

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN
AGRICULTURA SOSTENIBLE



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TÉ DE LOMBRICOMPOST EN
ALMACIGO DE CAFÉ (*Coffea arabica L.*), EN SUSTRATO INERTE, EN EL
MUNICIPIO DE SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS”.**

Por:

José Pablo Méndez Galindo

Número de Carné:

201240537

Asesores:

Asesor principal: Ing. Agr. David Antonio Makepeace

Asesor adjunto: Ing. Agr. Henry Bravo

ID Y ENSEÑAD A TODOS

San Marcos, marzo de 2,025.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

MSc. Juan Carlos López Navarro	Director
Licda. Astrid Fabiola Fuentes Mazariegos	Secretaria Consejo Directivo
Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado	Representante Docente
Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón	Representante Estudiantil
Br. Luis David Corzo Rodríguez	Representante Estudiantil



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez	Coordinador Académico
Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales	Coordinador Carrera Técnico en Producción Agrícola e Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible
Lic. Heliuv Edilzar Vásquez Navarro	Coordinador Carrera de Pedagogía y Ciencias de la Educación
Licda. Aminta Esmeralda Guillén Ruíz	Coordinadora Carrera de Trabajo Social, Técnico y Licenciatura
Ing. Víctor Manuel Fuentes López	Coordinador Carrera de Administración de Empresas, Técnico y Licenciatura
Lic. Mauro Estuardo Rodríguez Hernández	Coordinador Carrera de Abogado y Notario y Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Dr. Byron Geovany García Orozco	Coordinador Carrera Médico y Cirujano
Lic. Nelson de Jesús Bautista López	Coordinador Pedagogía Extensión de San Marcos
Licda. Julia Maritza Gándara González	Coordinadora Extensión de Malacatán
Licda. Mirna Lisbet de León Rodríguez	Coordinadora Extensión de Tejutla
Lic. Marvin Evelio Navarro Bautista	Coordinador Extensión Tacaná
Lic. Robert Enrique Orozco Sánchez	Coordinador del Instituto de Investigación
Lic. Mario René Requena	Coordinador de Área de Extensión
Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel	Coordinador Carrera de Ingeniería Civil
Lic. Carlos Edelmar Velásquez González	Coordinador Carrera de Contaduría Pública y Auditoría
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	Coordinador Carrera Profesorado en Educación Primaria Bilingüe Intercultural.
Lic. Yovani Alberto Cux Chan	Coordinador Carreras Sociología, Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez

COORDINADOR

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón

SECRETARIO

Licda. Lourdes Carrera Munguía

VOCAL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

TRIBUNAL EXAMINADOR

MsC. Juan Carlos López Navarro DIRECTOR

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales COORDINADOR DE LA CARRERA DE
AGRONOMÍA

ASESORES

PRINCIPAL Ing. Agr. David Antonio Makepeace

ADJUNTO Ing. Agr. Henry Giovanni Bravo



San Marcos, marzo del 2025

Señores:

Comité Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo con
Orientación en Agricultura Sostenible
CUSAM

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de Trabajo de Graduación titulado: **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TÉ DE LOMBRICOMPOST EN ALMACIGO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), EN SUSTRATO INERTE, EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS"**. Del estudiante **José Pablo Méndez Galindo**, carné número: **201240537**.

El cual cumple con los requisitos establecidos, por lo que emito **OPINIÓN FAVORABLE** para ser aprobado como trabajo de graduación previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.

Atentamente.

Ing. Agr. David Antonio Makepeace
Colegiado Activo: 922
Asesor principal

"Id, y enseñad a todos"



San Marcos, marzo del 2025

Señores:

Comité Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo con
Orientación en Agricultura Sostenible
CUSAM

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de Trabajo de Graduación titulado: **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TÉ DE LOMBRICOMPOST EN ALMACIGO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), EN SUSTRATO INERTE, EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS"**. Del estudiante **José Pablo Méndez Galindo**, carné número: **201240537**.

El cual cumple con los requisitos establecidos, por lo que emito **OPINIÒN FAVORABLE** para ser aprobado como trabajo de graduación previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.

Atentamente.

Ing. Agr. Henry Giovanni Bravo De León
Colegiado Activo: 4130
Asesor adjunto

"Id, y enseñad a todos"

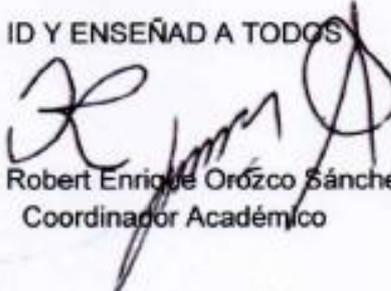
ESTUDIANTE: JOSÉ PABLO MÉNDEZ GALINDO
CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, Inciso a) subinciso a.9) del Acta No. 006-2025**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 26 de marzo de 2025, que dice:

“QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.9) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-16-2025, de fecha 26 marzo de 2025, suscrita por el Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales, Coordinador Carrera Agronomía, a la que adjunta solicitud del estudiante: JOSÉ PABLO MÉNDEZ GALINDO, Carné No. 201240537, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN DE LA TESIS EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TÉ DEL LOMBRICOMPOST EN ALMACIGO DE CAFÉ (Coffea arabiga L.), EN SUSTRATO INERTE, EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. La Coordinación Académica en base a la opinión favorable del Asesor, Comisión de Revisión y Coordinador de Carrera, **ACORDÓ: AUTORIZAR IMPRESIÓN DE LA TESIS EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TÉ DEL LOMBRICOMPOST EN ALMACIGO DE CAFÉ (Coffea arabiga L.), EN SUSTRATO INERTE, EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS**, al estudiante: JOSÉ PABLO MÉNDEZ GALINDO, Carné No. 201240537, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.”

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez
Coordinador Académico



DEDICATORIA

“En cada proceso y acontecimiento he luchado y sigo luchando por equilibrar mi vida y he recibido apoyo de diferentes maneras para poder alcanzarlo, desde lo emocional, físico, moral, hasta lo admirativo, profesional e incluso económico, de personas importantes que han sido fundamentales para mi existir, todas ellas producto de la fuente divina de vida, DIOS, quien a través de todos los involucrados en cada aspecto se ha manifestado.

Dedico este logro a todas las personas que me han apoyado en este proceso educativo, que más que un éxito, es un compromiso el poder aportar y servir honorablemente, con capacidad, consciente y empáticamente a los productores de nuestro país, que trabajan fuertemente en la labor noble de la agricultura y la ganadería”

INDICE GENERAL

1.	Título	1
2.	Introducción	2
3.	Planteamiento del Problema.....	5
4.	Justificación.....	7
5.	Marco Teórico	10
5.2.1.	Estado del arte del estudio.....	10
5.2.2.	Producción de Café Arábigo y Robusta	14
5.3.	Sustratos para almácigos de café.....	17
5.3.1.	Sustratos inertes	18
5.4.	Té de Lombricompost	19
5.4.1.	Producción Básica del Té de Lombricompost	19
5.4.2.	Fuentes de Lombricompost.....	20
5.4.3.	Aireación y Agitación	20
5.4.4.	Nutrientes Suplementarios (Aditivos).....	21
5.4.6.	La Calidad del Agua y Temperatura.....	22
5.4.7.	Perfil nutricional del té de lombricompost.....	23
5.4.8.	Tecnología a Utilizar para la Preparación del té.....	27
6.	Objetivos	31
5.4.9.	Objetivo general	31
5.4.10.	Objetivos específicos.....	31
7.	Hipótesis.....	31
8.	Metodología	32
5.4.11.	Localización	32
5.4.12.	Material experimental	32
5.4.13.	Pellets	33
5.4.14.	Época de siembra:	33
5.4.15.	Siembra y ordenamiento de pellets	34

5.4.16.	Cuidados de la Siembra.....	34
5.4.17.	Fertilización:.....	35
5.4.18.	Plan fitosanitario	37
5.4.19.	Riego	37
5.4.20.	Unidad experimental	38
5.4.21.	Diseño experimental:.....	38
9.	Diseño o Croquis de Campo.....	39
9.1.	Tratamientos.....	39
10.	Variables de Respuesta.....	41
5.4.22.	Mortalidad de plantas trasplantadas	41
10.3.	Análisis Económico.....	42
11.	Discusión de Resultados.....	43
11.1.	Mortalidad de plantas trasplantadas	43
11.2.	Vigorosidad	46
11.3.	Conductividad Eléctrica CE.....	52
11.4.	Análisis Económico.....	55
12.	Conclusiones	57
13.	Recomendaciones.....	59
14.	Bibliografía.....	60
11.	Anexos.....	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>distribución departamental de áreas cultivadas</i>	16
Tabla 2	<i>Análisis Químico del té oxigenado de lombricompost con catalizador comparado con el lixiviado de lombricompost puro (ppm)</i>	24
Tabla 3	<i>Plan de fertilización inorgánica para almacigo (Jiffy Guatemala 2021)</i>	35
Tabla 4	<i>descripción operativa de la nutrición complementaria de los diferentes tratamientos evaluados</i>	40

<i>Tabla 5</i> Análisis de Varianza para la Variable Mortalidad de plantas trasplantadas	43
<i>Tabla 6</i> Prueba de Tukey al 0.05 para la variable Mortalidad de plantas trasplantadas	44
<i>Tabla 7</i> Análisis de Varianza para la Variable Biomasa Foliar/pares de hojas	46
<i>Tabla 8</i> Prueba de Tukey al 0.05 para la variable Biomasa Foliar/pares de hojas	47
<i>Tabla 9</i> Análisis de Varianza para la Variable Peso de Raíces	49
<i>Tabla 10</i> Prueba de Tukey al 0.05 para la variable Peso de Raíces	50
<i>Tabla 11</i> Análisis de la varianza de la conductividad eléctrica.	52
<i>Tabla 12</i> Prueba de Tukey al 0.05 para la variable Conductividad Eléctrica ...	53
<i>Tabla 13</i> resumen de análisis financiero de tratamientos evaluados	55

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1</i> Análisis Químico del Té Oxigenado	23
<i>Ilustración 2</i> Hallazgos microbiológicos presentes en las muestras tomadas....	25
<i>Ilustración 3</i> Biomasa microbiana viva total, ácido graso fosfolípido (PLFA) ng/g Índice de Diversidad de Grupos Funcionales	26
<i>Ilustración 4</i> Sistema GSI (Growing Solutions Incorporated)	29
<i>Ilustración 5</i> Comportamiento de tratamientos para la variable Mortalidad de plantas trasplantadas	45
<i>Ilustración 6</i> Comportamiento de tratamientos para la variable Biomasa Foliar/pares de hojas	48
<i>Ilustración 7</i> Comportamiento de tratamientos para la variable Peso de Raíces	51
<i>Ilustración 8</i> Comportamiento de tratamientos para la variable Conductividad Eléctrica	54
<i>Ilustración 9</i> Comportamiento del costo estimado por unidad productiva	56

RESUMEN

La presente evaluación se realizó tomando en consideración la importancia actual que representa el cultivo de café, especialmente la generación de nuevos productores, así como zonas nuevas de climas idóneos que antes no fueron explotados en Guatemala, como el altiplano de San Marcos. Ante este crecimiento han surgido nuevos retos y problemas para los caficultores, especialmente la mano de obra escasa y la dependencia a fertilizantes químicos al los que la agricultura en el país a sido sometida, dejando en segundo plano los recursos orgánicos, microorganismos de diversas especies de los cuales podemos beneficiarnos.

Por otro lado, la generación de nuevas tecnologías nos abre campo a evaluar y validar su funcionalidad y ofrecernos opciones que pueden reducir la logística y la cadena productiva en el cultivo, especialmente en la etapa más crucial como lo son los almácigos. En función a ello se evaluó el té de lombricompost en la tecnología pellet en almácigos de café, con la finalidad de reducir las cargas de fertilizantes químicos a través del aprovechamiento de dicho té, con 4 tratamientos, T1: Fertilización convencional reducida al 75% más inoculación de té de lombricompost, T2: Fertilización convencional reducida al 50% más inoculación de té de lombricompost, T3: Testigo relativo, Fertilización convencional propuesta por Jiffy Grup y T4: Testigo absoluto, Sin fertilizar, bajo el diseño experimental bloques completos al azar.

El tratamiento Sin fertilización resultó presentar mayor significancia estadística, tanto en la variable de respuesta de mortalidad como en vigorosidad, así también el tratamiento T1 tiene una biomasa de hojas significativamente mayor que el tratamiento sin fertilización. Los tratamientos T2 y T3 tienen biomasa similar entre sí, pero significativamente menor que el tratamiento con fertilización reducida al 75% y significativamente mayor que el tratamiento sin fertilizar. Además teniendo en cuenta que los tratamientos de fertilización reducida al 75%, fertilización reducida al 50%, y fertilización convencional no presentan diferencias significativas en términos de biomasa de hojas, se puede adoptar cualquiera de ellos, siempre que reduzca los costos de producción; y particularmente entre los tratamientos de fertilización reducida al 50% o 75% , se recomienda emplear la tecnología agrícola del T2 (con fertilización reducida al 50%), ya que ofrece resultados similares a la fertilización convencional a un costo potencialmente menor.

ABST ABSTRACT

This assessment was conducted taking into account the current importance of coffee cultivation, especially the development of new producers, as well as the emergence of new areas with ideal climates that were previously unexploited in Guatemala, such as the San Marcos Highlands. This growth has brought new challenges and problems for coffee growers, particularly the scarce labor force and the dependence on chemical fertilizers to which the country's agriculture has been subjected, leaving organic resources, microorganisms of various species from which we can benefit, in the background.

On the other hand, the generation of new technologies opens the way for us to evaluate and validate their functionality and offer us options that can reduce logistics and the production chain in the crop, especially in the most crucial stage: the seedlings. Based on this, vermicompost tea was evaluated in pellet technology in coffee seedlings, with the aim of reducing chemical fertilizer loads through the use of said tea, with 4 treatments, T1: Conventional fertilization reduced to 75% plus inoculation of vermicompost tea, T2: Conventional fertilization reduced to 50% plus inoculation of vermicompost tea, T3: Relative control, conventional fertilization proposed by Jiffy Grup and T4: Absolute control, without fertilization, under the randomized complete block experimental design.

The No fertilization treatment was found to present greater statistical significance, both in the mortality and vigorosity response variables, also the T1 treatment has a significantly higher leaf biomass than the no fertilization treatment. Treatments T2 and T3 have similar biomass, but significantly lower than the treatment with 75% fertilization and significantly higher than the no fertilization treatment. Furthermore, considering that the 75% reduced fertilization, 50% reduced fertilization, and conventional fertilization treatments do not present significant differences in terms of leaf biomass, any of them can be adopted, as long as it reduces production costs; and particularly between the 50% or 75% reduced fertilization treatments, it is recommended to use the T2 agricultural technology (with 50% reduced fertilization), since it offers similar results to conventional fertilization at a potentially lower cost.

1. TÍTULO

“Evaluación del Efecto del Té de Lombricompost en Almacigo de Café (*Coffea Arabica L.*), en Sustrato Inerte, n El Municipio de San Rafael Pie De La Cuesta, San Marcos”.

2. INTRODUCCIÓN

El café arábico (*Coffea arábica L.*), familia Rubiácea, es un arbusto perenne del trópico. Esta especie se caracteriza por su importancia comercial en la preparación de bebidas estimulantes. Por esta razón es muy cultivada en países con clima tropical como Nicaragua, Colombia, Costa Rica, etc. El café arábigo es la especie económicamente más importante de café con producciones del 80 al 90% de la producción mundial (Blandón 2008).

Una de sus ventajas es la reducción del daño a los suelos de la contaminación que se presenta con otros sistemas de producción principalmente causados por las bolsas de polietileno, no degradables en el suelo.

Nuevas estrategias productivas han marcado diferencias en la cosecha reciente de mayor envergadura (2,021-2,022) para la zona cafetalera de Guatemala y de acuerdo con registros de (Asociación Nacional del Café "ANACAFÉ Guatemala", 2018) ; hasta el 4 de noviembre de 2022, el café está presente en todos los departamentos de Guatemala. 125 mil familias dependen directamente del cultivo, principalmente productores de pequeñas áreas. Anualmente, el sector genera alrededor de medio millón de empleos, sobre todo en unidades productivas medianas y grandes.

En el año cafetalero 2021-2022 (del 1 de octubre 2021 al 30 de septiembre 2022) se exportaron 4.33 millones de quintales de café oro (3.32 millones de sacos de 60 kg) equivalentes a US\$1,136,175,862. Según datos del Banco de Guatemala - BANGUAT- a agosto 2022, el café es el producto agroindustrial más importante en las exportaciones de Guatemala y el 2º más importante del total de exportaciones.

El café de Guatemala ha tenido como principal destino el mercado norteamericano, que en este ejercicio cafetero 2021-2022 importó el 52% de la cosecha guatemalteca. El 44% a Estados Unidos de América y 8% a Canadá.

El mercado asiático continúa incrementando su interés en el café de Guatemala, este año adquirió el 22% del total de la cosecha, equiparándose con los países europeos, dándose algunos cambios como Japón que subió a un 11%; Corea del Sur incrementó a 5% y la República Popular de China alcanzó un 3%.

El mercado europeo representó el 22%, destacando tres países: Bélgica, uno de los mayores puertos de destino del continente, volvió a liderar con un 8%, seguido por Italia y Alemania, ambos con 4%.

Valorando la importancia del café en la economía nacional, la Asociación Nacional del Café -Anacafé- tiene clara la visión y se adapta a las necesidades de la caficultura moderna, innovando en la atención técnica que brinda a los productores y en la implementación de estrategias de promoción de los cafés de Guatemala.

- En base a los argumentos anteriores y teniendo en cuenta las nuevas estrategias de producción y rentabilidad sustentable que ANACAFÉ como ente rector de la caficultura guatemalteca establece para el incremento de la productividad; la reducción de pérdidas tanto de material vegetativo en etapa de vivero hasta volumen de beneficiado en la agroindustria y procesos de valor agregado; es una demanda que a los tanques de pensamiento y centros de estudios debe permitir la verificación y evidenciar nuevas tecnologías para alcanzar rentabilidad en la cadena de valor, pero considerando la sustentabilidad como el proceso de reducción de riesgos y efectos negativos al entorno de las unidades productivas.

El presente informe de investigación se ha basado en la evaluación del efecto del Té de lombricompost y la manera en que se comportan los microorganismos ante la adición de fertilizantes inorgánicos a diferentes concentraciones, utilizando una tecnología fundamentada y validada, como lo son los sistemas GSI. Como es ampliamente conocido, los beneficios de

los microorganismos van desde supresión de agentes patógenos, descomposición de compuestos orgánicos, fijación y solubilización de nutrientes, etc.

Por tanto, resulta ser una alternativa amigable, tanto para la biología del suelo como a la planta, pudiendo reducir el uso continuo y excesivo de fertilizantes químicos y crear un mejor balance nutricional entre suelo-raíz-planta, sin dejar de mencionar la reducción de costos por fertilización para los productores y viveristas de café.

Basado en lo anterior, se realizó la evaluación en etapa de vivero de café, que es donde inicia la cadena productiva del cultivo y donde inician la mayoría de los problemas. Por otro lado, se ha utilizado sustrato de la tecnología Jiffy Pellets, que ofrece un sustrato inerte, libre de patógenos y estabilidad físico-química. Se ha evaluado el comportamiento del crecimiento vegetativo, concentración de sales en el suelo y establecer comparaciones entre los mismos, determinando en cuál tratamiento obtenemos la mejor calidad de plantas y la mayor rentabilidad económica, en el menor tiempo en vivero.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el cultivo de café parte importante del éxito en el desarrollo de los cafetales radica en la calidad del material que se lleva al campo desde los almácigos, como un adecuado método o técnica de siembra, el tipo de suelo para el sustrato, su desinfección, la fertilización química y adición de materia orgánica, son aspectos que se han descuidado, dando lugar a problemas en el desarrollo radicular de las plantas de café, que posteriormente afectan la producción y longevidad de las plantaciones. (CEDICAFÉ-ANACAFÉ 2019).

Estudios han mostrado que un porcentaje significativo de plantas puede presentar sistemas radiculares deficientes, con problemas originados en su mayoría durante la formación en el almácigo. Defectos de siembra, como la "cola de marrano", donde la raíz principal se enrosca debido a una siembra superficial, contribuyen a esta atrofia (Arcila Pulgarin, Farfán Valencia, Moreno Berrocal, Salazar Gutiérrez, & Hincapié Gómez, 2007, págs. 29-35).

Si bien es cierto, existen nuevas técnicas que mitigan algunos de estos riesgos, como el uso de sustratos inertes, libres de patógenos, y aspectos como condiciones edáficas fisicoquímicas (Textura, estructura, pH, etc.) ideales para la producción de almácigos de café; se presentan nuevas dificultades, como la dependencia a la fertilización química, que no solamente puede representar rubros elevados en los costos de producción, si no también problemas como saturaciones de elementos químicos, que puede generar desbalances nutricionales.

Así, además, la aplicación de cantidades elevadas de fertilizantes tiene como consecuencia el incremento la salinidad (CE) del suelo y por ende, la presión osmótica del agua en el medio donde crecen las raíces de las plantas hasta niveles intolerantes (Faria et al., 2009) con consecuencias negativas en el crecimiento que en casos severos se produce toxicidad e incluso la muerte de la plántula.

Aun cuando adecuado desarrollo del sistema radicular en los almácigos de café es crucial para garantizar plantas saludables y productivas. Diversos estudios han identificado problemas asociados al mal desarrollo de las raíces en esta etapa, los cuales pueden tener consecuencias negativas en el crecimiento y la productividad de las plantas de café.

Teniendo como consecuencias: problemas de anclaje y desarrollo deficiente, atrofia de raíces, presencia de nemátodos fitoparásitos, siendo éstos últimos quienes provocan riesgo de contaminación del sustrato por efecto de infestación por nemátodos en etapa de producción de almácigos, afectando la absorción de nutrientes y el crecimiento de las plantas. Géneros como *Pratylenchus* y *Meloidogyne* son especialmente perjudiciales, causando pudrición y formación de nódulos en las raíces

En tal sentido es preciso, cuestionarse: ¿si la relación entre sustratos, nutrientes y fuentes proveedoras de microbiota tienen relación directa en la eficiencia y productividad de unidades de almácigo de café?

4. Justificación

La producción cafetalera en Latinoamérica es considerada un rubro importante en la generación de divisas y motor de la productividad rural de pequeña y mediana escala; (Wagner & Sandoval, 2018) La actividad del sector cafetalero en Guatemala, aparte de estar culturalmente arraigado a los guatemaltecos, ha generado una serie de efectos positivos; uno de ellos es el tema de empleo, la caficultura emplea 125 mil personas, el 97% de ellos pequeños caficultores responsables del 47% de la producción nacional.

Asimismo, el (Banco de Guatemala, 2,021) el A estos caficultores se deben sumar el resto de las personas que de forma directa o indirecta colaboran con las tareas del café en Guatemala. Así mismo, la generación de divisas hasta el año 2020 fue de \$657.03 millones de dólares entre los años 2019-2020.

De acuerdo con (Juárez Padilla, 2018) Sin embargo, actualmente su producción afronta muchos problemas de sostenibilidad. En parte afectado externamente por los bajos precios en el mercado y la fuerte competencia de los grandes productores, e internamente, por la falta de innovación y uso de tecnología en el proceso de producción. (págs. 15-18)

De acuerdo con (Asociación Nacional del Café, 2,018) en la actualidad, la elaboración y producción de plantas sanas de café en los almácigos es de suma importancia económica ya que de esta actividad depende la obtención de plantaciones productivas y rentables en campo definitivo. Todo ello implica el uso de productos químicos, tanto fertilizantes como pesticidas que causan serios daños, entre ellos deterioro de los recursos suelo, biodiversidad, riesgos a los aplicadores, hasta índices altos de mortalidad al trasplante.

Debido a la problemática actual en la caficultura, existe la necesidad de encontrar opciones tecnológicas eficientes y viables, para reducir costos, reducir el uso de fertilizantes

químicos y mejorar las condiciones de las plántulas de café (*Coffea arábica* L.), en etapa de vivero. (p.2)

En este caso, el uso de tecnologías La bioprospección de los microorganismos que habitan en el suelo representa una herramienta promisoría para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles enfocadas a satisfacer la demanda de alimentos asociada al incremento poblacional

La posibilidad de escalar a tecnologías agrícolas como el uso de microorganismos, generan una opción promisoría que promueve prácticas sostenibles de mejora en la productividad de unidades productivas desde la etapa de vivero en el cultivo de café; se enfatizó en la obtención de plántulas sanas y vigorosas provenientes de un almácigo; mismas que fueron tratadas por medio de la aplicación de té oxigenado de lombricompost ; solución bioquímica que posee propiedades como fertilizante foliar, estimulan el mejor crecimiento y desarrollo de las plantas, también posee propiedades antifúngicas que ayudan al control de hongos como *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Plasmodiophora brassicae*, *Gaeumannomyces graminis* y *Fusarium*.

Se tuvo en cuenta la mejora de condiciones de inocuidad, estabilidad y calidad del paquete tecnológico para la producción de plántulas en etapa de vivero; asimismo, la mezcla de fuentes de nutrientes que, por una parte, se consideró el sistema convencional de nutrición y se complementó una fuente bioquímica “Té de Lombricompost” como un factor de activación del microbiota para hacer disponibles nutrientes a la plántula en las primeras etapas de crecimiento.

Según lo referido por la (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural SADER, 2,023) El lixiviado de lombriz es un biofertilizante natural que contiene macroelementos como el nitrógeno, fósforo, y potasio, así como microelementos (zinc, hierro, cobre, manganeso,

molibdeno, boro, calcio, magnesio, azufre y sodio), nutrientes indispensables para el crecimiento de las plantas, además de contener algunas enzimas, proteínas, aminoácidos y microorganismos benéficos, siendo este un biofertilizante ideal para su aplicación en todos los cultivos, ya sea por medio del riego o por aspersión a la filósfera (pág. 4)

Finalmente se resalta que la importancia y valor científico del presente estudio fue la generación de información multivariada que de acuerdo con el análisis estadístico de rigor permitió estimar el grado de importancia y valor agregado a la producción de almácigo de café como innovación tecnológica en la caficultura y que en el corto y mediano plazo será una medida de sostenibilidad al pequeño, mediano y grande caficultor de la franja productiva volcánica de San Marcos.

5. Marco Teórico

Las dinámicas de la caficultura en Guatemala permiten analizar una cadena de valor que, por su historia en torno al establecimiento de unidades productivas, importancia económica, cultural, social y agrícola, debe tenerse en cuenta la caracterización de factores clave en los diferentes procesos de la cadena de valor del cultivo del café.

5.2.1. Estado del arte del estudio

La utilización de tés de lombricompost en la agricultura ha ganado relevancia en los últimos años debido a su potencial para mejorar el crecimiento y la salud de las plantas. En particular, la evaluación del efecto del té de lombricompost en almácigos de café (*Coffea arabica* L.) cultivados en sustratos inertes ha sido objeto de diversos estudios científicos. Este documento tiene como objetivo presentar el estado del arte de dichas investigaciones, analizando los resultados más relevantes y las implicaciones para el cultivo de café.

a. Antecedentes

El lombricompost es el producto de la descomposición de materia orgánica por medio de lombrices, y el té de lombricompost se obtiene al lixiviar este compost con agua. Este té es rico en microorganismos benéficos, nutrientes y compuestos bioactivos que pueden promover el crecimiento y la resistencia de las plantas a enfermedades. En el contexto del cultivo de café, la utilización de sustratos inertes, como la perlita o la vermiculita, permite un control más preciso de las condiciones de crecimiento y la reducción de patógenos presentes en el suelo.

El uso de té de lombricompost en almácigos de café (*Coffea arabica* L.) cultivados en sustratos inertes es una práctica que ha ganado interés en la agricultura sostenible. El lombricompost, producto de la descomposición de materia orgánica por lombrices, es valorado por su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo y promover el crecimiento vegetal.

Un estudio relevante es el de (Álvarez Quiceno, 2019), quien evaluó los efectos nutricionales del lombricompost y las micorrizas arbusculares en el desarrollo de almácigos de café. Aunque este estudio se centró en mezclas de suelo y no específicamente en sustratos inertes, sus hallazgos indican que el lombricompost puede mejorar parámetros como la altura de las plantas y el número de hojas verdaderas, sugiriendo beneficios potenciales en diferentes tipos de sustratos.

Además, la producción de abono orgánico a partir de la pulpa de café mediante lombricomposta ha sido objeto de investigación. (Siles Calvo, 1997) realizó un estudio en el que evaluó el efecto del grado de descomposición de la pulpa de café y la densidad de lombrices sobre la producción de lombricompost y el comportamiento biológico de las lombrices. Aunque este trabajo no aborda directamente el uso de té de lombricompost en sustratos inertes, proporciona información valiosa sobre la calidad del lombricompost obtenido a partir de subproductos del café.

Asimismo, en Guatemala, la Asociación Nacional del Café (Anacafé) ha publicado una guía para la producción de lombricompost utilizando subproductos de la agroindustria del café. Esta guía destaca la importancia de producir abono orgánico para su uso en programas de nutrición en almácigos y plantaciones de café, lo que podría ser relevante para su aplicación en sustratos inertes.

b. Investigaciones recientes

Mejoras en el crecimiento de las plantas. Según (Bakala, Misgana, Bersisa, & Tilahun, 2024) Diversos estudios han demostrado que la aplicación del té de lombricompost en almácigos de café puede mejorar significativamente el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, investigaciones realizadas por Smith et al. (2020) encontraron que los almácigos tratados con té de lombricompost presentaban un aumento en la altura, el número de hojas y el peso seco en comparación con los tratados

con agua sola. Estos resultados sugieren que los nutrientes y microorganismos presentes en el té de lombricompost favorecen el desarrollo vegetal.

Resistencia a Enfermedades. El autor (Sierra-Escobar & Murcia Morales, 2022) refiere que “Otro aspecto relevante de la aplicación del té de lombricompost es su capacidad para aumentar la resistencia de las plantas a enfermedades. López et al. (2021) reportaron que los almácigos de café tratados con té de lombricompost mostraban una menor incidencia de enfermedades fúngicas en comparación con los controles. Esto se atribuye a la presencia de microorganismos antagonistas en el té de lombricompost, que inhiben el crecimiento de patógenos”

Calidad del Grano. Además de los efectos en el crecimiento y la resistencia a enfermedades, algunos estudios han explorado el impacto del té de lombricompost en la calidad del grano de café. Pérez y Martínez (2019) evaluaron la influencia del té de lombricompost en la composición química y el perfil sensorial del café, encontrando mejoras en el contenido de compuestos aromáticos y en la calidad del grano. Estos hallazgos son prometedores para la producción de café de alta calidad

c. Perspectivas Futuras

El potencial del té de lombricompost para mejorar el cultivo de café es significativo, pero se necesita más investigación para comprender completamente los mecanismos detrás de sus efectos y para desarrollar prácticas agronómicas óptimas. Las futuras investigaciones deberían enfocarse en estandarizar los métodos de producción del té de lombricompost, evaluar su impacto en diferentes variedades de café y explorar su combinación con otras prácticas sostenibles.

d. Conclusiones del estado del arte

- El estado del arte de los estudios sobre la evaluación del efecto del té de lombricompost para almácigos de café en sustrato inerte revela resultados prometedores en términos de mejora del crecimiento, resistencia a enfermedades y calidad del grano. Sin embargo, aún quedan desafíos por abordar para su implementación a gran escala. La investigación permanente en este aspecto debe tomar especial importancia para optimizar su uso y maximizar los beneficios para la producción de café.
- Aunque la investigación específica sobre el uso de té de lombricompost en almácigos de café en sustratos inertes es limitada, estos estudios y recursos sugieren que el lombricompost y sus derivados pueden ofrecer beneficios significativos en la producción de café, incluso cuando se emplean sustratos inertes.

5.2 Situación actual del café en Guatemala

De acuerdo con (Rodríguez & De León , 2,021), La realidad es que tanto la producción mundial como el consumo de café reflejan fuertes aumentos. Entre 2010 y 2020 la producción mundial de café creció, en promedio, 2.66% cada año. El consumo mundial en dicho período creció a un ritmo muy similar, liderado por importaciones cafetaleras en importantes mercados mundiales como lo son la Zona euro y Estados Unidos.

En este mercado, Guatemala destaca como un importante líder en la producción y exportación de este importante producto agrícola. De los 165 millones de sacos de café producidos en la temporada 2019/2020, Guatemala aportó 3.6 millones, siendo el décimo primer principal productor a nivel mundial y el décimo en el caso de las exportaciones. Principalmente, las exportaciones cafetaleras de Guatemala están enfocadas hacia los Estados Unidos, los países europeos y algunos asiáticos. Sin embargo, vale la pena destacar

que, en un esfuerzo por diversificar y ampliar las exportaciones cafetaleras, en los últimos 10 años la región a la que más se han incrementado las exportaciones de café es hacia el Sudeste Asiático.

Derivado de esta trascendencia de Guatemala en el mercado del café, esta actividad económica también es de mucha trascendencia para la economía del país. El cultivo de café ha representado entre 1.2% y hasta 1.8% del Producto Interno Bruto en los últimos años, además de brindar oportunidades de empleo directo a entre 86,000 y 90,000 personas en todo el territorio nacional ya que el café se encuentra presente en 21 de los 22 departamentos del país, aunque en mayor magnitud en departamentos como Santa Rosa, San Marcos y Huehuetenango.

Vale la pena destacar, además, que, aunque el peso del café es de alrededor de 1.2% del PIB, su influencia en la economía es sustancialmente mayor al agregar tanto las compras que el sector hace a sus distintos proveedores, como también el consumo que se deriva de su pago de salarios, las reinversiones de utilidades empresariales, etc. En total, agregando estos impactos, la “huella económica” del café es de Q14,895.00 millones (2020) o 2.5% del PIB. Es decir, de cada Q100.00 que se mueven en la economía, Q. 2.50 quetzales pueden ser atribuibles directamente a la actividad del café.

5.2.2. Producción de Café Arábigo y Robusta

Del total de café producido a nivel mundial, un 57% corresponde a café arábigo y un 43% a café robusta. También destaca que el incremento que se ha observado en la producción de café mundial en los últimos años responde principalmente a una mayor producción de café arábigo, mientras que la producción de café robusta ha permanecido, en promedio, en 67 millones de sacos al año. Asimismo, se observan diferencias claras en el tipo de café que producen los principales países productores de café. Solamente Brasil destaca como principal productor tanto de café arábigo como robusta, siendo el principal

productor de arábigo y el segundo mayor de café robusta. El resto de los países se especializan principalmente en uno de los dos tipos, con la mayoría de los países de América Latina especializándose en café arábigo. De hecho, en el ranking de principales productores de este tipo de café, Guatemala destaca como el sexto principal productor, solamente por debajo de Brasil, Colombia, Etiopía, Honduras y Perú. Por el contrario, son principalmente países asiáticos y africanos los que destacan en la producción de café robusta.

5.2.3. La importancia del café en la economía de Guatemala

La importancia del Café en Guatemala no sólo es económica, es también cultural y ambiental. El cultivo de café está enraizado en la cultura del chapín desde su introducción hace más de 100 años. La tradición en la agricultura ha logrado crear y mantener el mejor café del mundo, además de brindar sustento a cientos de miles de familias. El cultivo de café además es ambiental, ya que no sólo es una planta natural, utiliza el bosque como sombra para su mejor rendimiento y calidad. Cultivar café es también cuidar de los bosques del país. A continuación, presentamos los números económicos que respaldan la importancia del cultivo. (P.3, 5,12)

Tabla 1*DISTRIBUCIÓN DEPARTAMENTAL DE ÁREAS CULTIVADAS*

Región	Departamento	Ha.	% del Total
I	Quetzaltenango	19,753	6.23%
I	San Marcos	46,482	14.67%
II	Chimaltenango	17,426	5.50%
II	Retalhuleu	4,826	1.52%
II	Sololá	10,602	3.35%
II	Suchitepéquez	18,276	5.77%
III	El Progreso	3,315	1.05%
III	Escuintla	13,631	4.30%
III	Guatemala	14,528	4.58%
III	Sacatepéquez	7,243	2.29%
IV	Jalapa	15,199	4.80%
IV	Jutiapa	12,082	3.81%
IV	Santa Rosa	63,362	20.00%
V	Huehuetenango	34,910	11.02%
V	Quiché	3,473	1.10%
VI	Alta Verapaz	17,884	5.64%
VI	Baja Verapaz	1,738	0.55%
VI	Izabal	276	0.09%
VII	Chiquimula	8,385	2.65%
VII	Petén	3	0.00%

VII	Zacapa	3,474	1.10%
	Total	316,868	100%

Fuente: elaboración propia, extraído de (Rodríguez & De León , 2,021)

5.3. *Sustratos para almácigos de café*

De acuerdo con (González Arias, 2,022) El sustrato es fundamental para el buen desarrollo de las plantas de café en el vivero, de este depende el desarrollo de un sistema radicular sano y abundante en cada planta. El sustrato debe brindar las condiciones adecuadas para que la planta pueda absorber nutrientes. Un alto porcentaje de los costos de producción en el manejo del vivero dependen de una buena elaboración se sustrato, por lo que es muy importante su control.

Existen varias alternativas de preparación de sustrato, de las cuales se mencionan dos sugeribles para la producción de almacigo de café.

Sustrato utilizando el perfil del suelo

- 50% de perfil o flor de suelo.
- 25% de materia orgánica, preferiblemente lombricompost o pulpa de café completamente descompuesta.
- 25% de arena de río cernida.

Sustrato utilizando el material del subsuelo

- 50% de tierra del subsuelo. Como fundamento se tiene que el material en el subsuelo está libre de todo ecosistema, evitando así traer al vivero plagas, enfermedades o malezas que ponen en riesgo el desarrollo de las plantas de café.
- Antes de mezclarse, el subsuelo debe pasar por una zaranda de $\frac{3}{4}$ de pulgada para uniformizar las partículas y eliminar las impurezas que pudiera tener.

- 25% de materia orgánica en perfecto estado y completamente descompuesta.
- 25% de cascarilla de café o arroz. Este material permitirá una menor compactación del sustrato, permitiendo la aireación requerida para la nutrición de las plantas. (p.3,4)

5.3.1. *Sustratos inertes*

El sustrato es aquel que actúa como un soporte, mantiene el calor y humedad para evitar que la planta tienda a caerse, la utilización de los sustratos ayuda a que haya un mejor drenaje, e impide que el agua pueda quedarse al nivel de las raíces y por estas causas podría traer como consecuencia la pudrición de las raíces por el exceso de agua, para el desarrollo de los sustratos se pueden utilizar diversos materiales tomando en consideración que la realización de este material sea apto para ser utilizado como soporte de la planta (Duicela G et al., 2004) extraído de (Campozano Ollague, 2020)

Los Pellets de Jiffy: Los Pellets son unidades compuestas de fibra de coco con musgo, comprimidas en una malla fina, suave y biodegradable; posee cal y un abono especial con un bajo contenido de amonio, con 5.3 de pH. Se presentan en varios tamaños y al humedecerlos se expanden verticalmente. Una vez enraizada la planta en el pellet, ésta se trasplanta directamente al suelo con todo el elemento. Durante el tiempo en vivero, las raíces de la plántula tienden a salir fuera del comprimido ocurriendo así una autopoda de raíces. Esto obliga a la planta a desarrollar, principalmente, el sistema radicular lateral secundario, proveyendo un mayor volumen de raíces que, al momento del trasplante, brindarán a la planta un mayor crecimiento y desarrollo en comparación con cualquier otro método (Jiffy Products 2009) tomado de (Gutiérrez Rodríguez & Muñoz Chaves, 2010)

5.4. *Té de Lombricompost*

(Clive E., Norman Q. , & Rhonda L., 2011) describe que existen soluciones acuosas de lombricompost comúnmente denominados lombricompost “tés”, pueden definirse simplemente como extractos de agua de lombricompost sólida desde la cual los microorganismos, nutrientes solubles, y sustancias beneficiosas para las plantas se convierten en una forma líquida. Té lombricompost se puede utilizar en una amplia gama de sistemas hortícolas y agrícolas para provocar crecimiento de las plantas y la gestión de plagas y enfermedades a través de una variedad de mecanismos. Una de las características únicas de este té es que, a diferencia de su contraparte sólida, se puede aplicar directamente al follaje de la planta.

También se utiliza como una inundación del suelo y se ha demostrado ser eficaz en cantidades relativamente pequeñas. Té lombricompost es un subconjunto de una categoría más amplia de extractos acuosos conocidos como tés de compost o extractos de compost. Mientras que la producción y la tecnología de aplicación y los modos de acción de estos extractos pueden ser similares, té de lombricompost se caracterizan más precisamente por los sustratos orgánicos, de donde se extraen las sustancias beneficiosas. Así como lombricompost ha demostrado ser una fuente consistente prolífica de compuestos beneficiosos de plantas, numerosos testimonios de productores y algunos recientes estudios científicos sugieren que los tés de lombricompost son igualmente eficaces. (Págs. 30-39)

5.4.1. *Producción Básica del Té de Lombricompost*

El concepto básico de la producción de té de lombricompost es simple:

Lombricompost té = lombricompost + Agua + Tiempo

Las características químicas y biológicas del té lombricompost pueden diferir con los cambios en las entradas y otras variables del proceso. Para establecer un sistema de producción

con un resultado consistente, es ventajoso mantener el mayor número de estas constantes como sea posible. Variables insumos para la producción de té de lombricompost y variables de proceso son los siguientes.

- a. Fuentes de humus de lombriz
- b. La aireación mecánica y la agitación / agitación
- c. Nutrientes suplementarios (aditivos)
- d. La calidad y la temperatura del agua

5.4.2. Fuentes de Lombricompost

De acuerdo con lo que plantea (Clive E., Norman Q. , & Rhonda L., 2,011, págs. 45,46), afirma que los tés de lombricompost son básicamente la esencia concentrada de lombricompost, la fuente principal del humus de lombriz es quizás la variable más importante en la consecución de un extracto acuoso con una calidad constante. Las características del lombricompost varían según el tipo de material de alimentación y otras variables de producción. Una fuente fiable de lombricompost con características consistentes ayudará a minimizar la variabilidad en los extractos acuosos producidos a partir de ella. La relación de lombricompost al agua utilizada en la producción de té lombricompost es una variable que se puede mantener constante. Las proporciones entre 5% (01:20) y 20% (1: 5) lombricompost sólido a agua han demostrado ser eficaz en ensayos de laboratorio y de invernadero.

5.4.3. Aireación y Agitación

Muchas versiones de los extractos derivados de compost, lombricompost, abonos y otros materiales orgánicos se han utilizado de forma beneficiosa en la agricultura durante muchos años. Algunos de estos extractos crudos fueron hechos simplemente por remojo, el material en agua durante días o incluso semanas, generalmente sin agitación mecánica o aireación. La práctica de la introducción de aire en la solución (y / o de agitación,

recirculación, o la agitación de la solución) durante el proceso de extracción es un desarrollo relativamente reciente.

La razón para introducir aire en el proceso de extracción es fomentar la proliferación y la supervivencia de microorganismos aerobios en la solución acuosa o té, y también para disminuir la cultura y el desarrollo de microorganismos anaerobios que pueden producir subproductos metabólicos desfavorables para crecimiento de las plantas en el extracto acuoso. El primer sistema de compost / té de lombricompost aireado comercial, se introdujo en 1996. En la actualidad hay una serie de sistemas aireados comerciales disponibles en el mercado con una amplia gama de tamaños y capacidades. (Págs. 45-46)

5.4.4. *Nutrientes Suplementarios (Aditivos)*

(Clive E., Norman Q. , & Rhonda L., 2011) indica que el advenimiento de equipo de elaboración de té aireado y el uso generalizado de tés fue acompañada por una práctica común de la adición de diversos aditivos o nutrientes suplementarios a la solución como fuentes de alimento microbianas. La práctica de la adición de tales aditivos en el proceso se basa en la teoría de que existe un aumento de la biomasa microbiana activa lo cual mejoraría la eficacia del producto final. Ejemplos de materiales suplementarios que se han utilizado incluyen melaza (Duffy et al., 2004, citado por Clive A, et al., 2011), ácidos húmicos, algas marinas, polvos de roca, emulsiones de pescado, y una variedad de otros ingredientes.

Cuando se utilizan, la cantidad de nutrientes suplementarios utilizados en la producción de té de compost / humus de lombriz es generalmente pequeño en relación con la cantidad de abono / utilizado lombricompost. Hay mezclas comerciales de aditivos ofrecidos por los fabricantes de equipos de té que están formulados y establecidos específicamente para su diseño del equipo y la capacidad.

5.4.5. Duración del Proceso de Extracción y Elaboración

La cantidad de tiempo que se necesita para producir té de lombricompost varía desde horas hasta días, dependiendo del tipo de sistemas de elaboración utilizados, los objetivos y las variables de producción. La extracción física de los componentes y microorganismos solubles de lombricompost se produce bastante rápido y es menos dependiente del tiempo que el proceso real “elaboración de la cerveza”. Es importante señalar que en algunos casos el proceso de infusión se elimina después de un tiempo relativamente breve proceso de “sólo para la extracción”.

Un tiempo de preparación comúnmente utilizado y conveniente es de 24 horas, con aireación continua y la agitación, aunque esto varía ampliamente de acuerdo con el tipo y el tamaño del equipo y otros factores. Aunque el tiempo probablemente no afecta significativamente las concentraciones de los componentes solubles que se extraen en la solución, ya que es un proceso biológico los componentes químicos pueden ser posteriormente influenciadas por la actividad biológica. Hay un punto de rendimiento decreciente en el proceso de producción por el cual las tasas de crecimiento microbiano pueden disminuir debido a factores limitantes.

5.4.6. *La Calidad del Agua y Temperatura*

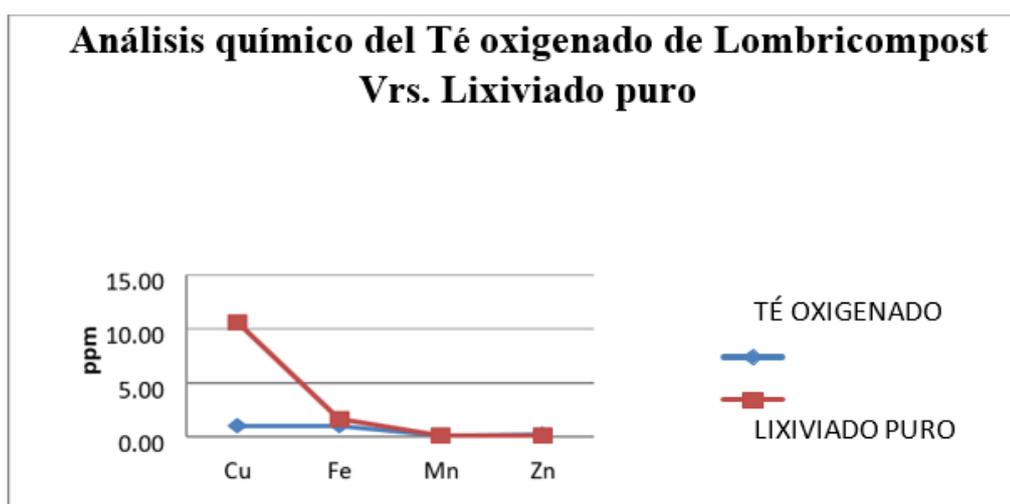
se menciona que las características físicas y químicas del agua utilizada para la producción de té de compost pueden ser variables significativas. La temperatura afecta a los tipos de organismos que van a crecer, así como sus tasas de crecimiento. La temperatura también afecta a las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, porque el agua que es demasiado caliente tiene una capacidad limitada para contener oxígeno, afectando directamente la cantidad de oxígeno que está disponible para los microorganismos. Los sólidos disueltos o suspendidos, pesticidas, metales pesados, patógenos, cloro y otros componentes del suministro de agua pueden afectar el crecimiento de microorganismos en diferentes grados. (54-59)

5.4.7. Perfil nutricional del té de lombricompost

De acuerdo con los resultados obtenidos por (Porrás Véliz, 2019), el té oxigenado de lombricompost presenta algunas ventajas comparativas respecto a los lixiviados convencionales de lombricompost en tal sentido se presentan a continuación los siguientes datos referenciales:

Figura 1

ANÁLISIS QUÍMICO DEL TÉ OXIGENADO



Nota. Se presenta la gráfica anterior para resaltar que el contenido de Cobre presente en el lixiviado puro es mayor y los demás nutrientes no presentan una diferencia significativa. El contenido de los demás nutrientes se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2

ANÁLISIS QUÍMICO DEL TÉ OXIGENADO DE LOMBRICOMPOST CON CATALIZADOR COMPARADO CON EL LIXIVIADO DE LOMBRICOMPOST PURO (PPM)

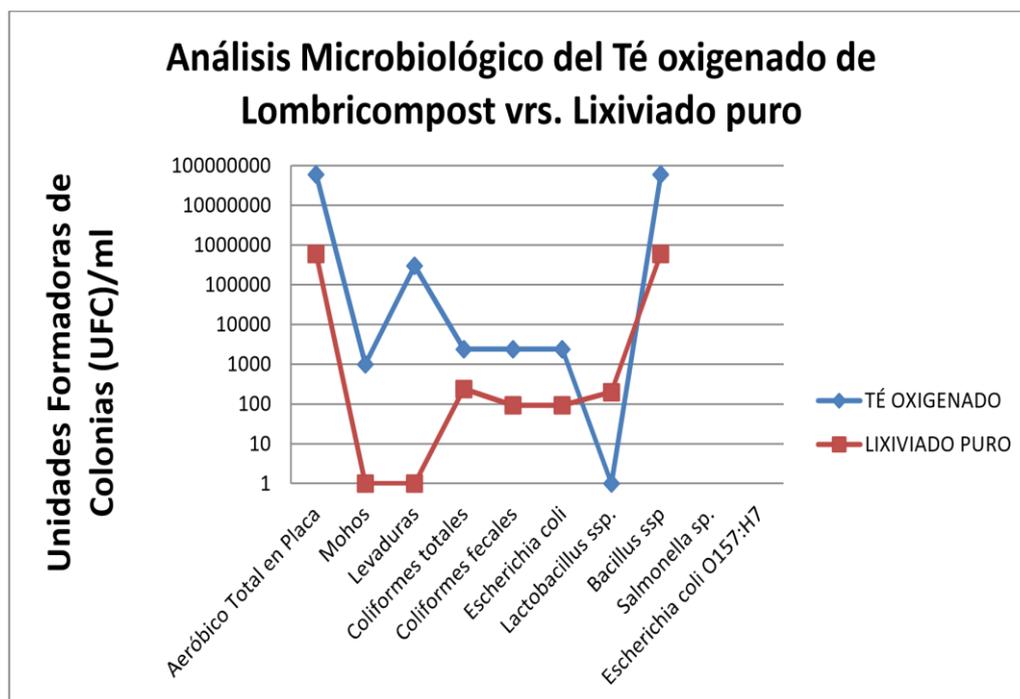
ANÁLISIS (ppm)	TÉ OXIGENADO	LIXIVIADO PURO
pH	6.50	8.40
N	500.00	300.00
P	1125.00	62.70
K	470.00	6685.00
Ca	1543.88	146.60
Mg	2139.00	75.51

Análisis Microbiológico del Té Aplicado Comparado con el Lixiviado de Lombricompost Puro.

La figura 2 que se presenta a continuación, corresponde a los resultados obtenidos por el Laboratorio de Química y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 2

HALLAZGOS MICROBIOLÓGICOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS TOMADAS



Nota. La gráfica denota que la actividad microbiana se incrementa considerablemente en el té oxigenado de lombricompost y catalizador. Nótese que la presencia de mohos aumenta los cuales son beneficiosos para el cafeto, así como en otros frutales y deciduos.

Ambos productos carecen de Bacillus, Salmonella y coliformes patógenos para el ser humano. Los lactobacillus disminuyen en el té oxigenado porque son anaerobios por lo cual la presencia de oxígeno los elimina. (págs. 5-7)

De acuerdo con los resultados emitidos por (Laboratorios Ward Inc., 2020) el perfil microbiológico de suelos tratados con té de lombricompost oxigenado, presentan los siguientes resultados:

Tabla 3

**BIOMASA MICROBIANA VIVA TOTAL, ÁCIDO GRASO FOSFOLÍPIDO
(PLFA) NG/G ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE GRUPOS FUNCIONALES**

Biomasa total	Diversidad	Clasificación
< 500	< 1.0	Pobretón
500+	1.0+ - 1.1	Pobre
- 1000		
1000+	1.1+ - 1.2	Ligeramente por debajo de la
- 1500		media
1500+	1.2+ - 1.3	Promedio
- 2500		
2500+	1.3+ - 1.4	Ligeramente por encima de la
- 3000		media
3000+	1.4+ - 1.5	Bien
- 3500		
3500+	1.5+ - 1.6	Muy bien
- 4000		
> 4000	> 1.6	Excelente

Grupo funcional	Biomasa, PLFA ng/g
Bacterias totales	6836.17
Gram (+)	3560.02
Actinomicetos	1216.98
	Gram (-) 3276.16
Rizobios	0.00
Hongos totales	2941.28
Micorrizas arbusculares	941.29
Saprófitos	1999.98

5.4.8. Tecnología a Utilizar para la Preparación del té

De acuerdo con la experiencia referida por (Finca Armenia Lorena, 2,022); para la preparación del té oxigenado de lombricompost, se propone la utilización de la tecnología GSI® (Sistemas Growing Solutions Incorporated® -por sus siglas en inglés-), promovida por la Finca Armenia Lorena del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta.

Por su parte, (Porrás Véliz, 2,019) El tanque de oxigenación consiste en un equipo construido con protocolos de seguridad y el uso de un catalizador con lo cual extrae de forma eficaz los nutrientes, microorganismos y compuestos orgánicos presentes en el estiércol de lombriz (lombricompost).

La preparación requiere 24 horas de oxigenación en los que los nutrientes se mantienen estables pero los microorganismos y compuestos orgánicos se incrementan de forma exponencial. El tanque y el uso de catalizador permiten la producción eficiente de té de

lombricompost se mantiene los niveles adecuados de temperatura (23°C), oxígeno, la solución homogénea, una alimentación uniforme de microorganismos.

Es importante considerar que la calidad del lombricompost utilizado influye en los resultados del producto obtenido por lo cual la alimentación de las lombrices es importante, así como la calidad del agua. Esta última no debe tener cloro. En el anexo se presentan los pasos para la preparación del té.

Las características de esta tecnología son las siguientes:

Considerando que la tecnología de oxigenación es patentada y denota características específicas, se refiere en el anexo 3 la ficha de especificaciones técnicas.

Los sistemas GSI son una innovación tecnológica que consiste en equipos contruidos con protocolos de seguridad que oxigenan a través de válvulas que poseen una membrana patentada, que generan una microburbuja, produciendo un “Té de lombricompost ” y tras el uso de un catalizador, que es una mezcla única de ingredientes formulados para estimular el crecimiento y multiplicación de microorganismos y compuestos orgánicos presentes en el Lombricompost , obteniéndose al final billones de microorganismos benéficos. Además, mantiene la humedad en el suelo, lo cual es un coadyuvante en época seca (Armenia, sf.)

Figura 3*SISTEMA GSI (GROWING SOLUTIONS INCORPORATED)*

Fuente: Armenia s.f.

Nota. El material principal con que está fabricado el tanque de agua y las bases de este es de polietileno de alta densidad. Material 100% reciclable. UV (anti-rayos ultravioleta) estabilizado. El material de fabricación de las bandejas o cestas y las tapaderas de soporte de las bandejas es de acrilonitrilo butadieno estireno. Fabricado de 50% de material reciclado, material 100% reciclable.

Sujeciones, pernos y tornillos de acero inoxidable y latón utilizados en todas las máquinas para la longevidad no es corrosivo y durabilidad.

Las válvulas son marca Banjo® fabricadas con fibra de vidrio llena de polipropileno. La tecnología de aireación de burbuja fina; la membrana de Difusión hecha de caucho EPDM y polipropileno con fibra de vidrio para la fiabilidad y longevidad.

Compresores de aire regenerativos SIEMENS® (System100 y System500) son los sopladores de mayor audiencia en su clase con una calificación de uso continuo de ocho años y tolerancias de alta temperatura.

El compresor de aire Alita lineal magnética (System25) es un soplador de eficiencia extremadamente confiable, tranquilo y energía con el uso bajo (65 vatios) el consumo de energía y una calificación de cinco años de uso continuo.

En resumen, este sistema de producción de té aireado de lombricompost tiene como principios de trabajo:

- **Oxigenación:** La mayoría de los procesos energéticos como la respiración, la oxidación y los procesos de crecimiento requieren como fuente principal oxígeno. La aplicación de Syntrophy microbial oxigenado en el suelo, proporciona no solamente microorganismos, sino también nutrientes y la absorción de los mismos con más facilidad, mejorando la calidad del suelo y la nutrición y por ende mejorando la calidad de cosechas.
- **Protección al agricultor:** Promueve la seguridad personal de los agricultores (salud-no toxico).
- **Mayor rendimiento:** Mejora los rendimientos y el peso del grano, fruta.
- **Ahorro:** Reduce los costos de producción, al reducir fertilización inorgánica.
- **Mejora la calidad:** Recupera y mejora la calidad de los suelos y de la plantación.
- **Biodiversidad:** Promueve existencia de insectos polinizadores (biodiversidad).
- **Recuperación:** Ayuda a la planta a recuperarse de daños ocasionados por plagas, enfermedades y estrés como humedad (los agregados en el suelo permiten mejor retención de humedad)
- **Permanencia:** Asegura la permanencia de la producción a través de los años.

6. Objetivos

5.4.9. *Objetivo general*

6.1.1. Evaluar el efecto del té de lombricompost para el almacenamiento de café (*Coffea arabica* L.), en sustrato inerte en San Rafael Pie De La Cuesta, San Marcos.

5.4.10. *Objetivos específicos*

6.1.2. Determinar cuál de los tratamientos presenta mayor riesgo de eficiencia en etapa de vivero, respecto al porcentaje de mortalidad de plantas de café trasplantadas a campo definitivo, bajo la técnica pellet.

6.1.3. Evidenciar el comportamiento sinérgico ideal entre los microorganismos aeróbicos y la fertilización química.

6.1.4. Determinar que tratamiento es el que presenta mayor índice de vigorosidad en el desarrollo fenológico de las plántulas de café.

7. HIPÓTESIS

Ha1 Al menos uno de los tratamientos presentará diferencia significativa estadísticamente, respecto a la vigorosidad en las plántulas, estadísticamente superior.

Ha2 Al menos uno de los tratamientos presentará diferencia significativa estadísticamente respecto al porcentaje de mortalidad en las plántulas.

8. Metodología

5.4.11. Localización

El ensayo se llevó a cabo en la zona cafetalera de San Rafael Pie de La Cuesta, San Marcos, específicamente en Finca Armenia Lorena, la cual está ubicada a 5 km del centro del municipio. Misma que se encuentra a una altitud de 1263 msnm con una temperatura ambiente de 20-25 grados centígrados y una humedad relativa de 79% con lluvias promedio anuales de 2000 mm, con una ubicación en coordenadas de 14°54'51" N latitud norte y 91°53'53" W longitud oeste. (RNGG, 2016).

Se estableció en el área de almácigos de Finca Armenia Lorena, El lugar cuenta con los requisitos para el establecimiento de almácigos por estar cerca del semillero, tener fácil acceso, topografía plana y disponibilidad de riego, además de contar con seguridad perimetral.

5.4.12. Material experimental

Para esta investigación se utilizó la especie de café arábica; Específicamente la variedad Marsellesa (*Coffea arabica L.*), por ser resistente a roya del café (*Hemileia vastatrix*), además de su actual importancia económica.

Esta variedad se originó de la progenie del Sarchimor T-5296 en fincas cafetaleras de Nicaragua (La Marsellesa, La cumplida y Los Compadres). Se origina del cruce de la variedad Villa Sarchí 971/10 y el Híbrido de Timor CIFC 832/2, creado en el año 1959 por el CIFC, Oeiras, Portugal. Las siguientes generaciones fueron evaluadas en Brasil y posteriormente introducidas por el CATIE a Centroamérica. (ANACAFÉ 2019).

Es una variedad precoz, en condiciones normales empieza a producir a los 18 meses después de la siembra. Las bandolas son largas (más de 1 metro), con buena emisión de ramas secundarias (palmillas) en las bandolas de la parte baja, con hojas grandes, coriáceas y brote terminal verde. Planta de alta productividad, entrenudos cortos, con producción promedio de 45 quintales pergamino seco por manzana (64 quintales pergamino seco por hectárea). (ANACAFÉ 2019).

5.4.13. Pellets

Se construyeron mesas con un ancho de 1 metro que facilitó las labores, la mesa con un contorno de 8 centímetros de altura, esto con la finalidad de evitar que los pellets se tocaran por los laterales de la mesa, en la base de la mesa se colocó una capa de malla galvanizada de 2cm x 2cm y que permitió poner zunchos para espaciar las plantas adecuadamente evitando así la etiolación de las plantas.

Con un área de 72 m² de estructura de almácigo se puede satisfacer las necesidades de plantas de una hectárea incluyendo el área de caminos. (Jiffy 2020). Los pellets tienen una carga nutricional de lenta liberación que debe ser complementada con el paso de los días para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta de café, una vez que las semillas han emergido sobre el nivel del suelo se inicia el despliegue de las primeras hojas o cotiledones (Jiffy 2020).

5.4.14. Época de siembra:

La época más adecuada para establecer los almácigos es al inicio de la época de lluvias; para la mayoría de las regiones, aunque esto tiene mucho que ver con la edad, tamaño y época

en que se desea trasplantar al campo definitivo. El agua es de vital importancia, la lluvia se complementa con el riego, en los días secos de invierno, así mismo durante todo el verano. Se recomienda la supervisión del riego, para que se haga en forma correcta. Cualquiera que sea el equipo y el sistema, debe ponerse especial atención en la penetración adecuada en el suelo de las bolsas. La frecuencia depende del suelo y del ambiente, se debe tener cuidado con la compactación de las bolsas.

5.4.15. Siembra y ordenamiento de pellets

Se colocó en hileras dobles con calles de 40 a 50 cm de ancho. Si se tiene preferencia por sembrar dos cafetos por bolsa, conviene colocarlos de la misma dirección que las hileras de las bolsas. Esta debe enterrarse a una profundidad que depende de la temperatura y humedad del ambiente y del suelo. Entre más caliente y seca, mayor será la profundidad que debe enterrarse la bolsa. La disponibilidad del riego y la regulación de la sombra permitirán mayor profundidad con ahorro de trabajo y costos. La profundidad, la textura del suelo, y el agua de lluvia o de riego y a la exposición al sol determinará el grado de compactación de las bolsas, lo cual afecta mucho el desarrollo del café, y el suelo debe mantenerse suelto y la bolsa ceder a la presión de los dedos.

5.4.16. Cuidados de la Siembra

Dentro de los cuidados tenemos:

- a) No sumergir forzosamente el pellet, sino más bien esperar el tiempo que sea necesario para que se hidraten las pastillas comprimidas.
- b) Al momento de manipular el pellet después de hidratado, no golpear muy fuerte el pellet ya que podría romperse.

- c) Colocar el fertilizante procurando que no quede en contacto directo con el sistema radicular.

5.4.17. Fertilización:

Los programas de fertilización disuelta utilizados en el experimento se describen a continuación en el cuadro 1, sugerida por la empresa Jiffy Group.

Tabla 4

PLAN DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA PARA ALMACIGO (JIFFY GUATEMALA 2021)

Primera aplicación 15 días de germinado (Una hoja aproximadamente)			
Fertilizante	Tipo de aplicación	Dosis/Mochila 16 Lt	Observaciones
20-20-0	Localizada al suelo	1 oz	Agregar 1 onza de fungicida mancozeb, a razón de 1 onza/mochila
Boro (Solubor)	Foliar	1 onza	
Aceite mineral como adherente		10 cc	

Segunda aplicación 8 días después de la primera aplicación			
Fertilizante	Tipo de aplicación	Dosis/Mo chila 16 Lt	Observaciones
20-20-0	Localizada a al suelo	2.5 oz	
Urea	Localizada a al suelo	2.5 oz	
Sulfato de magnesio	Localizada a al suelo	2 oz	
Boro + cobre + zinc	Foliar	50 cc	
Tercera aplicación 8 días después de la segunda aplicación			
Fertilizante	Tipo de aplicación	Dosis/Mo chila 16Lt	Observaciones
20-20-0	Localizada a al suelo	3 oz	Agregar cobre a razón de 1 onza/mochila de 16 litros
Urea	Localizada a al suelo	3 oz	
Sulfato de magnesio	Localizada a al suelo	2 oz	
Boro + cobre + zinc	Foliar	50 cc	
Cuarta aplicación 8 días después de la tercera aplicación			

Fertilizante	Tipo de aplicación	Dosis/Mo chila 16Lt	Observaciones
Fertilon Combi	Foliar	1 onza	
Aceite mineral	Foliar	10 cc	
Tiofanato	Foliar	20 cc	Fungicida

Fuente: elaboración propia en base a análisis de condiciones del experimento, CUSAM 2,024

5.4.18. Plan fitosanitario

Como medida preventiva para evitar el apareamiento de enfermedades, la planta se mantuvo nutrida con una fertilización adecuada y sombra suficientemente regulada. La supervisión constante y rigurosa, permitió detectar en forma oportuna la aparición de plagas, mismas que de acuerdo con la tecnología tratada no debieron diseminarse e infectar las unidades experimentales; en forma preventiva, se realizaron aplicaciones con Rizolex 10 gramos por galón, iniciando la primera aplicación cuando la planta se encontró en estado de “soldadito”, repitiendo a los 20 30 y 45 días después de la primera. Para aplicaciones posteriores, se alternaron con productos como clorotalonil WP-75 a razón de 5 gramos por galón de agua, ciproconazole (Alto100 SL) en dosis de 1.5 cc por galón de agua u oxiclورو de Cobre 50% metálico utilizando 15 gramos por galón (13). (Finca Armenia 2021).

5.4.19. Riego

La época más adecuada para establecer los almácigos es al inicio de la época de lluvias; en este caso a partir de mayo. El agua es de vital importancia, la lluvia se complementa con el riego, en los días secos de invierno, así mismo durante todo el verano. Se recomienda la

supervisión del riego, para que se haga en forma correcta. Cualquiera que sea el equipo y el sistema, debe ponerse especial atención en la penetración adecuada en el suelo de las bolsas.

5.4.20. Unidad experimental

La bandeja de pellets alberga 144 pastillas, por lo que cada bandeja representará cada repetición. Siendo un total de 2304 plantas establecidas unidad experimental.

Cada unidad experimental contiene 36 plántulas; a un distanciamiento de 5 centímetros entre cada una, teniendo en cuenta que la tecnología pellet será el sustrato y no demanda de otro proceso más que hidratación previa para la siembra en etapa de vivero.

5.4.21. Diseño experimental:

Para desarrollar el presente estudio se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, constituyendo así 16 unidades experimentales y planteando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = variable de respuesta (factor de impacto en población evaluada)

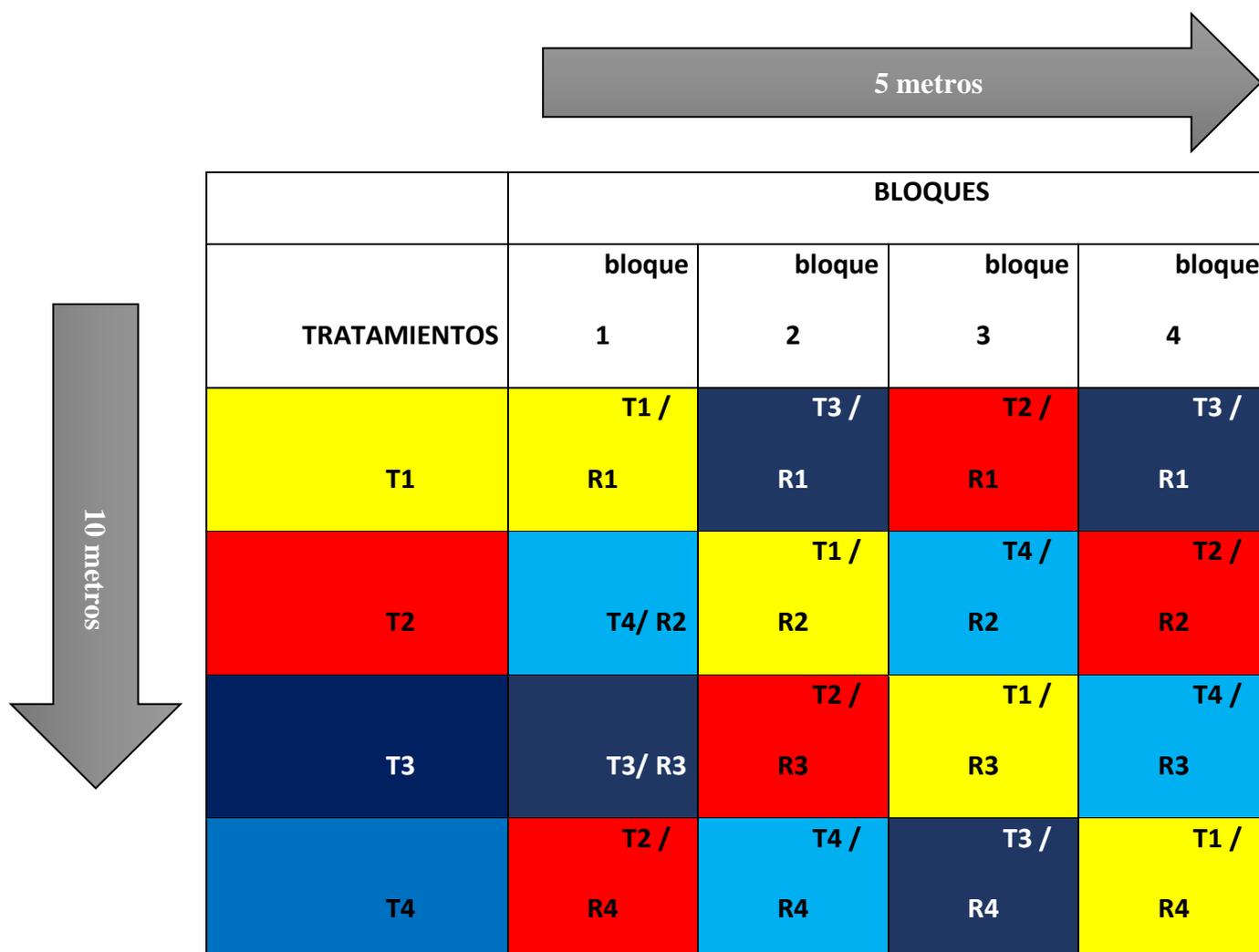
μ = es la media general de la variable de respuesta

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

9. DISEÑO O CROQUIS DE CAMPO



9.1. Tratamientos

- 9.1.1. T1: Fertilización convencional reducida al 75% más inoculación de té de lombricompost .
- 9.1.2. T2: Fertilización convencional reducida al 50% más inoculación de té de lombricompost .
- 9.1.3. T3: Testigo relativo, Fertilización convencional propuesta por Jiffy Grup.
- 9.1.4. T4: Testigo absoluto, Sin fertilizar

Se detalla a continuación las características de cada tratamiento, respecto a la modalidad de nutrición y manejo agronómico:

Tabla 5

DESCRIPCIÓN OPERATIVA DE LA NUTRICIÓN COMPLEMENTARIA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EVALUADOS

TRATAMI ENTO	DOS IS DE TE DE LONBRICOMP OST (TODO EL CICLO)	D OSIS DE FERTILIZAC IÓN	TIPO DE FERTILIZANTE	D OSIS CONSIDERA DA	FOR MA DE APLICACIÓN	NÚM ERO DE APLICACIONES
T1: fertilización convencional reducida al 75% más inoculación de té de lombricompost .	200c c (20cc por aplicación)		Hidros oluble	25 cc	tronq ueada	10
T2: fertilización convencional reducida al 50% más inoculación de té de lombricompost .	200c c		Hidros oluble	25 cc	tronq ueada	10
T3: testigo relativo, fertilización convencional propuesta por jiffy group.	0cc		Hidros oluble	25 cc	tronq ueada	10
T4: testigo absoluto, sin fertilizar	0cc			0cc		

Fuente: Elaboración propia, en base a desarrollo de experimento en campo, CACUSAM 2,025.

10. Variables de Respuesta

5.4.22. *Mortalidad de plantas trasplantadas*

Para esta variable se evaluó la cantidad de plantas muertas después de haber sido trasplantadas, expresado en porcentaje. Esta medición se realizó 20 días después del trasplante a campo definitivo, tiempo prudente en el cual podemos determinar si una planta se adaptó o no.

10.1. Vigorosidad

10.2.1. *Biomasa Foliar*

Se realizó contabilizando la cantidad de hojas verdaderas formadas por la planta, a las 16 semanas de sembradas en almácigo; tiempo que tardan las plantas en etapa de vivero bajo la técnica Jiffy. para lo cual se utilizaron cinco plantas de cada repetición (20 por tratamiento).

10.2.2. *Peso De Raíces*

Se realizó la medición de raíces vivas, extrayendo inicialmente la planta y eliminando por completo el sustrato y restos de este en la raíz. Posteriormente pesamos en una balanza analítica las raíces en gramos, para determinar su peso, esto se realizó a las 16 semanas de sembradas en almácigo; tiempo que tardan las plantas en etapa de vivero bajo la técnica Jiffy.

10.2.3. *Conductividad Eléctrica CE*

Esta variable fisicoquímica fue medida con la finalidad de conocer el nivel de concentración de sales en el sustrato, aspecto crítico que afecta directamente el

desarrollo y adaptabilidad en campo definitivo de las plantas de café. Dicha medición se efectuó con un conductímetro profesional de testado directo de suelo.

10.3. Análisis Económico

Para realizar el análisis económico de los tratamientos evaluados, se realizó un análisis Rentabilidad, de las alternativas de producción de plántulas de café evaluadas (17). Para el efecto se realizó un presupuesto parcial, considerando solo aquellos costos que varían entre tratamientos. Para el caso particular del costo de la aplicación de solución nutritiva, fertilizante y su beneficio neto. Se determinaron los costos que varían (CQV) para los 48 tratamientos, incluyendo en este los costos del producto aplicado (CP), costos de aplicación (CA) y costos de mezclado y llenado (CM).

$$CQV = CP + CA + CM$$

El beneficio bruto (BB) se obtuvo al multiplicar el precio de la planta * 1000.

El beneficio neto (BN) de las dos alternativas de producción de plántulas de café, se determina al restar los costos que varían (CQV) a los beneficios brutos de las alternativas.

$$BN = BB - CQV$$

11. Discusión de Resultados

De acuerdo con las variables planteadas en el protocolo de investigación, se realizó el análisis estadístico inferencial para cada una, teniendo en cuenta los siguientes hallazgos:

11.1. Mortalidad de plantas trasplantadas

Tabla 6

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE MORTALIDAD DE PLANTAS TRASPLANTADAS

Variable	N	R ²	R ²	C	
			Aj	V	
Mortalidad 20 días	1	0.	0.9	29	
después del trasplante	6	98	7	.82	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	Cm	F	p-valor
Modelo	1659	6	2765	72.66	<0.0
	2.88		.48		001
Tratam	1647	3	5490	144.26	<0.0
iento	2.19		.73		001
Repetic	120.6	3	40.2	1.06	0.41
ión	9		3		42
Error	342.5	9	38.0		
	6		6		
Total	16,93	14			
	5.44				

Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

Para la variable de mortalidad de plantas trasplantadas se tiene como resultado un coeficiente de variación de 29.82%. El análisis de covarianza mostró que el p-valor es menor a 0.001 a 0.05; deduciendo que el factor evaluado es altamente significativo, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa la cual dice “al menos uno de los tratamientos presentará mayor mortalidad después del trasplante en cada una de las plántulas de café”.

Se recomienda hacer una prueba de medias de Tukey al 0.05 para determinar que obtuvo la mayor mortalidad de plantas.

Tabla 7

PRUEBA DE TUKEY AL 0.05 PARA LA VARIABLE MORTALIDAD DE PLANTAS TRASPLANTADAS

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
Sin fertilizar.....	76.25	4	3.08	A
Fertilización convencional.....	3.25	4	3.08	B
Fertilización reducida al 75%.....	1.75	4	3.08	B
Fertilización reducida al 50%....	1.50	4	3.08	B

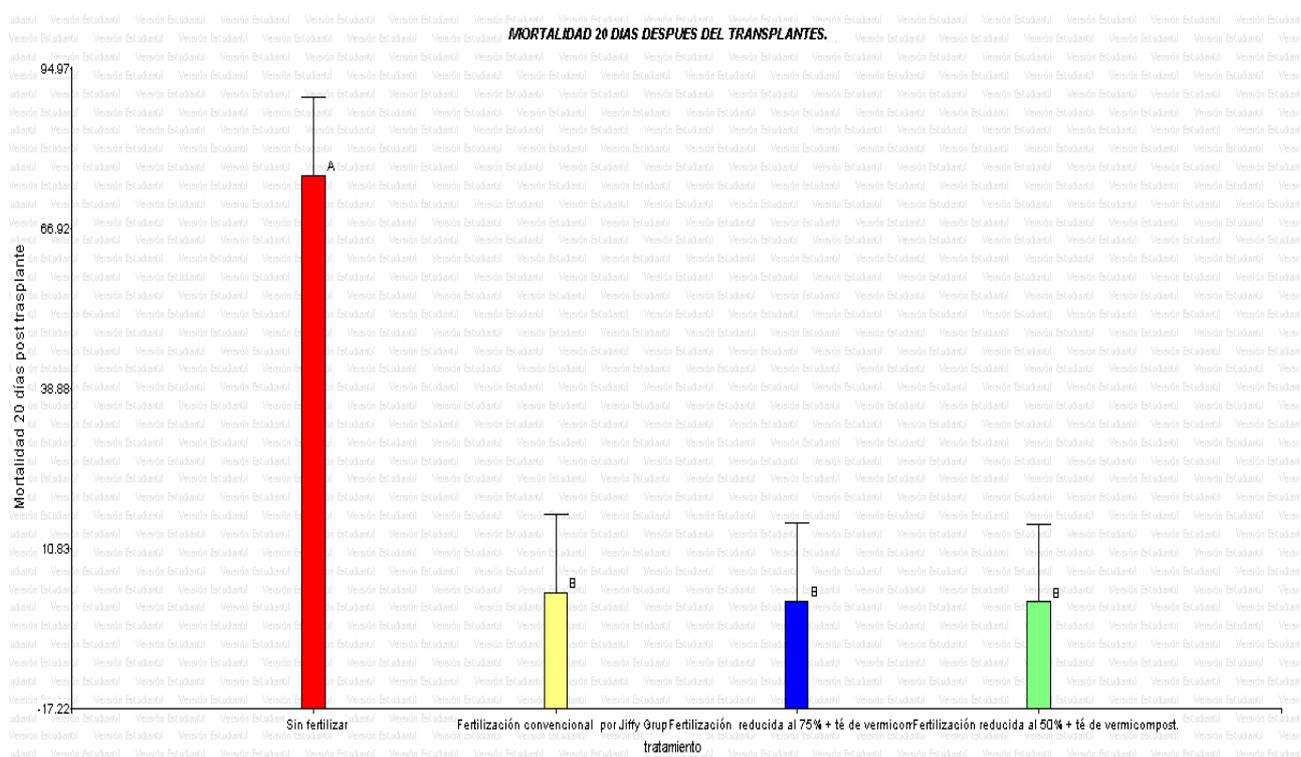
Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey para la variable Mortalidad de plantas trasplantadas, el tratamiento Sin aplicación de fertilizante tiene una media de 76.25 y es significativamente diferente de los otros tratamientos, que tienen la letra B. Esto indica que la mortalidad de plantas en el tratamiento "Sin fertilizar" es significativamente mayor en comparación con los otros tratamientos.

Los tratamientos denominados con la letra “B” (fertilización convencional, fertilización convencional reducida al 50% y fertilización convencional reducida al 75%) no presentan diferencia significativa entre sí. Lo que indica que sus medias no son significativamente diferentes entre sí. Es decir, la mortalidad de plantas en estos tratamientos es similar y significativamente menor que en el tratamiento "Sin fertilizar".

Ilustración 1

COMPORTAMIENTO DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE MORTALIDAD DE PLANTAS TRASPLANTADAS



Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

11.2. Vigoridad

11.2.1. Biomasa foliar

Tabla 8

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE BIOMASA FOLIAR/PARES DE HOJAS

Variable	N	R ²	R ²	C	
			Aj	V	
<i>Biomasa Foliar/pares</i>	1	0.	0.3	17.	
<i>de hojas</i>	6	62	6	81	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	Cm	F	p-valor
Modelo	24.	6	4.00	2.40	0.11
00					48
Tratami	19.	3	6.33	3.80	0.05
ento	00				20
Repetici	5.0	3	1.67	1.00	0.43
ón	0				63
Error	15.	9	1.67		
00					
Total	39.	15			
00					

Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

En la variable de la biomasa foliar por medio de los resultados obtenidos en el análisis estadístico, destaca que existe un coeficiente de variación de 17.81% modelando a los datos como confiables. El análisis de covarianza mostró que el p-valor es menor a 0.0520 a 0.05 lo cual tiene significancia, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa la cual dice “al menos uno de los tratamientos presentará mayor biomasa foliar en cada una de las plántulas de café”. Asimismo, se recomienda hacer una prueba de medias de tukey al 0.05 para determinar qué tratamiento es el mejor.

Tabla 9

PRUEBA DE TUKEY AL 0.05 PARA LA VARIABLE BIOMASA FOLIAR/PARES DE HOJAS

Error: 1.6667 gl: 9

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
Fertilización reducida al 75%.....	8.50	4	0.65	A	
Fertilización reducida al 50%.....	7.50	4	0.65	A	B
Fertilización convencional.....	7.50	4	0.65	A	B
<u>Sin fertilizar.....</u>	<u>5.50</u>	<u>4</u>	<u>0.65</u>		<u>B</u>

Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

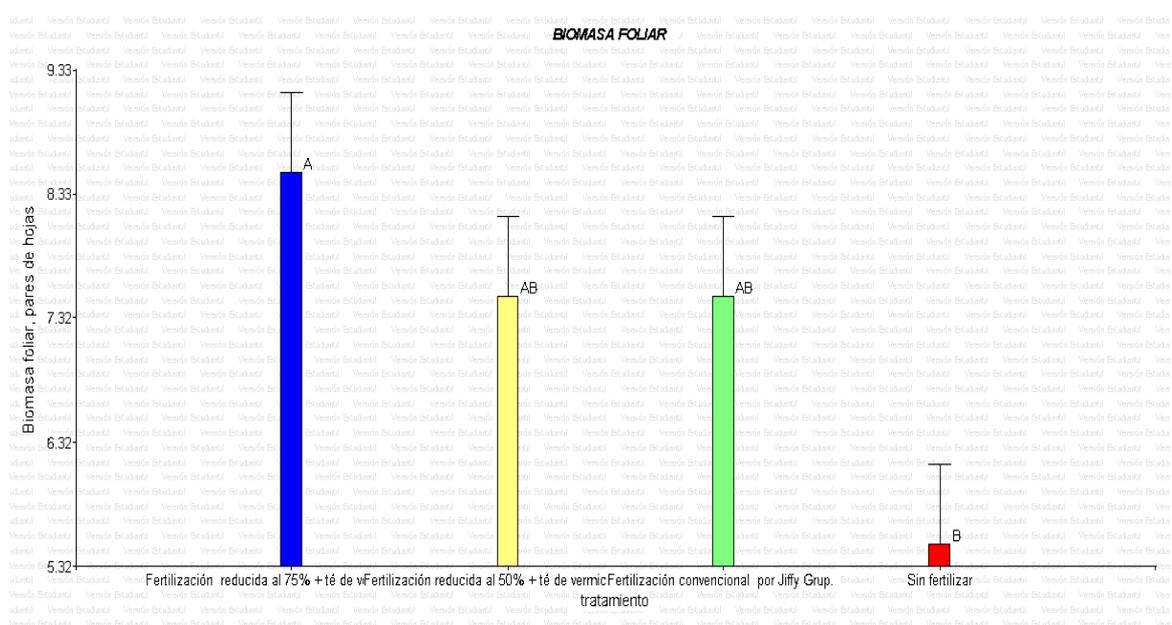
De acuerdo con la prueba de Tukey realizada para la variable, las medias calculadas del tratamiento Fertilización reducida al 75% (8.50) se diferencian significativamente del testigo sin fertilizar (5.50), pero no se diferencia del tratamiento Fertilización reducida al 50% (7.50) ni del tratamiento denominado Fertilización convencional (7.50).

Las medias calculadas del tratamiento de Fertilización reducida al 50% (7.50) y Fertilización convencional (7.50) no se diferencian significativamente entre sí. Finalmente, el

tratamiento de Fertilización reducida al 50% (7.50) y Fertilización convencional (7.50) son significativamente diferentes de Sin fertilizar (5.50).

Ilustración 2

COMPORTAMIENTO DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE BIOMASA FOLIAR/PARES DE HOJAS



Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

11.2.2. Peso de Raíces

Tabla 10

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO DE RAÍCES

Variable	N	R ²	R ²	CV	
			Aj		
<i>Peso de Raíces</i>	1	0.	0.4	26.	
	6	64	0	22	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	S	gl	Cm	F	p-valor
C					
Modelo	3.	6	0.61	2.66	0.09
	67				06
Tratamie	2.	3	0.99	4.32	0.03
nto	98				80
Repetici	0.	3	0.23	1.00	0.43
ón	69				71
Error	2.	9	0.23		
	07				
Total	5.	15			
	74				

Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

En la variable de la conductividad eléctrica se estableció que existe un coeficiente de variación de 26.22%, demostrando confiabilidad de los datos procesados. El análisis de covarianza mostró que el p-valor es menor a 0.0380 a 0.05, por lo tanto, es significativo, aceptando así la hipótesis alternativa la cual dice “al menos uno de los tratamientos presentará

mayor peso en las raíces en cada una de las plántulas de café”. Lo cual se recomienda hacer una prueba de medias de tukey al 0.05 para determinar que tratamiento es el mejor.

Tabla 11

PRUEBA DE TUKEY AL 0.05 PARA LA VARIABLE PESO DE RAÍCES

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.05814

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Fertilización reducida al 75%	2.21	4	0.24	A	
Fertilización reducida al 50%	2.16	4	0.24	A	B
Fertilización convencional.	1.83	4	0.24	A	B
<u>Sin fertilizar</u>	<u>1.13</u>	<u>4</u>	<u>0.24</u>		<u>B</u>

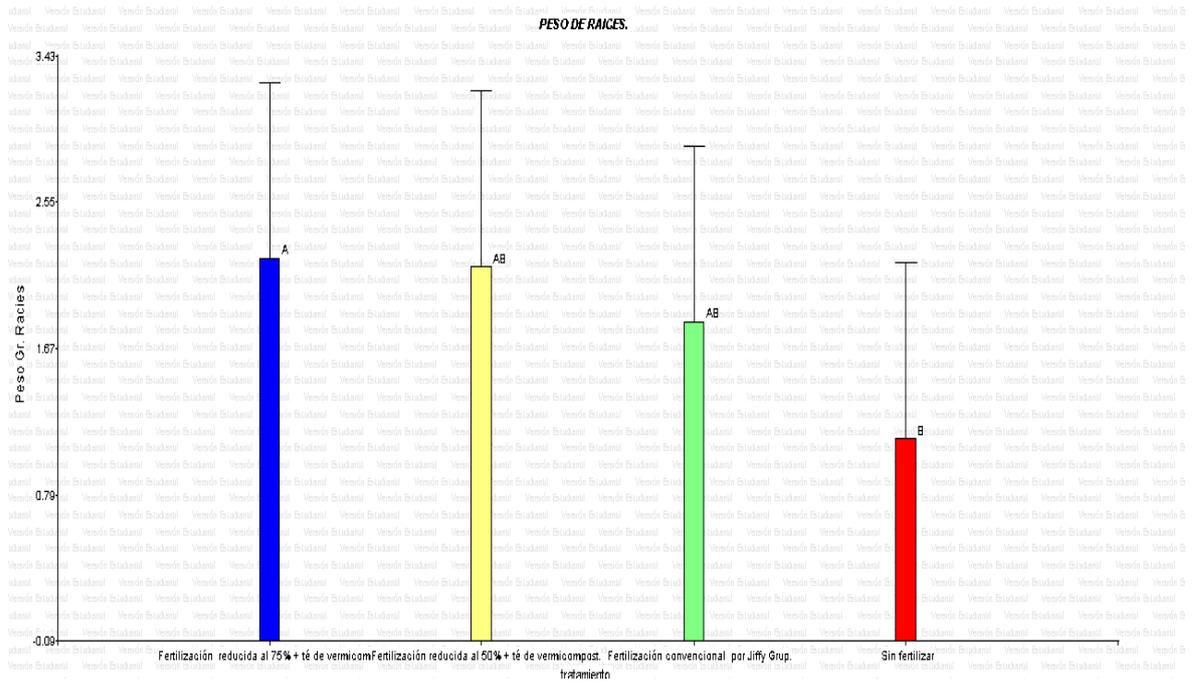
Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

La relación de significancia entre variables de acuerdo con la prueba de Tukey, permite establecer que el tratamiento de fertilización reducida al 75% y fertilización reducida al 50% no muestran diferencias significativas entre sí. En tanto que el tratamiento de fertilización reducida al 75% y fertilización convencional no muestran diferencias significativas entre sí.

Asimismo, el tratamiento de Fertilización reducida al 75% muestra una diferencia significativa con el tratamiento sin fertilizar, por su parte el tratamiento de Fertilización reducida al 50% y Fertilización convencional no muestran diferencias significativas entre sí. En tanto el tratamiento de Fertilización reducida al 50% muestra una diferencia significativa con Sin fertilizar. Finalmente se interpreta que el tratamiento de Fertilización convencional y Sin fertilizar no muestran diferencias significativas entre sí.

Ilustración 3

COMPORTAMIENTO DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE PESO DE RAÍCES



Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

11.3. Conductividad Eléctrica CE

Tabla 12

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

Variable	N	R ²	R ²	CV	
			Aj		
<i>conductividad</i>	1	0.	0.3	23.	
<i>eléctrica</i>	6	60	3	37	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	S	gl	Cm	F	p-valor
	C				
Modelo	2.	6	0.48	2.25	0.13
	89				19
Tratamie	2.	3	0.94	4.40	0.03
nto	83				63
Repetici	0.	3	0.02	0.10	0.95
ón	06				76
Error	1.	9	0.21		
	93				
Total	4.	15			
	82				

Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

El análisis estadístico de la variable de la conductividad eléctrica evidencia que se obtuvo un coeficiente de variación de 23.37% deduciendo alta confiabilidad de los datos obtenidos. El análisis de covarianza mostró que el p-valor es menor a 0.03 es menor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa la cual dice “al menos uno de los tratamientos

presentará mayor conductividad eléctrica en los muestreos de suelo”. Asimismo, se recomienda hacer una prueba de medias de tukey al 0.05 para determinar que tratamiento es el mejor.

Tabla 13

PRUEBA DE TUKEY AL 0.05 PARA LA VARIABLE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.02120

tratamiento	Medias	n	E.E.		
Fertilización reducida al 75%	2.33	4	0.23	A	
Fertilización reducida al 50%	2.21	4	0.23	A	B
Fertilización convencional.	2.12	4	0.23	A	B
<u>Sin fertilizar</u>	<u>1.26</u>	<u>4</u>	<u>0.23</u>		<u>B</u>

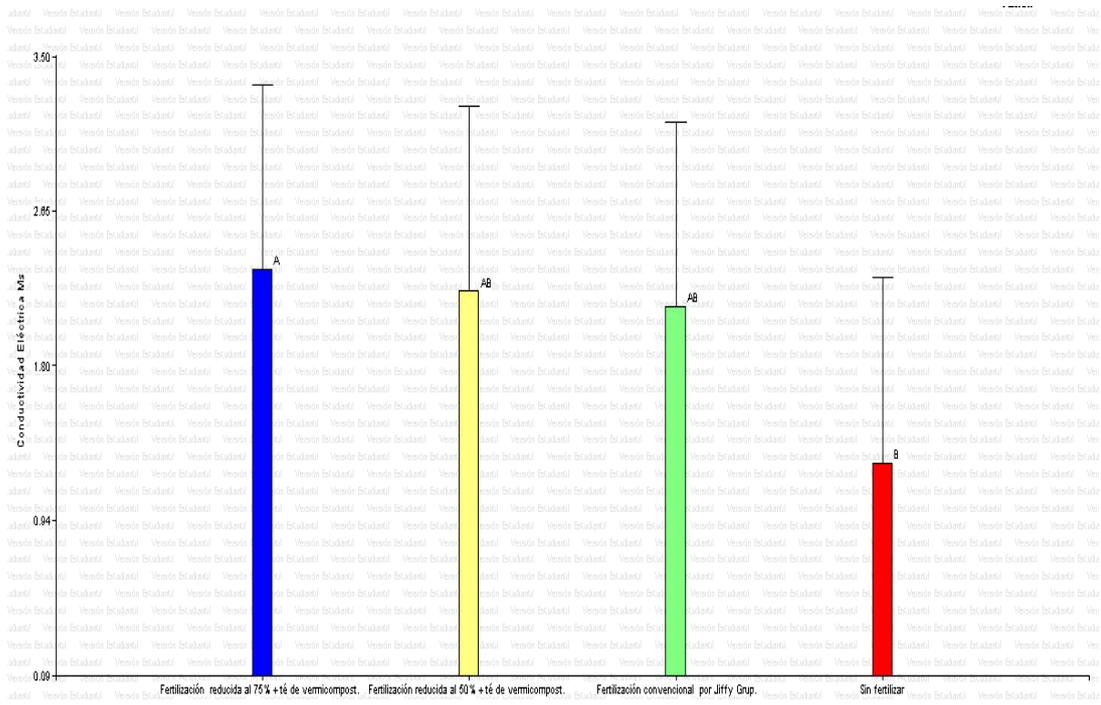
Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

De acuerdo con el análisis estadístico de Tukey, Las medias de los tratamientos de fertilización reducida al 75%, fertilización reducida al 50%, y fertilización convencional no tienen diferencias significativas entre sí. Todos los tratamientos anteriores presentan diferencias significativas con el tratamiento sin fertilizar.

Este comportamiento estadístico evidencia que la fertilización tiene un efecto positivo en la conductividad eléctrica comparado con la producción sin el uso de fertilizantes en el suelo, pero las diferencias entre los métodos de fertilización diferenciada no son significativas.

Ilustración 4

COMPORTAMIENTO DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA



Fuente: análisis estadístico basado en Infostat, Agronomía, CUSAM 2,024

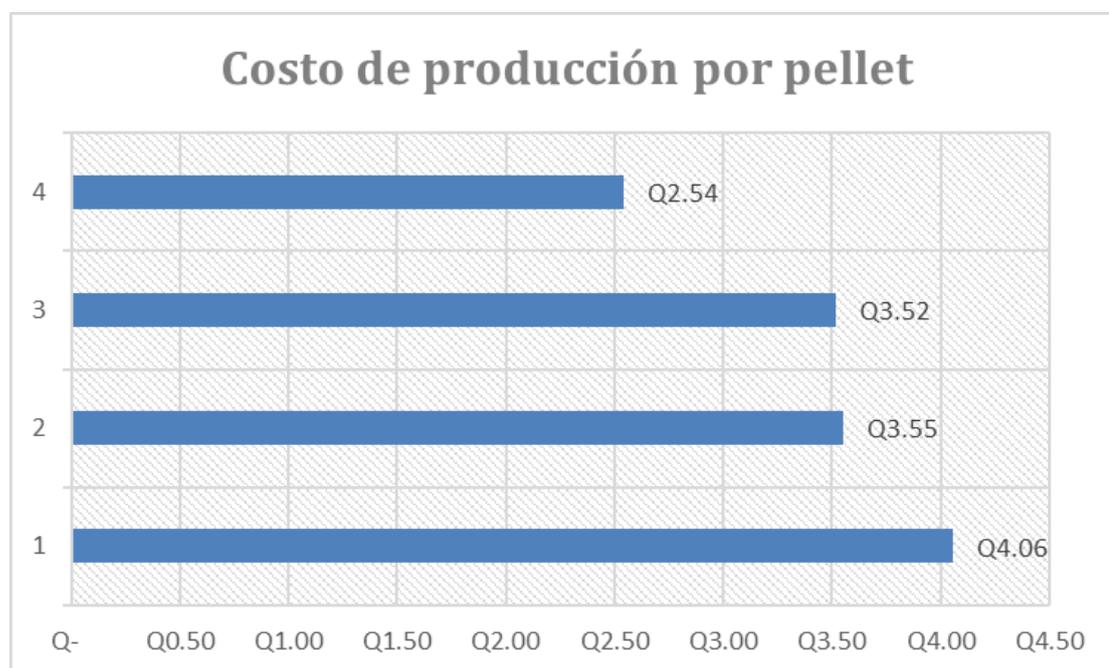
11.4. Análisis Económico

Tabla 14

RESUMEN DE ANÁLISIS FINANCIERO DE TRATAMIENTOS EVALUADOS

Rubros de análisis	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
costos del producto aplicado (CP)	Q 891.19	Q 600.36	Q 581.64	Q 18.72
costos de aplicación (CA)	Q 1,170.00	Q 1,170.00	Q 1,170.00	Q 1,170.00
costos de hidratación de pellet (CM)	Q 275.00	Q 275.00	Q 275.00	Q 275.00
costos que varían (CQV)	Q 2,336.19	Q 2,045.36	Q 2,026.64	Q 1,463.72
costo de producción por pellet	Q 4.06	Q 3.55	Q 3.52	Q 2.54
costo por unidad experimental	Q 584.05	Q 511.34	Q 506.66	Q 365.93

Fuente: análisis económico en función de costos estimados, Agronomía, CUSAM 2,024

Ilustración 5*COMPORTAMIENTO DEL COSTO ESTIMADO POR UNIDAD PRODUCTIVA*

Fuente: análisis económico en función de costos estimados, Agronomía, CUSAM 2,024

Existe diferencia en el costo de producción por planta entre el tratamiento 1 y los tratamientos 2 y 3; siempre que estos presentaron mejores resultados en las variables agronómicas evaluadas.

12. Conclusiones

- 12.1 De acuerdo con la prueba de Tukey, existe una diferencia significativa en la mortalidad de plantas entre el tratamiento T4 (testigo absoluto sin proceso de fertilización) respecto a los otros tratamientos que incluyen diferentes niveles de fertilización. Los tratamientos con fertilización (convencional y reducida) tienen medias similares entre sí y significativamente menores en comparación con el tratamiento "T4".
- 12.2 El tratamiento T1 (codificado como fertilización reducida al 75%) tiene una biomasa de hojas significativamente mayor que el tratamiento sin fertilización. Los tratamientos T2 (con fertilización reducida al 50%) y T3 (fertilización convencional) tienen biomasa similar entre sí, pero significativamente menor que el tratamiento con fertilización reducida al 75% y significativamente mayor que el tratamiento sin fertilizar.
- 12.3. Respecto a la variable de conductividad eléctrica, se establece que los grupos que no difieren significativamente entre sí. Basado en la prueba de Tukey: Los tratamientos con las letras "A" no difieren significativamente entre sí (fertilización reducida al 75%, fertilización reducida al 50% y fertilización comercial respectivamente). Asimismo, los tratamientos con las letras "B" no difieren significativamente entre sí (fertilización reducida al 50%, fertilización convencional y testigo sin fertilización). Sin embargo, los tratamientos al ser comparados entre grupos relación estadística "A" y "B" son significativamente diferentes.
- 12.4. La conductividad eléctrica del suelo es significativamente mayor en los tratamientos con fertilización comparado con el grupo sin fertilizar. Factor que permite confirmar que modalidad y mecanismo de fertilización con base en purines oxigenados de Coqueta Roja (ya sea reducida al 75%, reducida al 50% o convencional) mejora de forma considerable la conductividad eléctrica del suelo en comparación con la ausencia de fertilización al suelo, principalmente de origen orgánico y función bioquímica estable.
- 12.5. La nula aplicación de fertilización incide directamente en conductividad eléctrica del suelo mucho más baja respecto a suelos que son fertilizados con materias orgánicas estables,

factor que resalta la importancia de aplicar fertilizantes para mejorar la actividad del suelo, principalmente en la etapa de almacigo del cultivo de café.

12.6. De hacer un uso indiscriminado de estas fuentes de nutrientes con la aplicación de cantidades elevadas de fertilizantes, tiene como consecuencia el incremento la salinidad (CE) del suelo y, por ende, la presión osmótica del agua en el medio donde crecen las raíces de las plantas hasta niveles intolerantes.

13. Recomendaciones

- 13.1. Considerando que no existen diferencias significativas entre los métodos de fertilización en cuanto a mortalidad de plantas, se recomienda optar por la opción más económica o conveniente. Todos los tratamientos de fertilización evaluados (convencional, reducida al 75% y reducida al 50%) son igualmente efectivos para reducir la mortalidad.
- 13.2. Considerando la relación de costos y efectividad y teniendo en cuenta que los tratamientos de fertilización reducida al 75%, fertilización reducida al 50%, y fertilización convencional no presentan diferencias significativas en términos de biomasa de hojas, se puede adoptar cualquiera de ellos, siempre que reduzca los costos de producción; y particularmente entre los tratamientos de fertilización reducida al 50% o 75% , se recomienda emplear la tecnología agrícola del tratamiento 2 (con fertilización reducida al 50%), ya que ofrece resultados similares a la fertilización convencional a un costo potencialmente menor.
- 13.3. Realizar aplicación de fertilizantes como medida de mejora de la conductividad del suelo en la etapa de almacigo del cultivo de café, es efectivo aplicar cualquier tipo de fertilizante en lugar de no aplicar fertilizantes.
- 13.4. Considerando que aun cuando los tratamientos de fertilización no muestran diferencias significativas entre sí, sería útil y factible investigar si hay otros factores como el tipo de fertilizante, dosis o frecuencia, etc. Que se asume pueden incrementar la salud de las plantas, que podrían optimizar aún más la salud de las plantas.

14. Bibliografía

- Álvarez Quiceno, W. A. (2019). *Evaluación de los efectos nutricionales del lombricompost y las Micorrizas*. Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias , Programa de Agronomía, Antioquía. Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28437/waalvarezq.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arcila Pulgarin, J., Farfán Valencia, F., Moreno Berrocal, A. M., Salazar Gutiérrez, L. F., & Hincapié Gómez, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia* (1a. ed., Vol. 2). (H. F. Ospina O., & S. M. Marín L., Edits.) Bogotá, Colombia: Editorial Blanecolor Ltda. Recuperado el 13 de diciembre de 2024, de <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo1.pdf>
- Asociación Nacional del Café "ANACAFÉ Guatemala". (2018). *ANACAFÉ Guatemala*. Recuperado el 10 de diciembre de 2024, de <https://www.anacafe.org/cierre-cosecha-2021-2022/>
- Asociación Nacional del Café. (2018). *Monitoreo de la calidad de almácigo de café*. (C. d. Café, Ed.) Recuperado el 19 de octubre de 2024, de ANACAFÉ.ORG: <https://www.anacafe.org/uploads/file/66e0fea973d443f68b3db3e6ae2d435a/Boletin-CEDICAFE-RIII-06-2019.pdf>
- Bakala, N., Misgana, Z., Bersisa, H., & Tilahun, A. (18 de marzo de 2024). The Response of Coffee (*Coffea arabica* L) Seedling Growth and Performance to Different Ratio of Organic Matter Combinations at Bako, Western Oromia, Ethiopia. *Journal of Aquaculture & Livestock Production*, 1-6. doi:2754-4958

- Banco de Guatemala. (2,021). *Estadísticas Macroeconómicas*. Recuperado el 18 de marzo de 2,024, de <https://banguat.gob.gt/page/estadisticas-macroeconomicas>
- Campozano Ollague, D. E. (2,020). *Eficacia de sustratos en la clonación de genotipos de café robusta (Coffea canephora) en Manglaralto-Santa Elena*. Tesis de grado, Universidad Estatal de la Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
doi:<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5392/1/UPSE-TIA-2020-0003.pdf>
- Clive E., E., Norman Q. , A., & Rhonda L., S. (2,011). *Vermiculture Technology Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. United States of America: Taylor & Francis Group. Recuperado el 29 de noviembre de 2,024, de <https://www.routledge.com/Vermiculture-Technology-Earthworms-Organic-Wastes-and-Environmental-Management/Edwards-Arancon-Sherman/p/book/9781032237121>
- Finca Armenia Lorena. (2,022). *Finca Armenia Lorena*. Recuperado el 29 de diciembre de 2,024, de Finca Armenia Lorena: www.armenialorena.com
- González Arias, E. (2,022). *Guía técnica para la elaboración de almácigos de café*. Técnico, Asociación Nacional del Café -Anacafé, Centro de Investigaciones en Café -Cedicafé, Guatemala. Recuperado el 03 de noviembre de 2,024, de <https://www.anacafe.org/uploads/file/1dfff91b522447728bdcb386e646d47a/Guia-elaboracion-viveros.pdf>
- Gutiérrez Rodríguez, E. G., & Muñoz Chaves, M. J. (2,010). *Evaluación de tres sistemas de producción de almácigos de café (Coffea arabica) var. Caturra*. Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Francisco Morazan. Recuperado el 20 de enero de 2,025
- Juárez Padilla, F. F. (2018). *El café guatemalteco : un enfoque en el mercado*. (G. Mayén, A. L. Blas, L. López Pineda, & A. M. de Specher, Edits.) Guatemala, Guatemala,

Guatemala: Asociación de Investigación y Estudios Sociales. Recuperado el 128 de noviembre de 2024

Laboratorios Ward Inc. (2,020). *Informe de Análisis Biológico de Suelos*. Estadístico .

Recuperado el 10 de enero de 2,025

Porras Véliz, E. A. (2,019). *Prueba de Eficacia del Té Oxigenado de Lombricompost y Catalizador para el Control de la Roya (Hemileya vastatrix) en el Cultivo de Café (Coffea Arabica) Certificado Orgánico en Sacatepéquez, Guatemala*. Ejecutivo, Antigua Guatemala. Recuperado el 10 de enero de 2,025

Rodríguez, R., & De León , P. (agosto de 2,021). *La importancia del café en la economía de Guatemala: Productividad, Sostenibilidad, Migración y Huella*. técnico, Asociación Nacional del Café -ANACAFÉ-, Guatemala. Recuperado el 12 de agosto de 2,024, de Ancafé:

<https://www.anacafe.org/uploads/file/755c7c3b498c4b3e8a4acfc94b2dd3ad/Estudio-Cabi-2022.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural SADER. (2,023). *Manuales Prácticos para la Elaboración de Bioinsumos /Lixiviado de lombríz* (Vol. 15). Ciudad de México, México, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Recuperado el 18 de diciembre de 2024, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lombriz.pdf

Sierra-Escobar, J. A., & Murcia Morales, H. (Córdova de enero de 2,022). Respuesta micorrizal de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) Variedad FSV-094a la aplicación de diferentes inóculos micorrizales. *Revista Temas Agrarios*, 27(1), 220-230. doi: <https://orcid.org/0000-0002-6093-2761>

Siles Calvo, J. (1,997). *Producción de abono orgánico con pulpa de café mediante el lombricomposteo*. tesis de posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Programa de Educación, Escuela de Posgrado, Turrialba .
Recuperado el 10 de enero de 2,025, de
<https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10468/A0521e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wagner, R., & Sandoval, J. (9 de julio de 2018). *Forum del Café*. (G. Asociación Nacional de la Caficultura, Editor) Recuperado el 13 de agosto de 2,024, de
<https://forumdelcafe.com/cafe-guatemala/>

11. Anexos

Anexo 1

Registros Fotográficos

Fotografía No. 1

Hidratación de Pellets



Fotografía No. 2

Ordenamiento de los tratamientos y repeticiones



Fotografía No. 3

Etapa Pregerminativa



Fotografía No. 4

Etapa de Formación de Raíces



Fotografía No. 5

Medición de Variables de Respuesta 1



Fotografía No. 6

Medición de la Conductividad Eléctrica CE



Fotografía No. 7

Medición de Biomasa y Peso de Raíces



Fotografía No. 8

Siembra de Almacigo en Campo Definitivo



Fotografía No. 9

Plantas Listas para Siembra a Campo Definitivo



Fotografía No. 10

Siembra de Almacigo en Campo Definitivo



Fotografía No. 11

Mediciones finales de mortalidad de plantas post establecimiento en campo definitivo



Anexo 2.

Resultados análisis de laboratorio para conocer el contenido de macro y micro nutrientes presentes en el té oxigenado de lombricompost.

Orden: 20 - 1252
Cliente: PEQUEÑOS PRODUCTORES
Finca: ARMENIA Y ANEXO
Localización: San Rafael Pie de la Cuesta, SAN MARCOS



RESULTADOS DE LABORATORIO											
No. de Lab.	Identificación	ppm									
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	PH
7.106	Botella "G"	7,00	8,18	72,22	29,14	20,52	0,01	0,01	0,01	0,01	6,40
7.107	Botella "AL"	45,00	42,77	299,20	72,17	64,27	0,01	0,01	0,01	0,01	7,10
7.108	Botella "G 2"	4,00	6,17	91,89	23,07	17,17	0,01	0,01	0,01	0,01	7,00

Fecha de Ingreso: lunes 18 de febrero de 2013
Fecha de Entrega: martes 05 de marzo de 2013
Guatemala, 06 de marzo de 2013.

Ing. Humberto Jiménez
Jefe Laboratorio de Suelos

Los resultados de este Informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su Impresión ORIGINAL.
El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este Informe.
La reproducción parcial o total de este Informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Anexo 3

Resultado de laboratorio sobre la presencia de microorganismos presentes en el té oxigenado de lombricompost



Ag Testing - Consulting

Account No. : 19456

Biological Soil Analysis Report

ARMENIA LORENA
SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA
SAN MARCOS
GUATEMALA

Invoice No. : 1310604
Date Received : 02/12/2020
Date Reported : 02/14/2020
Lab No. : 50187

Results For : ARMENIA LORENA
Sample ID 1 : A
Sample ID 2 :

PLFA Soil Microbial Community Analysis
Functional Group Biomass & Diversity

Total Living Microbial Biomass, Phospholipid Fatty Acid (PLFA) ng/g 34880.16
Functional Group Diversity Index 1.824

Total Biomass	Diversity	Rating
< 500	< 1.0	Very Poor
500+ - 1000	1.0+ - 1.1	Poor
1000+ - 1500	1.1+ - 1.2	Slightly Below Average
1500+ - 2500	1.2+ - 1.3	Average
2500+ - 3000	1.3+ - 1.4	Slightly Above Average
3000+ - 3500	1.4+ - 1.5	Good
3500+ - 4000	1.5+ - 1.6	Very Good
> 4000	> 1.6	Excellent

Functional Group	Biomass, PLFA ng/g	% of Total Biomass
Total Bacteria	12054.03	34.48
Gram (+)	7883.25	22.78
Actinomycetes	1948.44	5.57
Gram (-)	4080.78	11.70
Rhizobia	0.00	0.00
Total Fungi	7889.70	22.00
Arbuscular Mycorrhizal	2408.48	6.89
Saprophytes	5281.23	15.11
Protozoa	710.63	2.03
Undifferentiated	14508.01	41.48

Reviewed By : Raymond Ward

2/19/2020

Copy : 1

Page 1 of 2

Bus: 308-234-2418
Fax: 308-234-1940

web site
www.wardlab.com

4007 Cherry Ave., P.O. Box 788
Kearney, Nebraska 68848-0788

Anexo 4

Resultados de laboratorio para determinar las propiedades nutricionales del lombricompost.



Ag Testing - Consulting

Account No. : 19456

Compost Analysis Report

ARMENIA LORENA
SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA
SAN MARCOS
GUATEMALA

Invoice No. : 1310565
Date Received : 02/12/2020
Date Reported : 02/13/2020

Lab No. : 245

Results For : ARMENIA LORENA
Sample ID : A

Analysis	Lbc / Ton			
	Dry Basis	Dry Basis	As Is Basis	Available First Year
Organic N, % N	2.49	49.9	20.9	4.2
Ammonium, % N	0.010	0.2	0.1	0.1
Nitrate, % N	0.368	7.4	3.1	3.1
Total N (TKN), % N	2.87	57.4	24.1	7.3
Total C, % C	32.35	633.9	265.6	265.6
Total C:N Ratio	11.3			
Phosphorus, % P ₂ O ₅	1.52	30.5	12.8	8.9
Potassium, % K ₂ O	1.80	36.1	15.1	13.6
Sulfur, % S	0.43	8.7	3.6	1.5
Calcium, % Ca	2.06	41.3	17.3	12.1
Magnesium, % Mg	0.59	11.8	4.9	3.5
Sodium, % Na	0.10	2.1	0.9	0.9
Sodium Adsorption Ratio (SAR)	1.65			
Zinc, ppm Zn	187.5	0.4	0.2	0.1
Iron, ppm Fe	5329.3	10.7	4.5	3.1
Manganese, ppm Mn	326.7	0.7	0.3	0.2
Copper, ppm Cu	36.8	0.1	0.0	0.0
Boron, ppm B	17.5	0.0	0.0	0.0
Soluble Salts, mmho / cm	35.43	45.4	19.0	19.0
pH	8.2			
Moisture, %	58.10			
Dry Matter (TD), %	41.90			

Reviewed By : Nick Ward

2/13/2020 Copy : 1

Page 1 of 1

Bus: 308-234-2418
Fax: 308-234-1940

web site
www.wardlab.com

4007 Cherry Ave., P.O. Box 788
Keamey, Nebraska 68848-0788

Anexo 5 Resultados de laboratorio para determinar las propiedades nutricionales del Té de Lombricompost después de 24 horas de oxigenación



Ag Testing - Consulting

Account No. : 19456

Compost Analysis Report

ARMENIA LORENA
SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA
SAN MARCOS
GUATEMALA

Invoice No. : 1310565
Date Received : 02/12/2020
Date Reported : 02/13/2020

Lab No. : 246

Results For : ARMENIA LORENA
Sample ID : B

	Analysis Dry Basis	Lbs / Ton		Available First Year
		Dry Basis	As Is Basis	
Organic N, % N	2.79	55.8	21.4	4.3
Ammonium, % N	0.014	0.3	0.1	0.1
Nitrate, % N	0.454	9.1	3.5	3.5
Total N (TKN), % N	3.26	65.2	25.0	7.9
Total C, % C	31.36	613.4	235.3	235.3
Total C:N Ratio	9.6			
Phosphorus, % P ₂ O ₅	1.88	37.6	14.4	10.1
Potassium, % K ₂ O	1.97	39.5	15.1	13.6
Sulfur, % S	0.52	10.3	4.0	1.6
Calcium, % Ca	2.34	46.8	17.9	12.6
Magnesium, % Mg	0.71	14.3	5.5	3.8
Sodium, % Na	0.10	2.0	0.8	0.8
Sodium Adsorption Ratio (SAR)	1.45			
Zinc, ppm Zn	214.1	0.4	0.2	0.1
Iron, ppm Fe	5336.7	10.7	4.1	2.9
Manganese, ppm Mn	374.2	0.7	0.3	0.2
Copper, ppm Cu	44.0	0.1	0.0	0.0
Boron, ppm B	22.5	0.0	0.0	0.0
Soluble Salts, mmho / cm	38.91	49.8	19.1	19.1
pH	7.1			
Moisture, %	61.64			
Dry Matter (TS), %	38.36			

Reviewed By : Nick Ward

2/13/2020 Copy : 1

Page 1 of 1

Bus: 308-234-2418
Fax: 308-234-1940

web site
www.wardlab.com

4007 Cherry Ave., P.O. Box 788
Keamey, Nebraska 68848-0788

Anexo 6 Resultados microbiológicos de laboratorio del Té de lombricompost, proporcionado por la empresa Growing Solutions Inc.



Compost Foodweb Analysis

Report prepared for:
Growing Solutions
Cindy Salter
1702 West 2nd Ave Suite B
Eugene, OR 97402 USA

Report Sent:
Sample#: 03-010485 | Submission:03-004685
Unique ID: Guatemala
Plant:
Invoice Number: 0
Sample Received: 4/6/2015

For interpretation of this report please contact:
Local Advisor: or regional lab
Soil Foodweb New York
soilfoodwebny@aol.com
831-750-1553
Consulting fees may apply

Organism Biomass Data	Dry Weight	Active Bacterial (µg/g)	Total Bacterial (µg/g)	Active Fungal (µg/g)	Total Fungal (µg/g)	Hyphal Diameter (µm)	Nematodes per Gram of Soil Identification to genus		
Results	0.280	192	851	96.9	3850	3.75	Bacterial Feeders		
Comments	Too Wet	Excellent	Good	Excellent	Excellent		Buiterus		0.09
Expected Range	Low	0.45	15	100	15	100	Cuticoulana		0.14
	High	0.85	25	3000	25	300	Heterocephalobus		0.18
							Rhabditidae		0.41
		Protozoa Numbers/g		Total Nematodes #/g	Percent Mycorrhizal Colonization				
		Flagellates	Amoebae	Ciliates		ENDO	ECTO		
Results		1000	501	21	2.93	Not Ordered	Not Ordered		
Comments		Low	Low	Low	Low				
Expected Range	Low	10000	10000	50	20				
	High			100	30				
Organism Biomass Ratios	Total Fungal to Total Bacterial	Active to Total Fungal	Active to Total Bacterial	Active Fungal to Active Bacterial	Plant Available N Supply (lbs/acre)				
Results	4.29	0.03	0.23	0.50	<25				
Comments	High	Good	High	Low					
Expected Range	Low	0.75	0.01	0.01	0.75				
	High	1.5	0.1	0.1	1.5				

17 Clinton St. Center Moriches, NY 11934 USA
631-750-1553 | soilfoodwebny@aol.com
www.soilfoodweb.com

03-010485: Page 1 of 2

Growing Solutions
Cindy Salter
1702 West 2nd Ave Suite B
Eugene, OR 97402 USA

Report Sent:
Sample#: 03-010485 | Submission:03-004685
Unique ID: Guatemala
Plant:
Invoice Number: 0
Sample Received: 4/6/2015

For interpretation of this report please contact:
Local Advisor: or regional lab
Soil Foodweb New York
soilfoodwebny@aol.com
831-750-1553
Consulting fees may apply

Dry Weight: The compost is too wet. Cover compost when raining; reduce water by turning or adding dry material.

Active Bacteria: Bacterial activity above expected levels; bacterial biomass will increase as long as nutrients are available.

Total Bacteria: Aerobic bacterial biomass in normal range for mature compost.

Active Fungi: Fungal activity above expected levels; fungal biomass will increase as long as nutrients are available.

Total Fungi: Fungal biomass above typical range for compost.

Hyphal Diameter: Mostly the more disease suppressive fungi present.

Protozoa: Protozoa too low to provide needed nutrient cycling for plants. Inoculum needed to improve protozoa to desired ranges rapidly. Inoculum can be obtained from straw infusion or from compost teas.

Total Nematodes: Low numbers, low diversity, need to add beneficial nematodes. Nutrient cycling from fungi limited.

Mycorrhizal Col.: Endo: | Ecto:

TF/TB: More fungal biomass than bacterial biomass. Excellent for improving fungal diversity and biomass.

AF/TF: Mature compost, meaning activity below 10%.

AB/TB: Bacterial component not mature. Wait to apply this material until activity drops below 10%. Material is currently suitable for making tea.

AF/IAB: Fungal-dominated compost is becoming more bacterial; addition of foods for preferred dominance might speed balance.

Nitrogen Supply: Low boost in plant available N from predators.

Interpretation Comments:

The protozoan population should increase as the compost matures.

17 Clinton St. Center Moriches, NY 11934 USA
631-750-1553 | soilfoodwebny@aol.com
www.soilfoodweb.com

03-010485: Page 2 of 2

Anexo 7. Porque se aplicó prueba de Tukey al ensayo.

