



EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TOMATE *Solanum lycopersicum* UTILIZANDO HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA *Eisenia foetida* EN BOGOTÁ, COLOMBIA

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C. 2019**



EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TOMATE *Solanum lycopersicum* UTILIZANDO HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA *Eisenia foetida* EN BOGOTÁ, COLOMBIA

SOLANGIE QUIÑONES VASQUEZ

Mg. LIGIA CONSUELO SÁNCHEZ LEAL

Asesora

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO**

DEDICATORIA

A mis padres, por todo el apoyo emocional y económico brindado, por no permitir que decayera en ninguna de las etapas no solo de la carrera sino también de mi vida y gracias a su formación soy la persona de hoy en día.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, por permitirme el uso de sus instalaciones, medios de cultivo y reactivos necesarios para el desarrollo de la investigación.

Al Ingeniero Andrés Garcés por darme acceso a la compra de las lombrices, el manual y la asesoría necesaria para una excelente cría de las lombrices.

A mis padres por permitirme el espacio para llevar a cabo los experimentos necesarios y apoyarme con cada etapa del proyecto.

Por ultimo a mi asesora de trabajo de grado, Ligia Consuelo Sánchez Leal, por inspirarme, corregirme y guiarme en este camino de investigación. Por toda la dedicación, paciencia, cariño y sabiduría que me brindo durante todo el proceso. Además, de darme acceso a las bases necesarias para el tema investigativo.

Tabla de contenido

RESUMEN	13
1. INTRODUCCIÓN	15
2. OBJETIVOS.....	19
GENERAL	19
ESPECÍFICOS.....	19
3. ANTECEDENTES	20
4. MARCO REFERENCIAL.....	22
4.1 Tomate - <i>Solanum lycopersicum</i>	22
4.1.1 Clasificación taxonómica.....	22
4.1.2 Descripción	22
4.1.3 Características organolépticas del tomate.....	24
4.1.4 Desarrollo de la planta	24
4.2 LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA.....	26
4.2.1 Clasificación taxonómica	26
4.2.2 DESCRIPCION	26
4.3 Lombricultura	29
4.4 Humus de lombriz	29
5. DISEÑO METODOLOGICO	31
5.1 Tipo de investigación	31
5.2 Universo	31
5.3 Población	31
5.4 Muestra.....	31
5.5 HIPOTESIS, VARIABLE E INDICADORES.....	31
5.5.1 Hipótesis.....	31
5.5.2 Variable.....	31
5.5.2.1 Independiente.....	31
5.5.2.2 Dependiente	32
5.6 Indicadores.....	32
5.7. TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS.....	32
5.7.1 Fase 1: Obtención de la lombriz y cría de la lombriz roja californiana para la obtención de humus.....	32
5.7.2 Fase 2: Obtención del humus producido por las lombrices.....	35

5.7.3 Fase 3: Estudio de la capacidad funcional de la microbiota bacteriana de los sustratos utilizados al inicio del experimento	36
5.7.4 Fase 4. Realización de Bioensayos con plantas de tomate	39
6. RESULTADOS.....	42
7. DISCUSIÓN.....	49
CONCLUSIONES.....	52
REFERENCIAS.....	53
ANEXOS.....	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Descripción botánica y morfología del tomate.....	23
Figura 2 Ciclo fenológico del tomate.	25
Figura 3 Partes de la lombriz.....	27
Figura 4 Cajones - canastas para la instalación de la cría	33
Figura 5 Procedimiento para realizar las perforaciones	33
Figura 6 Alistamiento del material para la cría de lombriz roja californiana.....	34
Figura 7 Disposición en torre de la cría de la lombriz roja californiana	35
Figura 8 Fraccionamiento de los desechos de cocina.....	36
Figura 9 Sustratos humus, turba y tierra para pruebas funcionales	37
Figura 10 . Preparación 4 de diluciones en base 10 de los sustratos	37
Figura 11 Medios listos para incubación	38
Figura 12 Conteo de UFC/ml por medio de cultivo.....	38
Figura 13 Pesaje de los sustratos y las mezclas para el bioensayo.....	40
Figura 14 Estudio del crecimiento y producción de las plantas de tomate sembradas.....	41
Figura 15 Humus antes y después del secado al sol	42
Figura 16 Unidades formadoras de colonias	42
Figura 17 Aislamiento inicial a partir de los tres sustratos en los tres medios de cultivo, agar PDA, agar BHI, agar Sabouraud y agar Rosa de Bengala.....	43
Figura 18 Valores de altura y hojas en el Tiempo 0. Inicio del ensayo.....	45
Figura 19 Valores de altura y hojas en el Tiempo 1. Noviembre 2 del 2018	45
Figura 20 Valores de altura y hojas en el Tiempo 2. Enero 2 de 2019.....	46

Figura 21 Valores de altura y hojas en el Tiempo 3. Marzo 3 de 2019	46
Figura 22 Valores de peso, número y contorno de tomates en el Tiempo 1. Noviembre 2 del 2018	47
Figura 23 Valores de peso, número y contorno de tomates en el Tiempo 2. Enero 2 de 2019	47
Figura 24 Valores de peso, número y contorno de tomates en el Tiempo 3. Marzo 3 de 2019	48
Figura 25 Total de la producción en todos los tratamientos	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Experimentos – Tratamientos establecidos para los bioensayos..... 40

Tabla 2 Resultados de las pruebas funcionales en términos de crecimiento..... 43

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Huevo de lombriz y lombrices adultas	59
Anexo 2 Fertilizante biológico y químico utilizado para controles.....	59
Anexo 3 Forma de aplicación de los fertilizantes para controles.....	59
Anexo 4 Desarrollo planta con TTO 0	60
Anexo 5 Desarrollo planta con TTO 1	60
Anexo 6 Desarrollo planta con TTO 2	60
Anexo 7 Desarrollo planta con TTO 3	61
Anexo 8 Desarrollo planta con TTO 4	61
Anexo 9 Desarrollo planta con TTO 5	61
Anexo 10 Desarrollo planta con TTO 6	62
Anexo 11 Desarrollo planta con TTO 7	62
Anexo 12 Desarrollo planta con TTO 8	62
Anexo 13 Desarrollo planta con TTO 9	63
Anexo 14 Desarrollo planta con TTO 10	63
Anexo 15 Desarrollo planta con TTO 11	63
Anexo 16 Desarrollo planta con TTO 12	64
Anexo 17 Desarrollo planta con TTO 13	64
Anexo 18 Desarrollo planta con TTO 14	64
Anexo 19 Desarrollo planta con TTO 15	65
Anexo 20 Desarrollo planta con TTO 16	65
Anexo 21 Desarrollo planta con TTO 17	65
Anexo 22 Desarrollo planta con TTO 18	66
Anexo 23 Desarrollo planta con TTO 19	66
Anexo 24 Desarrollo planta con TTO 20	66
Anexo 25 Desarrollo planta con TTO 21	67
Anexo 26 Pruebas de funcionalidad (Asparagina, leche, Ashby, pikovskaya, almidón)	67



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TOMATE *Solanum lycopersicum* UTILIZANDO HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA *Eisenia foetida* EN BOGOTÁ, COLOMBIA

RESUMEN

Los sustratos que se utilizan en agricultura son variados y algunos proporcionan mejores aportes a la productividad de las plantas. El cultivo del tomate en Colombia generalmente utiliza suelo con fertilizantes químicos. El humus de lombriz ha sido descrito como uno de los mejores sustratos, en cuanto al aporte de nutrientes para aumentar la productividad de un cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y productividad de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) utilizando humus de lombriz roja californiana *Eisenia foetida* frente a otros dos sustratos, tierra y turba, utilizando la cría de lombriz propiedad de la investigadora, ubicada en Bogotá, Colombia. Se realizó la cría de la lombriz, la obtención del humus, análisis de la funcionalidad de la microbiota de los sustratos antes de iniciar los bioensayos, preparación de las mezclas, siembra de plántulas de tomate con

edad de 28 días, cuatro lecturas de altura, número de hojas, número de frutos, contorno y peso de los frutos, hasta obtener la cosecha y análisis estadístico. Los resultados evidenciaron que, aunque el humus presenta buenos resultados tales como un mayor número de hojas, un buen llenado de tomate y altura, en combinación con los diferentes sustratos, son los que evidencia los mejores resultados a nivel de los tres criterios. Adicionalmente, la microbiota que evidenció la más variada funcionalidad se encontró en humus y turba, datos que están relacionados con los resultados de los bioensayos. A futuro, se recomienda aumentar el número de plantas de tomate y analizar la microbiota por análisis metagenómico

PALABRAS CLAVES: Humus de lombriz, Lombricultura

Solangie Quiñones Vásquez

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Ligia Consuelo Leal Sánchez

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) se ha considerado como una planta de gran importancia por ser un producto de consumo de primera necesidad, la variedad de subproductos que se pueden obtener y los ingresos que genera en los países donde se produce. Podría decirse que estas son las causas por las cuales hay un aumento en la oferta y demanda del cultivo de tomate y, desde el punto de vista económico, genera beneficios sociales porque hay más mano de obra (1). Con relación a los beneficios a nivel de la alimentación y la salud, el tomate es rico en vitamina C, B, B2, potasio y gran cantidad de carotenoides como el licopeno que se encuentra en un 80 - 90% en variedades de tomates, especialmente *S. lycopersicum*, el cual tiene actividad antioxidante para la prevención de enfermedades (1) (2).

Desafortunadamente, por su aroma y demás condiciones organolépticas que tiene el tomate, tiene gran susceptibilidad a todo tipo de problemas fitosanitarios. Con relación a las enfermedades bióticas producidas por microorganismos, las que se reportan más comúnmente son, el tizón temprano, tizón tardío, fusariosis, verticilosis, marchitez, cancro bacteriano y el mosaico del tomate, entre otras. En cuanto a las enfermedades abióticas por deficiencia nutricional, puede presentar pudrición apical del fruto por falta de calcio, enrollamiento de las hojas, grietas o rajados del fruto, entre otras.

Los problemas abióticos son debidos generalmente a la falencia nutricional que tenga el suelo, que puede ir desde una clorosis hasta presentar una coloración morada en sus hojas, e incluso la muerte de los frutos (3). Los nutrientes los provee el suelo o sustrato donde crece la planta de tomate; la falta de nutrientes o la disponibilidad para ser absorbidos impide que las plantas tengan acceso a todos los elementos esenciales y básicos para su correcto crecimiento y buena producción. La razón de este problema en la mayoría de cultivos es el agotamiento del suelo por el exceso de explotación agrícola. Como solución a este problema, el agricultor hace aplicaciones no controladas de fertilizantes químicos, pero esta enmienda, lo que

lleva es a agravar el problema, porque por el exceso se cambia el intercambio iónico y se alteran otras propiedades del suelo, así como la microbiota presente que es quien colabora con la disponibilidad de los nutrientes para el adecuado crecimiento, desarrollo y producción de la planta (4).

Con relación a los fertilizantes, se ha visto que, en países de América, hay una mayor importación y uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, ya que el continente produce únicamente fertilizantes potásicos, causando gran impacto en la economía del país, por cuanto el uso de fertilizantes está ligado al precio del petróleo por el transporte y los pequeños productores generalmente no tienen los recursos económicos para obtener los fertilizantes, disminuyendo así la producción de comida para el país (5).

A nivel ambiental, el uso elevado de estos fertilizantes tiene otra desventaja, se conoce que aumentan la emisión de gases de efecto invernadero, los cuales son responsables del calentamiento global. Actualmente, el reciclaje se ha visto como una solución para los problemas del ambiente que aumentan con el paso del tiempo; estos materiales recuperados son utilizados en muchos campos que pueden generar ingresos y trabajo. La mayoría de biomasa que se produce como residuo sólido denominado “basura orgánica” tiene como componente principal materia rica en carbón y nitrógeno que puede ser convertida en materia prima en diversos campos, en este caso, para el problema que atañe a este proyecto, la producción de humus de lombriz (6).

La lombricultura requiere grandes cantidades de alimento de origen orgánico, especialmente excremento para su alimentación y cría. Las lombrices consumen la materia orgánica y residuos producidos, aceleran su descomposición y modifica sus propiedades (7), contribuyendo a la disminución de residuos sólidos y transformando ese residuo final en un fertilizante natural para la agricultura. La implementación de esta práctica tiene un impacto positivo a nivel ambiental. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, considera necesario tener un

cambio en este aspecto implementando una economía circular. Actualmente, Colombia genera unos 11.6 millones de toneladas de basura de la cual es utilizada solo el 17% y, se calcula que solo en Bogotá, se producen unas 6308 toneladas de basura al día siendo uno de los mayores productores de desechos del país. Se estima que para el año 2030, si la situación continua con ese crecimiento exponencial, se presentará una emergencia sanitaria en la mayoría de las grandes ciudades (8) (9).

Vista así, esta problemática, la producción y utilización de humus de lombriz es una de las alternativas más amigables con el medio ambiente. Ahora bien, por ser una actividad que parece no representar importancia desde la agricultura y considerando que es muy difícil que los agricultores utilicen más estas alternativas orgánicas que los fertilizantes comerciales, no hay muchos estudios científicos sobre las ventajas frente a otros sustratos. Familias pequeñas que tienen este tipo de negocio a nivel poco tecnológico y en pequeña escala, podrían salir beneficiadas si se probara científicamente que el humus producido en una cría casera es más eficiente en cuanto a crecimiento y desarrollo que otro tipo de sustratos y que realmente no sería necesario el uso de fertilizantes químicos para obtener un buen producto.

En esta investigación que se presenta a continuación, se tuvo como objetivo evaluar el crecimiento y productividad de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) utilizando humus de lombriz roja californiana *Eisenia foetida* frente a otros dos sustratos, tierra y turba, utilizando la cría de lombriz propiedad de la investigadora, ubicada en Bogotá, Colombia., Colombia. Se espera con este estudio, demostrar que el uso de alternativas limpias con humus de lombriz, a cambio de agroquímicos, además de cuidar la microbiota del suelo fomenta los procesos biogeoquímicos que se llevan en él y podría implementarse como el fertilizante en cultivo de tomate.

Con los resultados obtenidos se espera recomendar su uso como suplemento porque previamente se ha probado que mejora el crecimiento supliendo las necesidades nutricionales del cultivo y promoviendo número de frutos, (7) el tamaño

de las plantas y la calidad del fruto ya que este incrementa el número de sólidos solubles y carbohidratos (10). Adicionalmente, es una alternativa bastante económica por lo que la materia prima utilizada son los desechos orgánicos que se producen diariamente.

2. OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el crecimiento y productividad de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum*) utilizando humus de lombriz roja californiana *Eisenia foetida* frente a otros dos sustratos, tierra y turba, utilizando la cría de lombriz propiedad de la investigadora, ubicada en Bogotá, Colombia.

ESPECÍFICOS

- Desarrollar la cría y obtención de humus de lombriz roja californiana propiedad de la investigadora
- Establecer la capacidad funcional de la bacterias encontradas en los sustratos utilizados al iniciar el experimento, para conocer el potencial microbiológico bacteriano con el que iniciaba cada sustrato
- Realizar bioensayos utilizando el humus obtenido junto con tierra y turba para establecer su efecto sobre el crecimiento y productividad del tomate (*Solanum lycopersicum*)
- Determinar si realmente el humus de lombriz roja californiana tiene un mejor efecto que otros sustratos comparando los resultados de los ensayos y relacionándola con la capacidad funcional de la microbiota bacteriana encontrada.

3. ANTECEDENTES

El vermicompost se ha utilizado desde tiempo atrás como abono orgánico para incrementar el crecimiento de las plantas y es producido a partir de residuos orgánicos como estiércol, biosólidos, papel y desechos de alimentos; al presentarse esta diversidad en los materiales utilizados, se podría pensar que hay variaciones en la calidad y componentes del humus, pero en estudios realizados han comprobado que esto no es lo que sucede.

Al respecto, Jiménez *et al*, hicieron un estudio en el 2012 realizando la comparación de tres humus producidos a partir de diferente material orgánico no encontraron varia en aspectos tales como el pH, características químicas y nutrientes que se encuentran de manera asimilable para las plantas (11).

Durán *et al*, realizaron un estudio en el 2010 en el cual enfrentaron diferentes concentraciones de humus de lombriz (Vermicompost) contra dos clases de suelos y confirmaron que aporta nutrientes fundamentales para el crecimiento de las plantas tales como Mg, P, K, Cu, aumentan la capacidad de cargas de los suelos, absorción de agua, acumulación de biomasa vegetal, acelera la germinación, desarrollo de raíces, hojas, flores, frutos y proporciona resistencia contra plagas y enfermedades. Finalmente, lograron concluir que el uso del humus totalmente puro puede tener efectos negativos en las plantas, por esta razón es mejor utilizar mezclas en proporciones no tan altas para un buen resultado (12).

Bachman *et al*, en el 2008 realizaron un estudio con uso de vermicompost a partir de estiércol de cerdo en los diferentes puntos del ciclo de producción de tomate, caléndula, pimiento y aciano (planta medicinal), en el cual se probó que al incrementar el vermicompost en todas las diferente fases de las plantas, aumenta su crecimiento (13).

Uno de los componentes que tiene el humus en mayor cantidad es el ácido húmico, que se relaciona con la fertilidad del suelo y se ha comprobado que en grandes cantidades, ayuda en el crecimiento de las plantas. Esto fue comprobado por Maji *et al*, en el 2017 compararon dos humus, uno normal y el otro rico en ácidos húmicos

y lograron comprobar que, aunque con los dos hay grandes beneficios, el humus rico en ácidos húmicos fue el que obtuvo mejores resultados dado que este tuvo mejor desempeño en aspectos como peso, altura de las plantas, biomasa, mayor cantidad de brotes, mejor respiración del suelo y una mayor biodiversidad de microorganismos (14).

Xiao *et al*, en el 2016 realizaron un estudio en el cual comprobaron que el uso de humus de lombriz como abono en la plantas logra un aumento de fenólicos, los cuales se han visto implicados en brindar a la planta resistencia a ciertos microorganismos y nematodos. Esto lo logra a nivel de la raíz brindándole la resistencia al ingreso de microorganismos permitiendo que haya menor tasa de enfermedades (15).

Díaz *et al*, realizaron una investigación en el 2004 en la que determinaron los efectos del lombricompost como sustrato, en aclimatación de plantas micropropagadas de caña de azúcar en condiciones de invernadero utilizando lombricompost obtenido a partir de la lombriz *Eisenia foetida* alimentada con estiércol bovino descompuesto; utilizaron diferentes concentraciones de humus de lombriz y comprobaron que el uso de humus como sustrato en diferentes concentraciones favorece el crecimiento de raíces y número de plantas (16).

Valenzuela *et al*, en 1997 evaluaron el crecimiento de plántulas de tomate en sustratos con diferentes proporciones de humus de lombriz en mezclas con suelo. Ellos observaron que a medida que se aumenta la proporción del lombricompost en la mezcla de los sustratos, se incrementa considerablemente el nitrógeno total, el fósforo extraíble, el potasio disponible y las sales solubles, además que valores cercanos al 20% de lombricompost en la mezcla con suelo son adecuados para la producción de plántulas. Al aumentar la proporción del lombricompost en la mezcla de los sustratos, incrementa marcadamente la materia orgánica los nutrientes evaluados y la conductividad eléctrica (17).

4. MARCO REFERENCIAL

La agricultura ha tenido un papel importante en todos los aspectos de la humanidad desde tiempo atrás, viéndose implicada en el desarrollo de las sociedades. Inició con las primeras civilizaciones que tenían cercanía con los grandes ríos y lagos, promoviendo la recolección de frutas y semillas (18) (19); actualmente, esta práctica se mantiene vigente produciendo el 95% de los alimentos del mundo, considerada como la principal fuente de ingresos en muchos países, llegando a ser más importante, que la industria del petróleo (19).

4.1 Tomate - *Solanum lycopersicum*

4.1.1 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Tipo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

4.1.2 Descripción

El tomate, es una planta perenne anual de porte arbustivo; se desarrolla de forma rastrera semierecta o erecta (Ver figura 1). Según el hábito de crecimiento, las variedades se dividen en determinadas e indeterminadas. Su fruto es buena fuente de vitamina A, B1, B2, B6, C y E, y de minerales como fósforo, potasio, magnesio,

manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio.

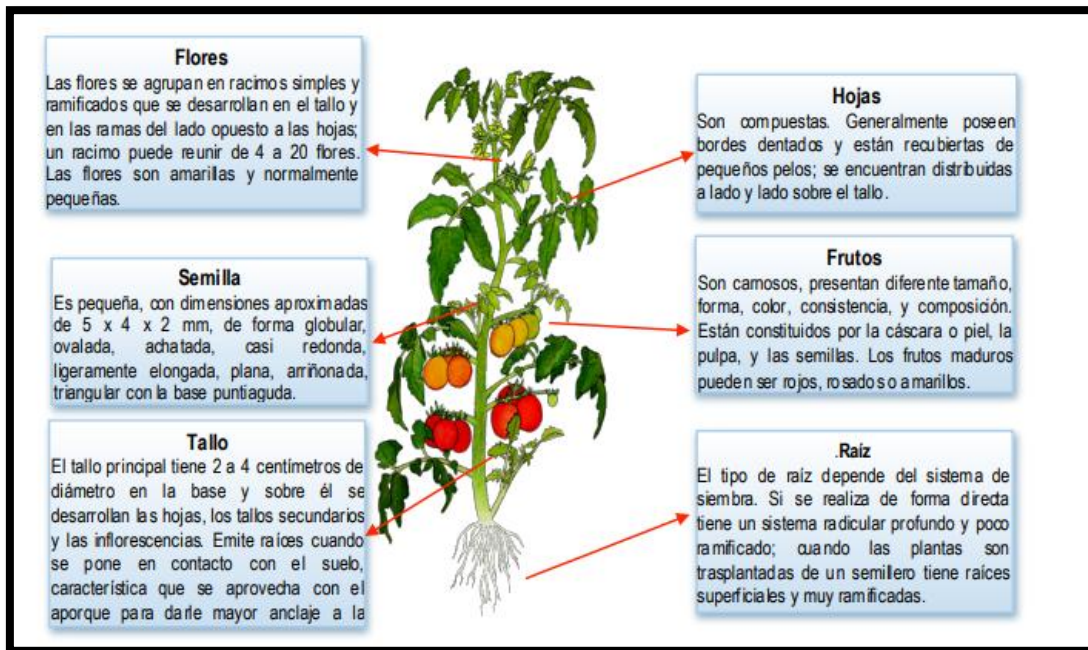


Figura 1 Descripción botánica y morfología del tomate. Tomado de Corpoica, 2007 (20)

Tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico. El aporte de cada 100 g de nutrientes del tomate en agua es del 93,5%. En cuanto a calorías es de 23 kcal, proporcionando al organismo la energía que necesita para realizar las actividades diarias (20).

Desde el punto de vista nutricional, la cantidad de aminoácidos del tomate se combinan para formar proteínas, las cuales son usadas por el humano para formar los músculos y también son necesarias para mantener la masa muscular (20). Por esta razón, es muy importante garantizar el crecimiento, desarrollo y producción de esta planta y cuidar su estado fitosanitario porque fácilmente puede ser atacado por gran cantidad de insectos plaga y microorganismos que le causan diferentes enfermedades, lo que deriva en pérdida de productos y de cultivos enteros. Algunas de estas enfermedades y plagas que afectan a la planta de tomate son: La mosca blanca del tabaco (*Bemisia tabaci*), las enfermedades virales transmitidas por la *B.*

tabaci, mosaico amarillo del tomate (21), el pasador del fruto (*Neoleucinodes elegantalis*) (22), polilla del tomate (*Tuta absoluta*) (23), entre otras.

Por otra parte, la aplicación continua de fertilizantes químicos conlleva a residualidad de sustancias en este alimento, que cambian incluso el olor y sabor del fruto. Por lo tanto deja de ser un producto natural inocuo a un producto contaminado que puede llegar a causar problemas en la salud de los individuos. Existen alternativas limpias y bajas en agroquímicos que pueden dar muy buenos resultados cuando se trata de producción (24).

4.1.3 Características organolépticas del tomate

Forma: Aunque la mayoría de los frutos son redondeados, su forma puede diferir según la variedad (esférica, alargada, periforme, etc.).

Tamaño y peso: Varía de los 3,0 centímetros (tomate cherry) hasta más de 10 centímetros (milano o larga vida); el peso varía entre 80 y 300 gramos.

Color: varía de verde a rojo, de acuerdo a la variedad y el grado de maduración.

Sabor: Generalmente su sabor es ligeramente ácido con un particular toque (20).

4.1.4 Desarrollo de la planta

El cultivo de tomate presenta varias etapas de desarrollo durante su crecimiento, las cuales difieren en cuanto a las necesidades de agua y nutriente frente al desarrollo mismo de la planta (20). Ellas son:

Establecimiento de la planta: El tomate es un cultivo que puede ser anual o perenne. Germina de cuatro a siete días después de sembrada la semilla. La raíz empieza a desarrollarse y comienza la formación de la parte aérea de la planta (20).

Crecimiento vegetativo: En este período la planta crece rápidamente, floreciendo y desarrollando frutos. Pasados 70 días, el desarrollo vegetativo es mínimo así como la acumulación de materia seca en hojas y tallos (20).

Floración y cuaja: La floración y cuaja empiezan alrededor de 20-40 días después del trasplante (dependiendo de la variedad, las condiciones medioambientales y el manejo del cultivo) y continúan durante el resto del ciclo de crecimiento. Con el fin de promover la cuaja, se realiza la polinización por medio de abejas, viento y aplicación de hormonas (auxinas) (20).

Desarrollo del fruto: La fruta empieza a desarrollarse y a crecer acumulando en este periodo la mayor cantidad de materia seca en la fruta a un ritmo relativamente estable (20).

Madurez fisiológica y cosecha: La madurez de la fruta se logra entre 80 a 120 días después del trasplante. La cosecha es permanente; sin embargo, se puede ver limitada por factores climáticos (heladas) o económicos (precio del tomate) (20).

En la figura 2 se puede observar el desarrollo fenológico de la planta de tomate.

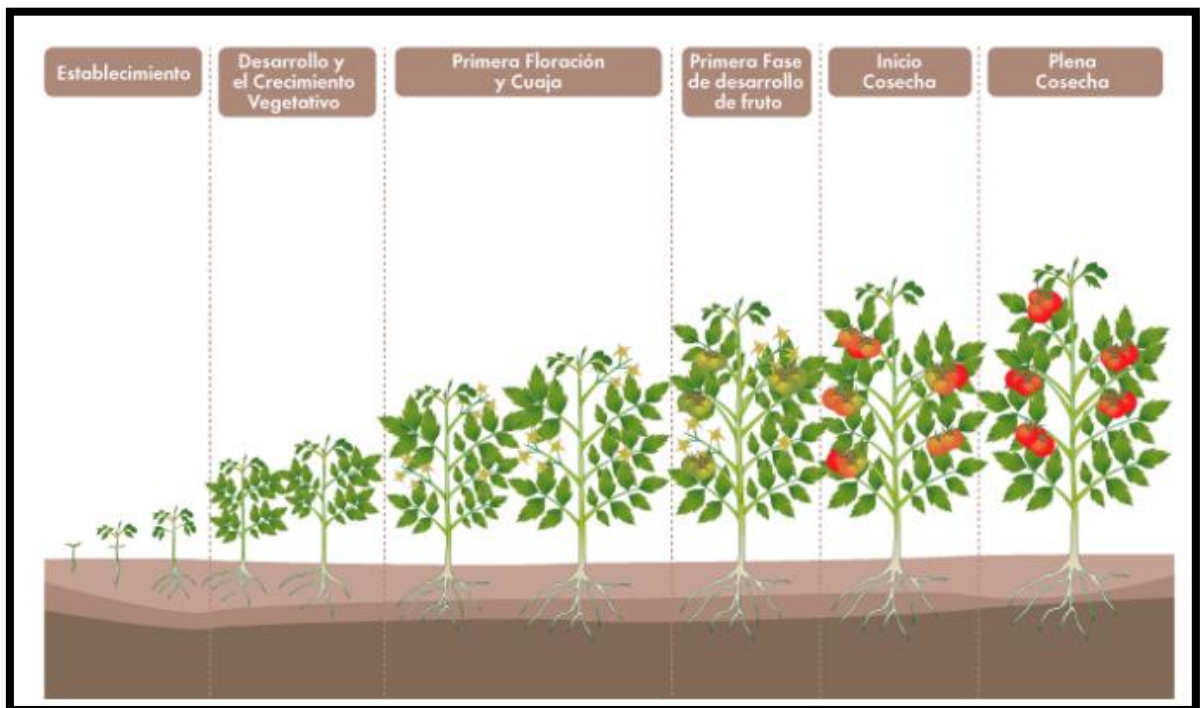


Figura 2 Ciclo fenológico del tomate. Tomado de cámara de comercio de Bogotá, 2015 (20)

Ilustración del proceso de crecimiento por fases de la planta de tomate desde la siembra hasta la plena cosecha, momento en el que los tomates se encuentran maduros y listos para recoger.

4.2 LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

4.2.1 Clasificación taxonómica

Reino: Animal

Tipo: Anélido

Clase: Oligoqueto

Orden: Opisthoro

Familia: Lumbricidae

Género: Eisenia

Especie: foetida. (25)

4.2.2 DESCRIPCION

“La lombriz roja californiana es una lombriz de tierra del género *Eisenia* especie *foetida* perteneciente a la familia Lumbricidae”; esta posee un cuerpo alargado y segmentado, tiene una porción más gruesa llamada clitelium que está relacionada con la reproducción (Véase Figura 3). Este tipo de organismo es hermafrodita, por lo cual es necesaria la cópula la cual ocurre cada 7 o 10 días (26) (27). Luego cada individuo coloca una cápsula de la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 10 a 21 días, dependiendo de los cuidados. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse (26).

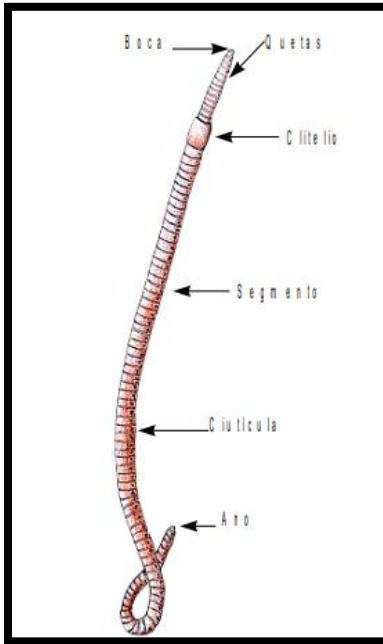


Figura 3 Partes de la lombriz. Tomada de Corpoica 1999 (28)

La lombriz habita en los primeros 50 cm del suelo, por lo cual es muy susceptible a cambios climáticos, es foto fóbica y los rayos ultravioleta las pueden perjudicar gravemente, otros factores que las pueden llegar a afectar es el exceso de humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Cuando la lombriz cava túneles en suelo blando y húmedo, succiona la tierra digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el ano la tierra (26); esto produce unos beneficios como facilitar el flujo de agua a través de los canales hechos por las lombrices al moverse por el suelo, el incremento del transporte de nutrientes hasta las capas profunda, facilitar la ruptura y mineralización de los desechos, promover la agregación del suelo, al igual las excretas de estas contienen gran cantidad de nitrógeno que le brindan al suelo y a las plantas para completar sus procesos (24).

Se dice que el uso y cuidado de la lombriz viene desde hace mucho tiempo, un claro ejemplo de esta actividad se dio con un Faraón del antiguo Egipto quien prohibió su exportación, ya que a estas se les atribuía la fertilidad del valle del Nilo (27). Otro

de los grandes exponentes de estas criaturas fue Aristóteles quien en su momento las llamo como “El intestino del mundo” (27). Darwin concluyó que las lombrices son las responsables del manto vegetativo, esto producto de su digestión (29). En tiempo más recientes hacia 1947 apareció el primer gran criador de lombrices Hugh Carter, otro gran criador es Ronald Caddie, quien es presidente de la sociedad más importante que se dedica a la crianza de lombrices. A estos dos últimos personajes y a muchos otros se les atribuye la aplicación de técnicas modernas de cultivo y sobre todo el haber visto la valiosa ayuda que pueden brindar estos animales a la recuperación y utilización de la materia orgánica (27).

Es conocida como lombriz roja californiana, ya que fueron seleccionadas en la década de los 50 en el estado de California por su corto ciclo reproductivo, elevada frecuencia de apareamiento, mayor longevidad, la gran capacidad en velocidad y volumen que posee para la fabricación de lombricompost entre otras características y hay mismo se implementaron los primeros criaderos (27). Estas lombrices poseen gran importancia en suelos productivos debido a la capacidad de descomposición de la materia orgánica que posee y a nivel mundial los agricultores relacionan la presencia de lombrices con la calidad del mismo (24).

Todo sistema biótico y abiótico tiene ventajas y desventajas. Se han reportado algunos efectos negativos como el incremento en la erosión del suelo por la remoción de la capa superficial, producción de excretas que pueden llevar al sellamiento de la superficie, transmisión de patógenos, aumento de la lixiviación y la desnitrificación. Particularmente, las lombrices son consideradas como una gran ayuda para el suelo y actualmente están trabajando para implementarlas en la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos (24). Por esta razón, se ha visto que la mejor opción para el uso de fertilizantes orgánicos es el humus de lombriz, también conocido como lombricompostado, vermicompost el cual es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o putrefacción (26).

4.3 Lombricultura

Es una técnica que consiste en la cría y producción de lombrices detritívoras esto quiere decir que son formadoras de humus, esta técnica ha tenido un importante desarrollo en los últimos años ya que tiene un amplio campo de aplicabilidad desde proteína animal hasta uso en el suelo. Este tipo de actividad tiene un impacto importante en el ambiente y se perfila como una importante actividad económica por el uso del material de desecho para transformarlo en productos finales de gran valor (30). Algunos de los productos que se pueden obtener y utilizar a partir de esta técnica son el humus, la carne y harina de lombriz. (26)

4.4 Humus de lombriz

El humus de lombriz en particular, es un fertilizante orgánico y ecológico, resultado de la transformación, por parte de las lombrices rojas de California, del compostaje procedente de estiércol natural ya fermentado varias veces, en humus directo e íntegramente asimilable por las plantas. Se trata de uno de los mejores abonos orgánicos que existen. Tiene un tamaño de partícula muy fino y rico en nutrientes, no tiene malos olores y tampoco excesos de humedad (26).

Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas. Produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el trasplante de los mismos. El vermicompost contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol de bovino (13). Es de color negruzco, granulado, homogéneo, y de un olor agradable, el cual posee una elevada carga microbiana lo cual contribuye a la protección de la raíz de bacterias y nematodos sobre todo. Produce además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico lo cual produce una estimulación del crecimiento y las funciones vitales de las plantas (31).

Es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico - químicas del suelo, su estructura, aumentando la retención hídrica, regulando el incremento y la actividad de los nitritos en el suelo, la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada, al igual que han identificado su uso da un aumento en las cosechas de diferentes productos en comparación con aquellas en las que es utilizado los fertilizantes químicos (31).

Además de todos estos beneficios, también se le atribuye la absorción de compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compactación natural o artificial, su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica, neutraliza la presencia de contaminantes (entre estos los fertilizantes químicos) debido a su actividad de absorción. También evita y combate la clorosis, aumenta la resistencia a las heladas y favorece la formación de micorrizas (32). Este vermicompost se ve afectado por la alimentación que tengas las lombrices ya que se ha visto que dependiendo de esta serán las concentraciones que posea de nutrientes.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 Tipo de investigación

Es un estudio mixto, descriptivo y experimental

5.2 Universo

Sustratos para agricultura

Plantas de la familia Solanaceas

5.3 Población

Sustratos sólidos para agricultura

Plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*)

5.4 Muestra

Humus de lombriz roja californiana

Treinta y ocho plantas de *Solanum lycopersicum*

5.5 HIPOTESIS, VARIABLE E INDICADORES

5.5.1 Hipótesis

El humus de lombriz *Eisenia foetida* como único sustrato para la siembra de plantas de tomate tiene un efecto mayor en el crecimiento de las plantas de tomate en comparación con las que poseen mezclas o con otros sustratos.

5.5.2 Variable

5.5.2.1 Independiente

Cría de lombriz roja californiana

Humus de lombriz

Mezcla de humus de lombriz con turba

Mezcla de humus de lombriz con tierra

5.5.2.2 Dependiente

Desarrollo de la planta en tres tiempos

Producción del fruto del tomate

Característica funcional de la microbiota bacteriana

5.6 Indicadores

Altura de la planta del tomate

Número de hojas

Número de tomates

Peso del tomate

Contorno del tomate

5.7. TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS

5.7.1 Fase 1: Obtención de la lombriz y cría de la lombriz roja californiana para la obtención de humus

1. Se realizó la compra de un pie de cría de un kilogramo de lombriz roja californiana a la empresa Lombricompost E.U, empresa certificada en Bogotá, Colombia.
2. Se realizó el montaje de los criaderos de acuerdo con las especificaciones establecidas en el manual de lombricultura entregado por la empresa Lombricompost EU.
3. Se utilizaron 4 cajones o canastas de 60cm de largo x 40 cm de ancho x 23 cm de fondo (Ver figura 4).



Figura 4 Cajones - canastas para la instalación de la cría. Autora, 2019.
Parte interna y trasera de las canastas utilizadas para la cría de lombriz

4. A tres de las canastas se les hicieron perforaciones en la *base* con ayuda de un taladro, para facilitar el flujo de agua y la caída de lixiviados. Fueron colocadas una sobre otra. A la cuarta canasta, que fue colocada en la base de la torre no se le hicieron perforaciones, porque fue en la que se recolectó el humus líquido. Ver figura 5.



Figura 5 Procedimiento para realizar las perforaciones. Autora, 2019

5. En las cajas donde iba a realizarse la cría de lombriz, se colocó una base de materia vegetal seca (Hojas, pasto, musgo), seguido de una capa de tierra cubriendo la primera capa de materia vegetal, después se agregó la capa de

desechos orgánicos picados (cascaras de papa, zanahoria, mango, manzana, pedazos de lechuga, espinaca, entre otros desechos orgánicos, teniendo cuidado de no utilizar cebolla, ajo o cítricos). Posteriormente, se colocó otra capa de tierra para cubrir los desechos y finalmente se agregó una porción de lombrices, esto se repitió tantas veces como fue necesario para llenar la totalidad de la canasta y se realizó en las tres canastas, dispuestas para ello, como se observa en las figura 6.



Figura 6 Alistamiento del material para la cría de lombriz roja californiana. Autora, 2019

6. Las canastas se apilaron de manera que la base fuera aquella que no tenía huecos y se ubicaron en un lugar aireado, en el cual no ingresara el sol directamente, como se observa en la figura 7.
7. Finalmente, se cubrió la primera canasta al igual que el frente de la pila para evitar el calor.



Figura 7 Disposición en torre de la cría de la lombriz roja californiana. Autora, 2019
Ubicadas en Bosa el recreo (Santa Mónica I), 4°38'03.3"N 74°12'04.7"W

5.7.2 Fase 2: Obtención del humus producido por las lombrices

1. Para mantener la cría, fue necesario adicionar periódicamente un promedio de 100g, desechos que se recolectaban de la labor culinaria de la casa de la investigadora. Una vez fraccionados los desechos, se cubrían con tierra, para evitar la presencia de mosquitos, como se observa en la figura 8.



Figura 8 Fraccionamiento de los desechos de cocina. Autora, 2019

2. El humus sólido se obtuvo después de 5 meses, iniciada la puesta en marcha de la cría, para obtener una buena cantidad de humus. Se retiró la parte donde ya habían sido procesados los desechos y estaba solo el humus. Si se encontraba alguna lombriz, era retirada. El humus se separó de la mezcla y se dejó secar al sol por 24 horas para su posterior uso.

5.7.3 Fase 3: Estudio de la capacidad funcional de la microbiota bacteriana de los sustratos utilizados al inicio del experimento

Para el estudio funcional de los sustratos que se iban a utilizar en el ensayo, se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se realizó compra de medio bulto de turba en Paloquemao y medio bulto de tierra en abastos.

2. Se colocaron 500 gramos de los tres sustratos, humus, tierra y turba en bolsas ziploc de media libra y se llevaron a los laboratorios de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca para el estudio microbiológico (ver figura 9).



Figura 9 Sustratos humus, turba y tierra para pruebas funcionales. Autora, 2019.

3. Se pesó 1,0 gramo de la muestra de humus, tierra y turba y se realizaron 4 diluciones en 9 ml de agua peptonada. La mezcla se realizó por 10 minutos (Ver figura 10).

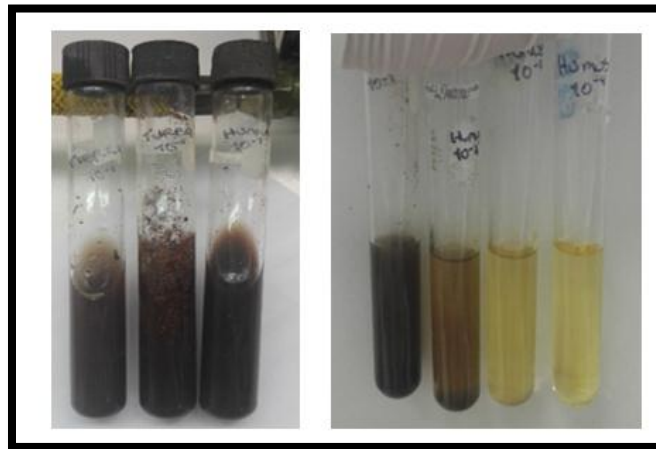


Figura 10 . Preparación 4 de diluciones en base 10 de los sustratos. Autora, 2019.

4. Se colocaron 100 ul de las diluciones 10⁻³ y 10⁻⁴ de cada uno de los sustratos en agar Rosa de Bengala, agar PDA, agar sabouraud dextrosa y agar BHI. Se incubaron entre 28 y 30°C y se hicieron lecturas a las 24 a 48 horas para bacterias y entre 5 y 8 días para hongos Ver figura 11.

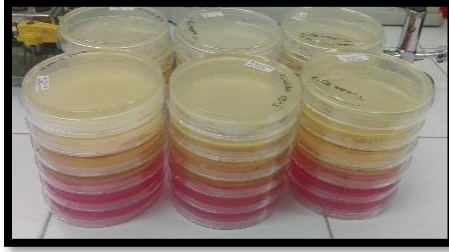


Figura 11 Medios listos para incubación. Autora, 2019.

5. Se realizó un conteo de las UFC/ml en cada uno de los medios, se realizaron coloraciones de Gram y azul de lactofenol y se aislaron en nuevos medios de cultivo según la morfología encontrada, en agar PDA, agar BHI y agar Sabouraud, para el estudio funcional (Ver figura 12).

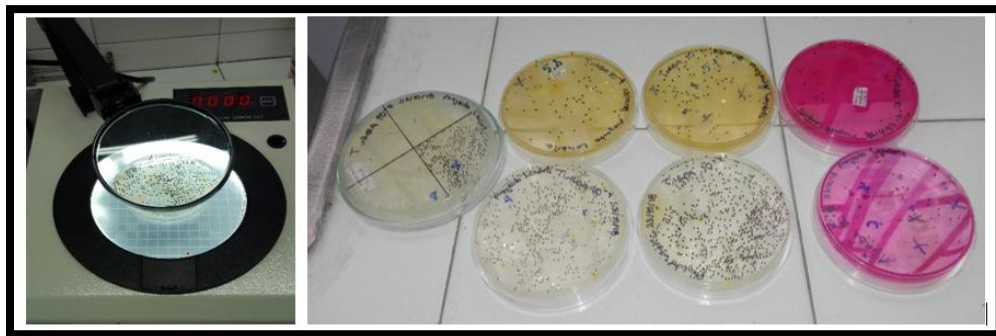


Figura 12 Conteo de UFC/ml por medio de cultivo. Autora, 2019.

6. Se evaluaron las siguientes capacidades funcionales a la microbiota bacteriana aislada:

6.1. Solubilización de fosfato

- Sembrar en el agar pikovskaya por agotamiento y en duplicado
- Incubar a 28°C por 24 a 48 horas para bacterias
- Observar el crecimiento en el agar

6.2. Fijación del nitrógeno

- Sembrar en el medio de cultivo Ashby por agotamiento y en duplicado
- Incubar a 28°C por 24 a 48 horas para bacterias
- Observar el crecimiento en el agar

6.3. Nitrificación

- Sembrar en el Agar asparagina por agotamiento y en duplicado
- Incubar a 28°C por 24 a 48 horas para bacterias
- Observar crecimiento en el agar

6.4. Actividad amilolítica

- Sembrar en el Agar almidón por agotamiento y en duplicado
- Incubar a 28°C por 24 a 48 horas para bacterias
- Adicionar el Lugol 1% a la caja por 15 minutos. Retirar el exceso
- Observar presencia de halo alrededor de las colonias

6.5. Actividad Proteolítica

- Sembrar en el Agar leche al 1%
- Incubar 28°C por 24 a 48 horas para bacterias
- Observar halo de inhibición alrededor de las colonias

5.7.4 Fase 4. Realización de Bioensayos con plantas de tomate

Preparación de los sustratos y tratamientos

1. Se realizó la compra de 38 plántulas de tomate de 28 días de edad, a partir de la germinación, en el Centro de Biosistemas de la universidad Jorge Tadeo Lozano.
2. El químico utilizado en los controles fue Triple 15 Marca Abonagro Ltda.
3. El biológico fue BACTHON sc®
4. Se establecieron los experimentos – tratamientos, los cuales se describen en la Tabla 1.

Tabla 1 Experimentos – Tratamientos establecidos para los bioensayos

CODIGO TRATAMIENTO	TRATAMIENTO
TTO 0	CONTROL NEGATIVO – TIERRA ESTERIL
TTO 1	CONTROL POSITIVO - TIERRA + QUIMICO
TTO 2	CONTROL POSITIVO - TIERRA + BIOLOGICO
TTO 3	CONTROL POSITIVO – TURBA + QUIMICO
TTO 4	CONTROL POSITIVO – TURBA + BIOLOGICO
TTO 5	CONTROL POSITIVO - HUMUS + QUIMICO
TTO 6	CONTROL POSITIVO - HUMUS + BIOLOGICO
TTO 7	HUMUS 100%
TTO 8	TURBA 100%
TTO 9	TIERRA 100%
TTO 10	HUMUS 75% TIERRA 25%
TTO 11	HUMUS 75% TURBA 25%
TTO 12	TURBA 75% HUMUS 25%
TTO 13	TURBA 75% TIERRA 25%
TTO 14	TIERRA 75% TURBA 25%
TTO 15	TIERRA 75% HUMUS 25%
TTO 16	HUMUS 50% TIERRA 50%
TTO 17	HUMUS 50% TURBA 50%
TTO 18	TURBA 50% TIERRA 50%
TTO 19	HUMUS 50% TURBA 25% TIERRA 25%
TTO 20	TURBA 50% HUMUS 25% TIERRA 25%
TTO 21	TIERRA 50% HUMUS 25% TURBA 25%

5. Se pesaron 500 gr de cada sustrato solo y las mezclas también fueron llevadas a 500 gramos (Ver figura 13).



Figura 13 Pesaje de los sustratos y las mezclas para el bioensayo. Autora 2019.

Estudio del crecimiento y producción de las plantas sembradas

1. Se realizaron evaluaciones de altura y número de hojas en 4 momentos de desarrollo y crecimientos de la planta, cada 2 meses, así:

Tiempo 0: inicio del experimento (2 de septiembre 2018);

Tiempo 1: 2 meses a partir del inicio del experimento (2 de noviembre de 2018)

Tiempo 2: 4 meses a partir del experimento (2 de enero de 2019)

Tiempo 3: 6 meses a partir del experimento (3 de marzo de 2019)

2. Igualmente en las mismas fechas, se evaluó la producción o fructificación con los siguientes parámetros: peso, conteo y medición del contorno de los frutos.

3. Adicionalmente, se controló la fitosanidad y variables inesperadas que pudieran intervenir en los experimentos.

Como el seguimiento a las características de las mismas, enfermedades y otras variables que se puedan presentar.



Figura 14 Estudio del crecimiento y producción de las plantas de tomate sembradas. Autora, 2019.

Primera imagen plántula completa sin sembrar y la segunda imagen corresponde ya a la planta de tomate sembrada con su respectivo tratamiento

6. RESULTADOS

Obtención del humus producido por las lombrices

En la figura 15 se observa el humus antes y después del secado al sol



Figura 15 Humus antes y después del secado al sol. Autora, 2019

Recuento de Unidades formadoras de colonias en los tres medios de cultivo utilizados: agar PDA, agar BHI y agar Sabouraud.

En la tabla 2 se observan las Unidades Formadoras de Colonias encontradas en los sustratos Humus, Tierra y Turba.

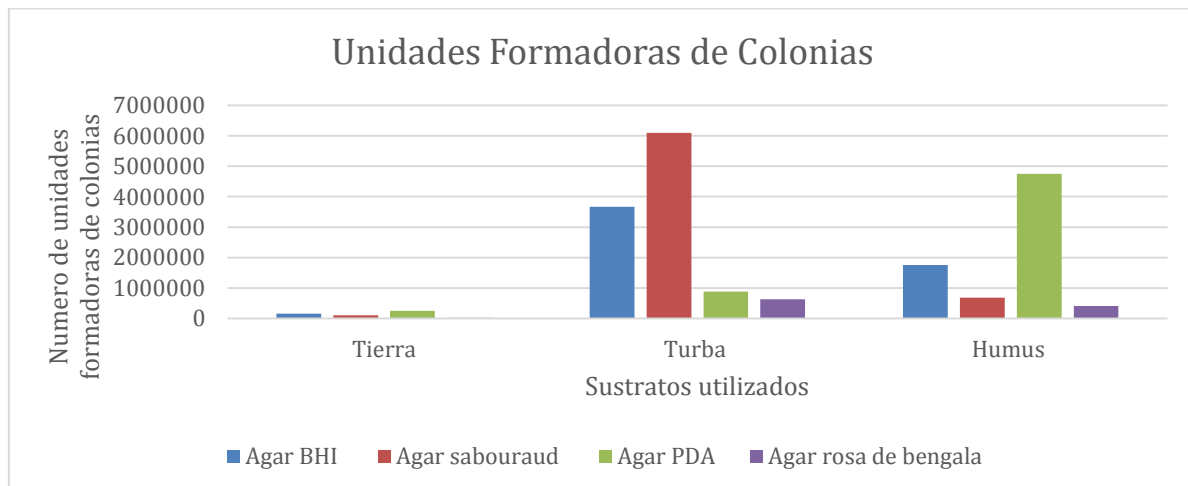


Figura 16 Unidades formadoras de colonias. Autora 2019.

Se presentan las unidades formadoras de colonia por sustrato utilizado en el experimento, realizando el conteo por agares tales como BHI (Azul), Sabouraud (rojo), PDA (verde) y Rosa de bengala (morado). En la gráfica se logra evidenciar que la mayor cantidad de UFC se encuentra en la turba en agar sabouraud, BHI y en el humus a nivel de PDA

Capacidad funcional de la microbiota bacteriana

Primer aislamiento de microbiota a partir de los diferentes sustratos. Ver figura 16.

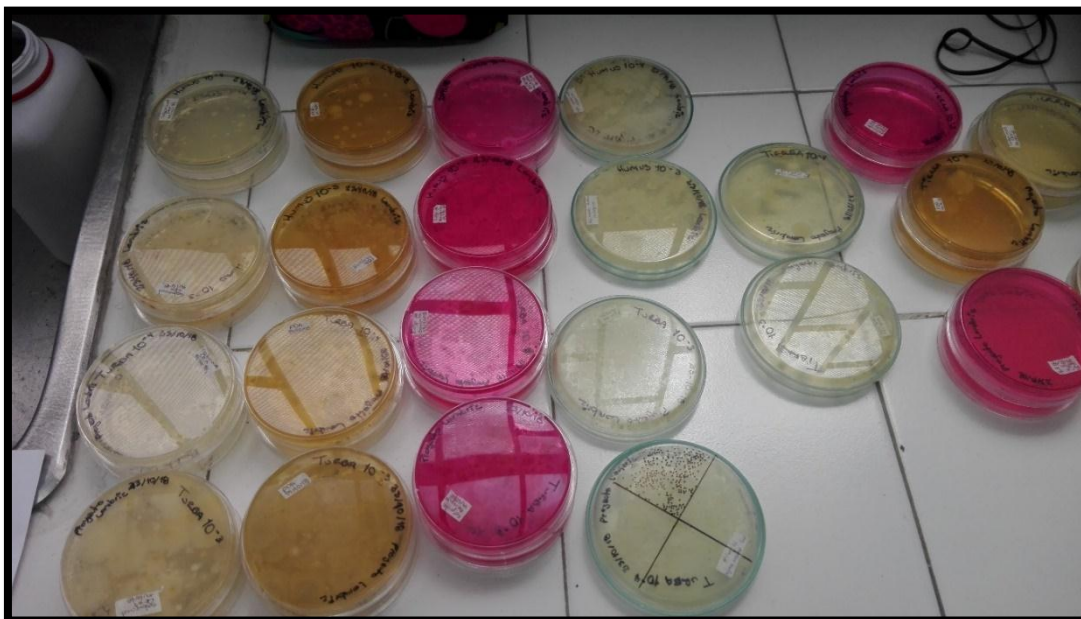


Figura 17 Aislamiento inicial a partir de los tres sustratos en los tres medios de cultivo, agar PDA, agar BHI, agar Sabouraud y agar Rosa de Bengala . Autora, 2019

Pruebas funcionales

A continuación, se presenta en la tabla 2, los resultados obtenidos en términos de crecimiento de las pruebas funcionales realizadas.

Tabla 2 Resultados de las pruebas funcionales en términos de crecimiento

Aislamiento	Solubilización de fosfato	Fijación de nitrógeno	Nitrificación	Actividad amilolítica	Actividad Proteolítica
TiDiI3 – 01	+++	++	+	-	-
TiDiI3 – 02	-	-	-	-	-
TiDiI3 – 03	-	-	+++	-	-
TiDiI3 – 04	-	-	-	-	-
TiDiI3 – 05	-	++	++	-	-
TiDiI3 – 06	-	-	+++	-	-
TiDiI3 – 07	-	++	+++	-	-
TiDiI3 – 08	+++	+	+++	-	-
TiDiI3 – 09	+++	-	+++	-	-

Aislamiento	Solubilización de fosfato	Fijación de nitrógeno	Nitrificación	Actividad amilolítica	Actividad Proteolítica
TiDi4 – 01	+	+	+++	-	-
TiDi4 – 02	+	+++	+++	+	+
HuDi3 – 01	++	+++	+++	+	+
HuDi3 – 02	+++	+++	+++	+++	+++
HuDi4 – 01	+	+	++	-	-
TuDi3 – 01	+	-	+++	-	-
TuDi3 – 02	++	+++	+++	-	+
TuDi3 – 03	+++	++	+++	+	-
TuDi3 – 04	+++	+++	+++	+++	+++
TuDi4 – 01	+++	++	+++	+	+

Crecimiento: +: poco crecimiento. ++: Crecimiento intermedio. +++: Crecimiento abundante.

Ti: Tierra; Hu: Humus; Tu: Turba.

Las bacterias con mejores características funcionales se presentaron en Humus y Turba. (Morados)

Bioensayos con plantas de tomate

A continuación se presentan las gráficas de los resultados obtenidos en las variables altura y hojas de todos los tratamientos, en el estudio de desarrollo y crecimiento. Ver figuras 17, 18, 19 y 20

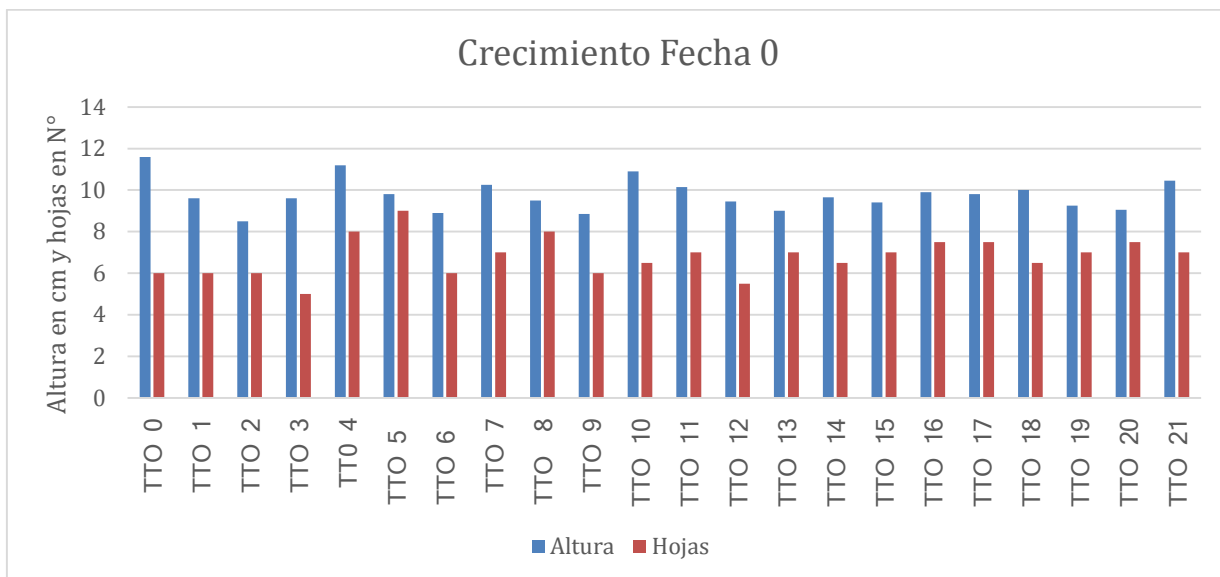


Figura 18 Valores de altura y hojas en el Tiempo 0. Inicio del ensayo. A autora, 2019.

Medidas iniciales de las plantas a nivel de altura y número de hojas, se ven valores muy cercanos ya que se tenían plántulas de los mismos días de germinación.

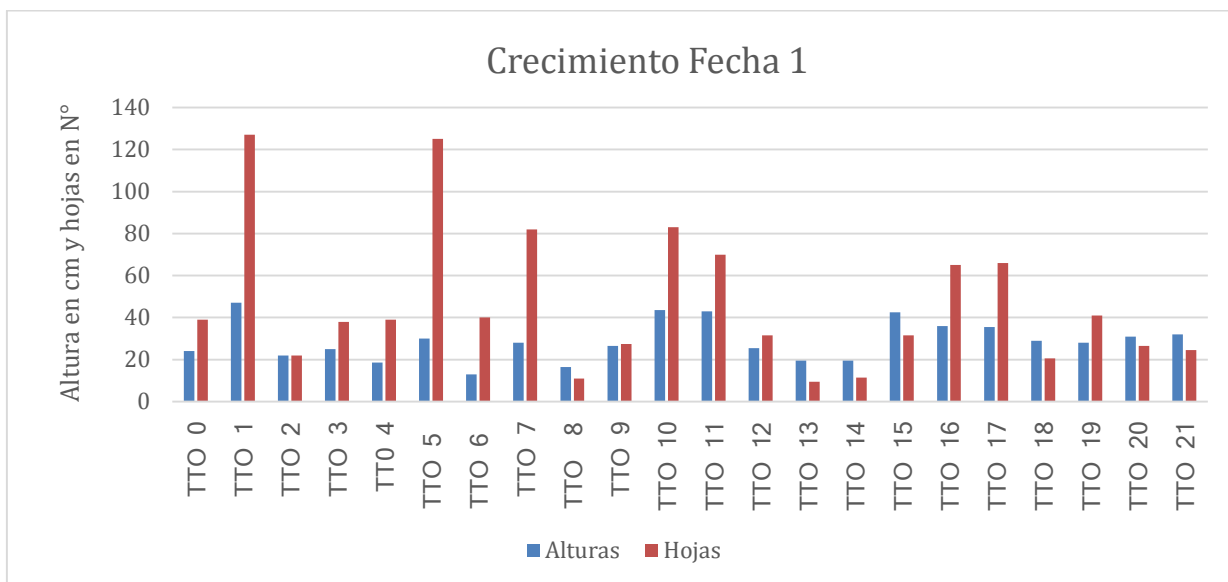


Figura 19 Valores de altura y hojas en el Tiempo 1. Noviembre 2 del 2018. A autora, 2019.

Se observan los datos obtenidos a partir de la primera fecha de seguimiento, se da el mayor aumento en el número de hojas en los controles tierra + químico (TTO1) y humus + químico (TTO5). A nivel de ensayos se ve el mayor aumento de hojas a nivel de TTO 7 (Humus 100%), TTO 10 (humus 75% + tierra 25%) y TTO 11 (humus 75% + turba 25%), estos dos últimos tratamientos tienen tendencia de aumento en altura en comparación con los otros tratamientos e igualando el control TTO1.

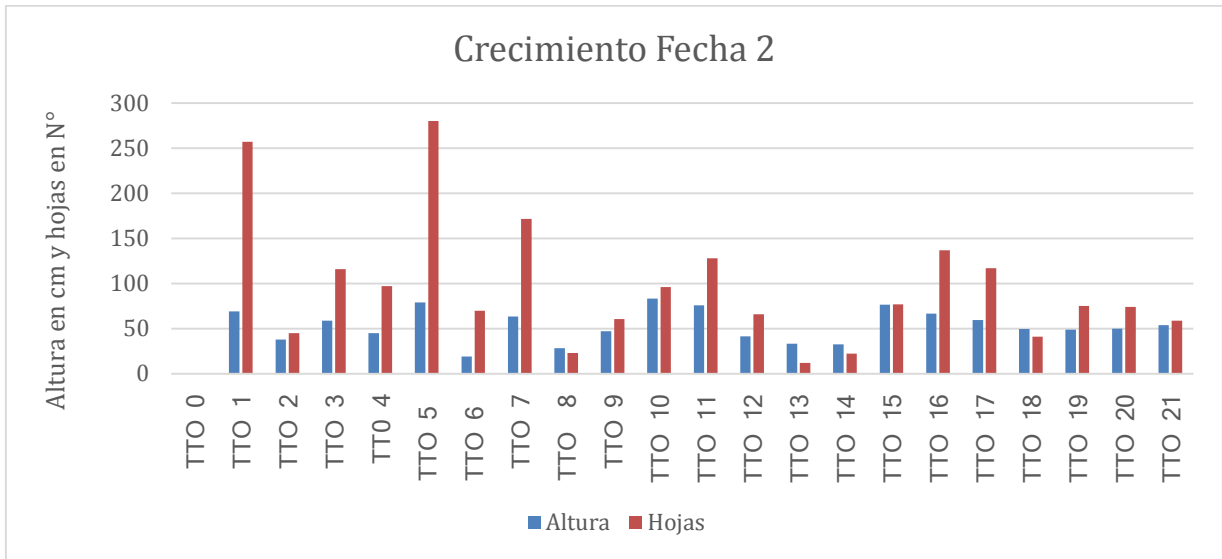


Figura 20 Valores de altura y hojas en el Tiempo 2. Enero 2 de 2019. Autora, 2019.

Se evidencia la falta de datos del TTO 0 (Control negativo), esto a causa de su marchitez y muerte. Se presenta un aumento en el número de hojas en general, se sigue manteniendo la prevaencia a nivel del TTO 1 y 5, persiste el aumento en el tratamiento 7 principalmente y en segundo nivel se encuentran TTO 11 (humus 75% + turba 25) y TTO 16 (humus 50% + tierra 50%), continua la tendencia a nivel de altura con el TTO 10.

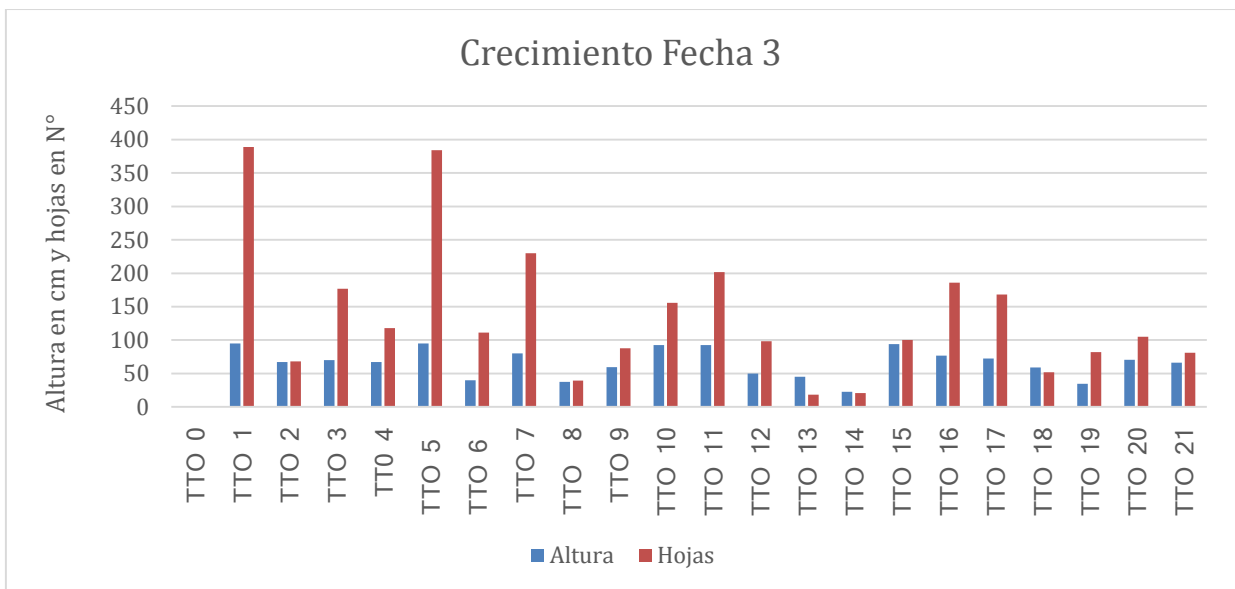


Figura 21 Valores de altura y hojas en el Tiempo 3. Marzo 3 de 2019. Autora, 2019

Continúa la tendencia que se presentó las otras fechas de medición ya que se mantienen los controles 1 y 5. En tratamientos el mejor resultados en número de hojas fue el humus 100% (TTO 7) y en altura fue el TTO 15 (tierra 75% + humus 25%).

A continuación, se presentan las gráficas de los resultados obtenidos en las variables peso, número y tamaño (Contorno) de todos los tratamientos, en el estudio de producción. Ver figuras 21, 22, 23, 24 y 25

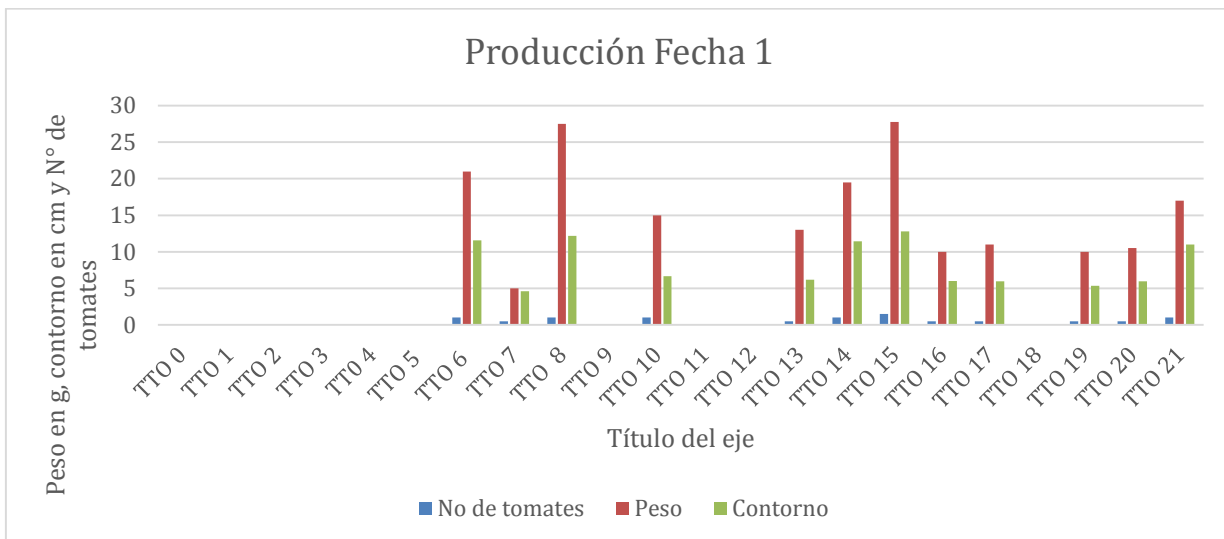


Figura 22 Valores de peso, número y contorno de tomates en el Tiempo 1. Noviembre 2 del 2018. Autora, 2019.

Se observan los criterios evaluados en relación con los tomates que fueron número, contorno y peso. En número de tomates no se ven diferencias significativas, en peso y contorno los mejores están entre el TTO 8 (Turba 100%) y TTO 15 (tierra 75% + humus 25%). Vale aclarar que estos datos son de la producción dada en la primera fecha únicamente.

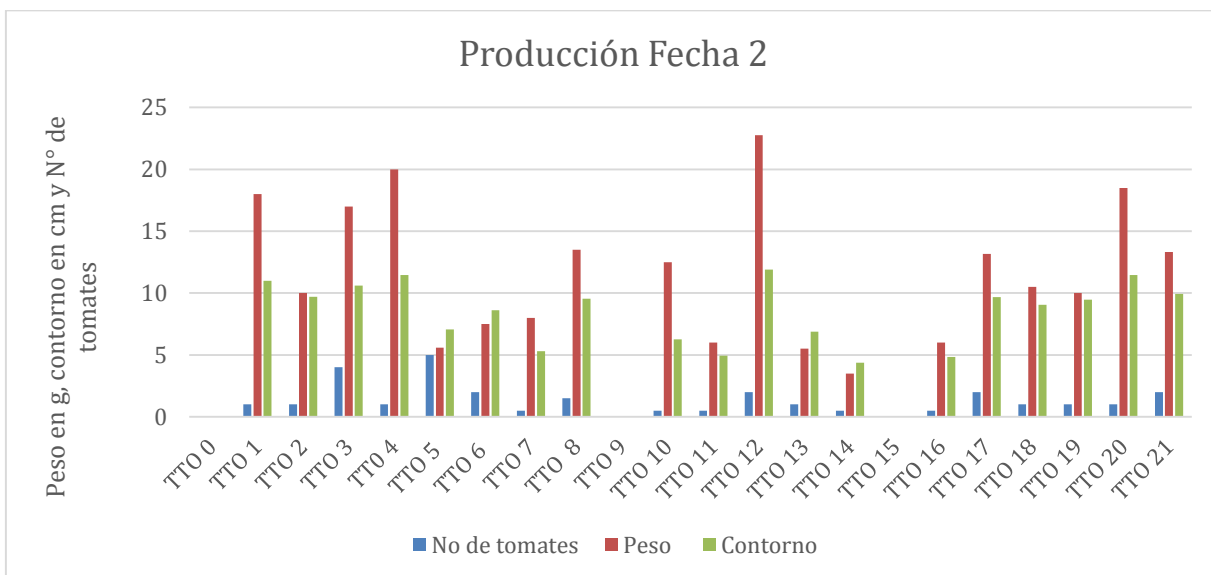


Figura 23 Valores de peso, número y contorno de tomates en el Tiempo 2. Enero 2 de 2019. Autora, 2019

Se observa la producción de la fecha dos ya mucho mayor en comparación a la primera, el tratamiento de mayor eficacia fue el TTO 12 (turba 75% + humus 25%) en los tres criterios evaluados

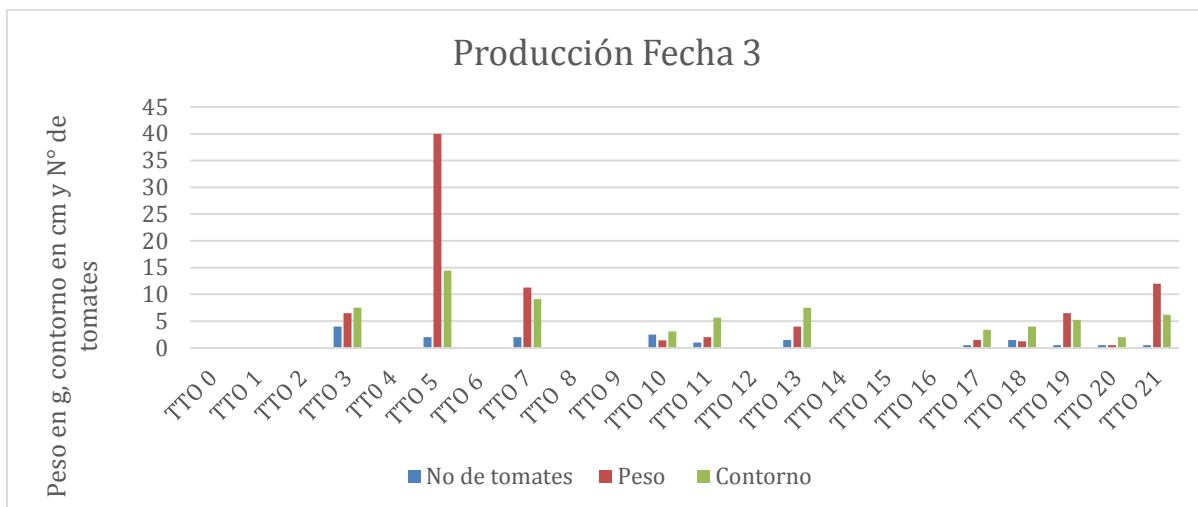


Figura 24 Valores de peso, número y contorno de tomates en el Tiempo 3. Marzo 3 de 2019. Autora, 2019

Se ve una menor producción ya en la última fecha de mediciones, dando resultados muy bajos excepto en el control 5 (humus + químico).

A continuación se presenta el total de la producción al finalizar el ensayo. Se puede observar que el tratamiento 12 tiene el mejor comportamiento en peso y contorno, pero en número el mejor tratamiento es el 10.

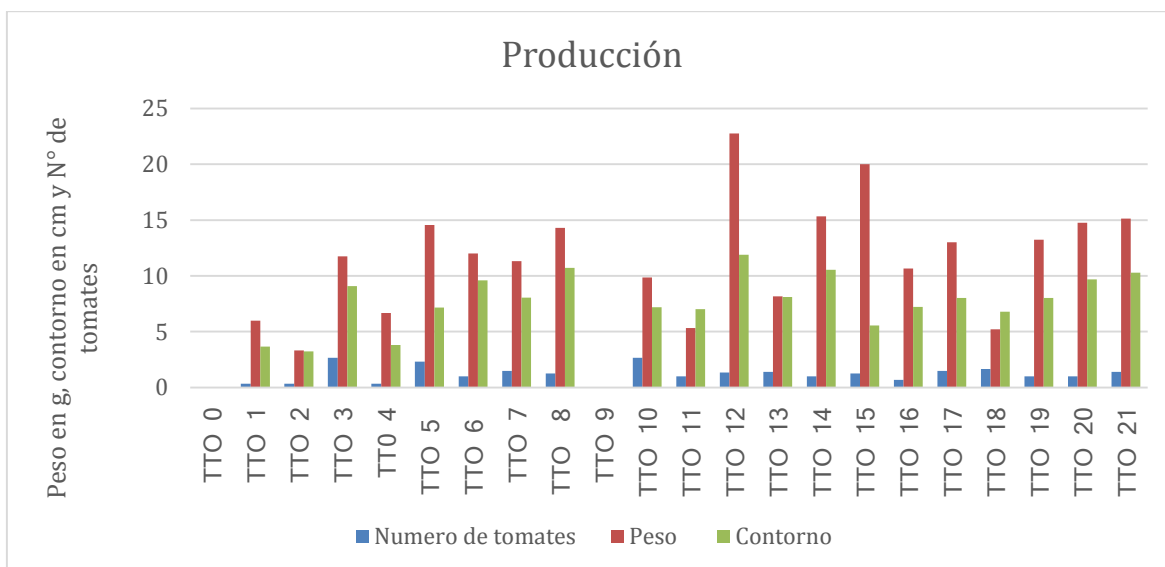


Figura 25 Total de la producción en todos los tratamientos. Autora, 2019

Se observan los datos obtenidos de la producción total presentada en las tres fechas de medición, se logra evidenciar los mejores resultados a nivel de peso y contorno en el TTO 12 (turba 75% + humus 25%). Con referencia a número de tomates no se ven diferencias significativas pero el que obtuvo mayor producción en número fue el TTO 10 (humus 75% + tierra 25%).

7. DISCUSIÓN

El humus de lombriz es considerado un fertilizante orgánico que resulta del proceso de digestión y transformación que realizan las lombrices, este sustrato se prefiere porque se ha visto que sirve de sostén a la planta, permite el intercambio de aire, facilita la absorción de agua por las raíces y el drenaje, favorece la nutrición y en consecuencia, el crecimiento de la planta, por estas razones fue que se escogió el humus de lombriz como sustrato para este experimento.

El humus se obtuvo a partir de los primeros tres meses después de la puesta de los criadero, este tiempo de obtención se ve descrito por García, y colaboradores en su artículo “Obtención de humus y lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) a partir de residuales porcinos y desechos de la industria azucarera (33) y aunque los investigadores utilizaron de materia prima estiércol a diferencia de lo utilizado por la investigadora, siendo exclusivamente materia orgánica no se han encontrado diferencias en el tiempo de obtención del humus esto se ve reflejado por Cuellar *et al*, en su investigación sobre “Efectos biológicos de derivados del humus de lombriz sobre la producción de humus de lombriz a partir de subproductos de cosecha del plátano (*Musa spp.*) y cachaza”, quienes además de describir un tiempo de obtención igual a los tres meses, llegaron a las conclusión de que el uso de cierto tipo de materia vegetal aumento el número de lombrices lo cual aumentaría la cantidad de humus y disminuiría el tiempo de obtención del mismo (34).

Los resultados obtenidos a partir de los bioensayos demuestran que el uso del humus como abono ayuda en el crecimiento de las plantas de tomate pero no al nivel que se pensaba, esperando que fuera el mejor resultado en el momento en que se utiliza el humus como sustrato único, se vio que contrario a lo que expusieron Durán y Henríquez, en su artículo “El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta”, el uso del 100% de humus no presentó efectos negativos, por el contrario tuvo mejoras a nivel del desarrollo general de la planta. Sin embargo, basados en estos resultados, se comprobó que

efectivamente, como lo afirman los autores, la mejor manera de utilizar el humus es en mezclas con otros sustratos, permitiendo así obtener la estabilidad del sustrato acompañante y los nutrientes aportados por el humus (12).

El crecimiento de las plantas de tomate es de gran importancia pero más que altura necesita es número de hojas que promuevan la fotosíntesis y por supuesto, para que en el momento de fructificación se obtenga un buen número de tomates con un peso que le de valor. Este aumento de hojas se vio favorecido por el uso exclusivo de humus, lo que se puede comparar con un estudio hecho por Borges et al, en el 2014 quienes utilizando aplicaciones de humus líquido lograron aumentar la biomasa aérea (35), aclarando que aunque en este experimento se utilizó humus sólido, el líquido es derivado de este al ser un lixiviado y estaría afirmando que el humus de lombriz mejora las propiedades del suelo. Al respecto, un trabajo realizado en el año 2019 en China, prueba como se mejoran las propiedades del suelo y la respuesta química de la planta al ataque por Trips (36).

Se puede observar a partir de los resultados obtenidos que si bien, para cada parámetro se obtuvieron los mejores resultados con diferente tratamiento; hay un factor común y es que todos tenían humus en diversas concentraciones. El uso del humus al mezclarse con otros sustratos, hace los aportes necesarios para que la producción mejore. Al respecto, Moreno y cols, comprobaron que el uso del humus de lombriz mostró un alto rendimiento en las variables evaluadas en relación con el crecimiento de la planta y su producción, debido a que le suministra los nutrientes necesarios para su crecimiento (7). Por otro lado Durán y Henríquez establecieron que el uso del humus no solo aporta nutrientes fundamentales para el crecimiento de la planta tales como N y P, sino también se mejora la capacidad de carga de los suelos, el nivel de agua necesarios para las plantas, aumenta la acumulación de biomasa vegetal, acelera la germinación, desarrollo de raíces, hojas, flores, frutos y proporciona resistencia contra plagas y enfermedades, esto se ve reflejado en el experimento que se realizó ya que se vio que efectivamente el uso de humus aumento su crecimiento y aquellas plantas a las que se le implemento el humus no

tuvo presencia de enfermedades ni plagas como la mosca blanca que se encontró en gran cantidad en las plantas control con fertilizante químico. Esto se puede ver reflejado en un estudio hecho por Rodriguez et al en el 2006 en donde vieron que con la implementación de mezclas de humus con agua aplicadas en el tejido foliar lograban disminuir la presencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) entre 02-0,5 (37). Al igual esta actividad de protección se ve soportada con el uso de los microorganismos presentes en el humus para el control de la araña roja (38).

En los resultados relacionados con el recuento de microorganismos se encontraron recuentos altos en turba y humus, lo cual permite relacionar los resultados de crecimiento de la planta y producción con la microbiota encontrada, por cuanto, además los microorganismos con mejor funcionalidad, fueron los encontrados en humus y turba, como se observa en la tabla 3. Al respecto, Zhao y colaboradores encontraron que el vermicompost facilitaban las funciones de los microorganismos del suelo en un cultivo de tomate. En este trabajo se realizaron conteos de bacterias, actinomicetos y hongos, así como su diversidad funcional (39). Los conteos obtenidos por estos investigadores, son comparables con los obtenidos en esta investigación.

Los resultados obtenidos en este estudio, permiten afirmar que si bien el humus de lombriz no es la panacea, si tiene propiedades químicas y biológicas que le adjudican un alto valor como nutriente alternativo, para combinar y mejorar suelos, y, hacer parte de un manejo integrado de cultivos junto con un tratamiento químico bajo que no genere tanto daño ambiental y al ser humano, sin olvidar otras alternativas limpias como los controles culturales, físicos y con microorganismos que pueden significar una sostenibilidad del suelo en el tiempo para todo tipo de cultivos.

CONCLUSIONES

- Se desarrolló una cría de lombriz casera que constituye una alternativa fácil y económica que podría implementarse o combinarse tanto en cultivos grandes como en pequeñas huertas
- Se pudo determinar la capacidad funcional de la microbiota aislada tanto del humus como de los otros sustratos con los que se realizó la comparación, encontrando una funcionalidad interesante tanto en humus como en turba. Cuatro microorganismos fueron capaces de cubrir todas las necesidades funcionales que requiere la planta para su crecimiento y desarrollo.
- El uso de humus como abono es una muy buena alternativa para implementar como abono orgánico en todo tipo de cultivo, pero es recomendado que se utilice preferiblemente en mezclas con otros sustratos, para mejorar los resultados en crecimiento y productividad.
- Humus, turba y tierra son sustratos que por sí solos presentan ventajas. Sin embargo, los resultados demostraron que no hay soluciones únicas en la agricultura, sino que es necesario tener la mente abierta para implementar procesos nuevos siempre pensando en la sostenibilidad y el buen manejo del uso del recurso natural “suelo” tan maltratado por los agricultores.

REFERENCIAS

1. Santiago J, Mendoza M, Borrego F. Evaluación de tomate *Lycopersicon esculentum*, MILL en invernadero: Criterios fenológicos y fisiológicos. [Internet] Agronomía mesoamericana, 9, 59-65. 1998. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n01_059.pdf
2. Cardona E, Ríos L, Restrepo G. Extracción del carotenoide licopeno del tomate chonto (*Lycopersicum esculentum*). [Internet] VITAE, Revista de la facultad de química farmacéutica. Volumen 13 número 2, págs. 44-53, año 2006. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n2/v13n2a06.pdf>
3. Bruna A. Enfermedades del tomate. [Internet] Ministerio de agricultura. Instituto Colombiano agropecuario. 2012. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12511/59888_58904.pdf?sequence=1
4. De la fuente E, Suárez S. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: La agricultura. [Internet] Ecol. austral v.18 n.3 Córdoba sept./dic. 2008. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2008000300001&script=sci_arttext&tlng=pt
5. Córdor F, Cadillo J, Liger B, Rosero G, Fraga E, Ramos J. Vulnerabilidad y dependencia internacional de fertilizantes en el Ecuador. [Internet] Documentos de Trabajo CEPROEC, Instituto de Altos Estudios Nacionales, Centro de Prospectiva Estratégica. 2015. Disponible en: <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2136/central/docview/1698196009/6AE4229F7FCF4385PQ/1?accountid=50438>
6. Baldomir L. Organizaciones desarrollan cultivos y proyectos a partir de material de desecho. [Internet] Noticias Financieras 2004 Aug 16:1. Disponible en: <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2136/central/docview/468288240/2A96BC6127EB4397PQ/6?accountid=50438>

7. Moreno A, Valdés M, Zarate T. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. [Internet] Agric. Téc. v.65 n.1 Chillán mar. 2005. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0365-28072005000100003&script=sci_arttext&tlnq=pt
8. Colombia genera 12 millones de toneladas de basura y solo recicla el 17%. [Internet] Rev Dinero. 2017 Disponible en: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/pais/articulo/cuanta-basura-genera-colombia-y-cuanta-recicla/249270>
9. En cuenta regresiva para limpiar Colombia. [Internet] Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible 2018 Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2512-en-cuenta-regresiva-para-limpiar-colombia>
10. Gutiérrez F, Borraz J, Montes J, Nafate C, Archila M, Oliva M, Rincon R, Dendooven L. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). [Internet] Bioresource Technology, Vol 98, 15, November 2007, Pages 2781-2786. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852406000605>
11. Jiménez F, Peñalver D, López M, Peralta M, Cárdenas M, Corona M, López R. Uso de humus de lombriz en la formación de sustratos para la aclimatización de cultivos tropicales. [Internet] Centro Agrícola, 37-44, 2012 Disponible en: <http://132.248.9.34/hevila/Centroagricola/2012/vol39/no3/7.pdf>
12. Durán L, Henríquez C. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. [Internet] Agronomía mesoamericana 21, 85-93. 2010 Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v21n1/a09v21n1.pdf>
13. Bachman G, Metzger J. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. [Internet] Bioresource Technology

- 2008;99(8):3155-3161. 2008. [Citado 13 de agosto 2019]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852407005020>
14. Maji D, Misra P, Singh S, Kalra A. Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as root nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. [Internet] *Applied Soil Ecology* 110 97–108, 2017. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139316304863>
15. Xiao Z , Liua M, Linhui Jianga,b , Xiaoyun Chena,b , Bryan S. Griffithsd , Huixin Lia,b , Feng Hu. Vermicompost increases defense against root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in tomato plants. [Internet] *Applied Soil Ecology* 105 177–186, 2016. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139316300968>
16. Díaz L, Medina F, Latife J, Digonzelli P, Sosa S. Aclimatación de plantas micropropagadas de caña de azúcar utilizando el humus de lombriz. [Internet] RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, et al. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias ISSN: 0325-8718 Revista.ria@inta.gob.ar Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina. 2004. [Citado 13 de agosto 2019]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/864/86433208.pdf>
17. Valenzuela O, Gallardo C. USO DE LOMBRICOMPUESTO COMO MEDIO DE CRECIMIENTO PARA PLANTINES DE TOMATE. [Internet] *Revista Científica Agropecuaria* 1: 15-21 (1997). [Citado 13 de agosto 2019]. Disponible en:
fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%201/rca_1_pdf/Valenzuela-5-15-21.pdf
18. Robledo L. La historia de la agricultura y los cultivos transgénicos. [Internet] Universidad Nacional Autónoma de México 2014. [Citado 27 septiembre 2018]. Disponible en:
http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/323_cienciorama.pdf

19. Pengue W. La importancia de la agricultura familiar en el desarrollo rural sostenible. [Internet] LA TIERRA, periódico de la Federación Agraria Argentina. 2005 [Citado 27 septiembre 2018]. Disponible en: <http://fediap.com.ar/administracion/pdfs/La%20importancia%20de%20la%20Agricultura%20Familiar%20en%20el%20Desarrollo%20Rural%20Sostenible.pdf>
20. Manual tomate. Cámara de comercio de Bogotá. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial. 2015. [Citado 24 mayo 2018]
21. Alaña L, Geraud F, Chirinos DT, Meléndez-Ramírez L. EFECTIVIDAD DE ALGUNOS INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE Bemisia tabaci (GENNADIUS) EN TOMATE, Solanum lycopersicum L. [Internet] Interciencia 2015 02;40(2):121-126. [Citado 24 mayo 2018]. Disponible en: <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2136/central/docview/1661375578/8623974961A64421PQ/15?accountid=50438>
22. Franco VC, Restrepo EF, Mario LA. Resistencia al perforador del fruto del tomate derivada de especies silvestres de Solanum spp. [Internet] Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 2008;61(1):4316-4324. [Citado 24 mayo 2018]. Disponible en: <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2136/central/docview/1677551660/D8773608CF9D448BPQ/1?accountid=50438>
23. Ramírez L, Ramírez N, Fuentes LS, Jiménez J, Hernández-Fernández J. Estandarización de un bioensayo y evaluación preliminar de tres formulaciones comerciales de Bacillus thuringiensis sobre Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). [Internet] Revista Colombiana de Biotecnología 2010;12(1):12-21. [Citado 24 mayo 2018]. Disponible en: <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2136/central/docview/1677632175/8623974961A64421PQ/2?accountid=50438>.
24. Lombricompost, vermicompost o humus de lombriz. [Internet] Infoagro. 2017. [Citado 24 mayo 2018] Disponible en:

<https://mexico.infoagro.com/lombricompuesto-vermicompost-o-humus-de-lombriz/>

25. Díaz E. Guia de lombricultura, una alternativa para la producción. [Internet] ADEX. Municipio Capital de la Rioja. Argentina. 2002 [Citado 12 mayo 2018] Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>
26. Garcés A. Manual de lombricultura, Lombricompost E.U. Bogotá DC. 2014.
27. Ríos Y. Importancia de las lombrices en la agricultura. Sistema integrado de producción con no nutrientes. [Internet] Universidad Centroccidental 2003:47-52. [Citado 17 marzo 2018]. Disponible en: http://mx1.rapaluruquay.org/organicos/Importancia_lombrices_agricultura.pdf
28. Escobar C, Zuluaga J, Colorado G, Cardenas A. Tecnologia para la producción de lombricompuesto. Alternativa para desarrollar una agricultura sostenible. Corpoica. 1999. Disponible en: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6686/1/20061127171343_Tecnologia%20%20produccion%20lombricompuesto.pdf.
29. Carrau M, Ibáñez O, Rey P. El legado de Darwin: la observación de las lombrices. [Internet] Botánico de la Universitat de València. Mètode 73, Primavera 2012. [Citado 12 marzo 2018]. Disponible en: <https://metode.es/revistas-metode/secciones/jardin-animado/el-legado-de-darwin-la-observacion-de-las-lombrices.html>
30. Elizondo F. La lombricultura como modelo alternativo para el manejo de desechos sólidos orgánicos de una comunidad urbana en San Sebastián, San José. [Internet] Instituto tecnológico de costa rica. 2004. [Citado 13 de agosto 2019]. Disponible: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/215>
31. Produccion de humus de lombriz. [Internet] Nukemapu sustratos. 2010. [Citado 24 mayo 2018] Disponible en: <https://sites.google.com/site/nukemapusustratos/lombricultura>
32. Gosalbez C. El trabajo de las lombrices. [Internet] Agricultura y jardinería. 2012. [Citado 24 mayo 2018] Disponible en: https://www.planetahuerto.es/revista/que-es-el-humus-de-lombriz_00139

33. García M, Domínguez P, Martínez F y Covas M. obtencion de humus y lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) a partir de residuales porcinos y desechos de la industria azucarera. [Internet] Revista Computarizada de Producción Porcina. Vol 3 No1 Enero 1996. [Citado 30 de septiembre 2019]. Disponible en: <http://www.iip.co.cu/RCPP/ant/RCPP3.1.pdf>
34. Cuéllar A, Echemendía J, Negrín A, Carabaloso A, López J, Vega D y Peña P. Producción de humus de lombriz a partir de subproductos de cosecha del plátano (*Musa spp.*) y cachaza. [Internet] Centro Agrícola, 39(1): 41-47; enero-marzo, 2012. [Citado 30 de septiembre 2019] Disponible en: http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V39-Numero_1/cag081121834.pdf
35. Borges J, Barrios M, Chávez A & Avendaño R. Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera (*Morus alba* L.) Bioagro vol.26 no.3 Barquisimeto dic. 2014. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612014000300004
36. Xiao Z., Jiang L., Chen X., Zhang Y., Defosse E., Hu F., Liu M & Rasmann S. Earthworms suppress thrips attack on tomato plants by concomitantly modulating soil properties and plant chemistry. *Soil Biology and Biochemistry* 130 (2019) 23–32.
37. Arcos J. Microorganismos de humus de lombriz pueden infectar y matar a la araña roja. 2016. Disponible en: <https://joseantonioarcos.es/2016/08/15/nostoc-plagas-arana-roja/>
38. Núñez R & Pérez C. (2006). INFLUENCIA DEL HUMUS DE LOMBRIZ FOLIAR SOBRE EL CULTIVO DE TOMATE (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.) Y EL COMPORTAMIENTO DE LA PLANTA ANTE EL ATAQUE DE PLAGAS Y ENFERMEDADES. *Fitosanidad*, 10(3). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2091/209116108010>
39. Zhao F., Zhang Y., Li Z., Shi J., Zhang H. & Yang L. Vermicompost improves microbial functions of soil with continuous tomato cropping in a greenhouse. *Journal of Soils and Sediments*. 2019 <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02362-y>

ANEXOS

Anexo 1 Huevo de lombriz y lombrices adultas



Anexo 2 Fertilizante biológico y químico utilizado para controles



Anexo 3 Forma de aplicación de los fertilizantes para controles



Anexo 4 Desarrollo planta con TTO 0



Anexo 5 Desarrollo planta con TTO 1



Anexo 6 Desarrollo planta con TTO 2



Anexo 7 Desarrollo planta con TTO 3



Anexo 8 Desarrollo planta con TTO 4



Anexo 9 Desarrollo planta con TTO 5



Anexo 10 Desarrollo planta con TTO 6



Anexo 11 Desarrollo planta con TTO 7



Anexo 12 Desarrollo planta con TTO 8



Anexo 13 Desarrollo planta con TTO 9



Anexo 14 Desarrollo planta con TTO 10



Anexo 15 Desarrollo planta con TTO 11



Anexo 16 Desarrollo planta con TTO 12



Anexo 17 Desarrollo planta con TTO 13



Anexo 18 Desarrollo planta con TTO 14



Anexo 19 Desarrollo planta con TTO 15



Anexo 20 Desarrollo planta con TTO 16



Anexo 21 Desarrollo planta con TTO 17



Anexo 22 Desarrollo planta con TTO 18



Anexo 23 Desarrollo planta con TTO 19



Anexo 24 Desarrollo planta con TTO 20



Anexo 25 Desarrollo planta con TTO 21



Anexo 26 Pruebas de funcionalidad (Asparagina, leche, Ashby, pikovskaya, almidón)

