombriz, Ficha técnica. Recuperado el 09 de mayo de 2020: <http://cocoonhumus.com/wp-content/uploads/2015/08/Ficha-Tecnica-Cocoonhumus-Humus-Liquido.pdf>
- Díaz, Eduardo. 2002. *Guía de lombricultura*. Lombricultura una alternativa de producción. 57 págs.
- Escobar, Alejandro. 2013. *Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y solido) en la empresa fertilombriz*. 36 págs.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación) Características relevantes de la agricultura orgánica. Recuperado el 25 de febrero de 2020, <http://www.fao.org/3/y4137s/y4137s0d.htm>

Fernández, R; Trapero, A; Domínguez, J. 2010. *Experimentación en agricultura*. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación, 350 págs.

Ferro, Amórtegui. 2001. *Corporación para la promoción del desarrollo rural y agroindustrial del Tolima*. Prohaciendo. El cultivo del aguacate. Modulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. 49 págs.

FUNSEPA (Fundación Sergio Paiz Andrade), s.f. Recuperado el 25 de febrero de 2020, recomendaciones técnicas para el cultivo de aguacate: <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoAguacate.pdf>

Garbanzo, Marvin. 2011. *Manual de Aguacate*. Buenas prácticas de cultivo. Variedad Hass. 2 ed. San José, C.R.: MAG. 2010. 96 págs.

Garro, Jorge. 2016. *El suelo y los abonos orgánicos*. San José, C.R.: INTA. 98 págs.

Guanche, Arturo. 2015. Recuperado el 01 de abril de 2020. *Las lombrices y la agricultura*. Información

Técnica: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf 20 págs.

Henríquez, Carlos; Mora, Luis. 2003. *Produciendo abono de lombriz*. Una forma entretenida de manejar los residuos orgánicos para no contaminar nuestro medio ambiente. 5 págs.

Mainardi, Fausta. 2003. *El cultivo biológico de hortalizas y frutales*. Barcelona. Editorial De Vecchi, S.A.U. 221 págs.

Martínez C., Juan Pablo; Muena Z., Victoria y Ruiz Sch., Rafael. 2014. *Nutrición y Fertilidad en Palto*. Boletín INIA N° 283, 74 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, La Cruz, Chile. 71 págs.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2016. EL AGRO EN CIFRAS. 65 págs.

Quiñonez, Karla. 2015. *Diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable para los caseríos churunel central y el mirador, Sololá, Sololá*. Universidad de San Carlos de Guatemala. No. 137 págs.

Quispe, Saturnino Ataucusi. 2015. *Manejo técnico del cultivo del palto*. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-15604. Cáritas del Perú Calle Omicrón 492 - Parque Internacional de Industria y Comercio – Callao. 39 págs.

Salvo, 2017. *Manual de cultivo de palto*. Boletín de Instituto de Desarrollo Agropecuario – Instituto de Investigaciones Agropecuarias [Santiago, Chile] 13 (117): 26-27.

Somarriba, Ricardo; Guzman Fidel. 2004. *Guía de lombricultura*. Guía Técnica No. 4 18 págs.

XII. Anexos

1. Cronograma de actividades

Actividades	Fechas																								
	Abril				Mayo			Junio			Julio				Agosto				Septiembre			Octubre			
	Día				Día			Día			Día				Día				Día			Día			
	9	10	11	25	8	9	23	5	6	20	3	4	18	31	1	15	28	29	12	25	26				
Preparación del lixiviado.																									
Preparación del terreno.																									
Trasplante.																									
Aplicación del lixiviado de humus de lombriz.																									
Aplicación de humus sólido																									
Medición de variables.																									
Análisis de resultados y redacción del documento final.																									

2. Presupuesto de la ejecución de la investigación

No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1	Costos Fijos				
2	Herramientas (según vida útil)				
3	Azadón	Unidad	1	Q 7.00	Q 7.00
4	Machete	Unidad	1	Q 3.00	Q 3.00
5	Materiales (según vida útil)				
6	Cubeta de plástico de 20lt	Unidad	1	Q 3.25	Q 3.25
7	Rafia	Unidad	1	Q 5.00	Q 5.00
8	Estacas	Unidad	4	Q 1.00	Q 4.00
9	Metro	Unidad	1	Q 7.00	Q 7.00
10	Vernier	Unidad	1	Q 16.66	Q 16.66
11	Balanza	Unidad	1	Q 30.00	Q 30.00
12	Atomizador	Unidad	1	Q 12.50	Q 12.50
13	Colador/lienzo	Unidad	1	Q 12.50	Q 12.50
14	Total costos fijos:				Q 100.91
15	Costos variables				
16	Insumos				
17	Plantas de aguacate	Unidad	30	Q 25.00	Q 750.00
18	Abono				
19	Humus de lombriz	Quintal	5	Q 55.00	Q 275.00
20	Mano de obra				
21	Preparación del terreno	Jornal	2	Q 75.00	Q 150.00
22	Siembra	Jornal	2	Q 75.00	Q 150.00
23	Control de maleza	Jornal	6	Q 75.00	Q 450.00
24	Total costos variables:				Q 1,775.00
25	Gastos				
26	Transporte				
27	Vehículo	Viaje	3	Q 150.00	Q 450.00
28	Total gastos:				Q 450.00
29	Costos totales:				Q 2,325.91

3. Fotografías del trabajo en campo

Figura 7: Trasplante de plantas de aguacate



Figura 8: Parcela experimental.



Figura 9: Medición de variables en campo



Figura 10: Aplicación de tratamientos



Figura 11: Arreglo de bloques de unidades experimentales



Figura 12: Planta después de aplicación de tratamiento

