



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia
de Los Ríos, Ecuador

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano

Tutor:

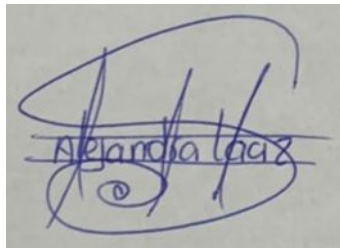
Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo M.Sc.

**LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2022**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano**, declaro ser el autor intelectual del presente proyecto de investigación titulado: **“Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador”**, siendo el **Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo, M.Sc.** el tutor del presente trabajo; eximo expresamente que la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles acciones legales o reclamo alguno.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados en el presente son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.



Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano

C.I.: 1207404557

Autora

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “**Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador**”, de la estudiante **Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano**, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el honorable Consejo Académico de la Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 7 de marzo del 2022



Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo M.Sc.

C.I: 1206384586

Tutor del Proyecto de Investigación

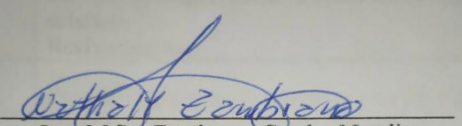
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: por cuanto, la postulante **Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano** con el Proyecto de Investigación Titulado: **“Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente reuniendo los requisitos y méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

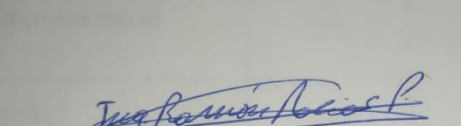
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, 29 de marzo del 2022

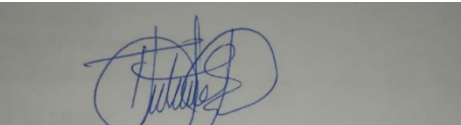
Para constancia firman:



Ing. M.Sc. Zambrano Cuadro Natalia
C.I.: 120624142-2
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. M.Sc. Macías Pettao Klever Ramón
C.I.: 09174328-5
LECTOR 2



Ing. M.Sc. Gavilánez Buñay Tatiana Carolina
C.I.: 160039819-0
LECTOR 3

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar a mi lado dándome sus bendiciones y no permitir que me rinda antes las pruebas que me pone la vida.

A mis padres, por todas sus enseñanzas y haber guiado cada uno de mis pasos, inculcando en mí el deseo de superación personal y profesional.

A mi demás familia que siempre han estado a mi lado durante toda mi etapa de estudios, dándome su cariño y consejos para no decaer.

A mi esposo por brindarme su constante apoyo incondicional ante cada meta que me propongo.

Al mi tutor del proyecto de investigación por su colaboración y sugerencias en la presente investigación.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la UTC, que con sus enseñanzas he logrado obtener conocimientos que serán de gran ayuda en mi vida profesional.

Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano

DEDICATORIA

A Dios por sus bendiciones, y no dejarme rendir en los momentos más difíciles, y permitir que mis padres, demás familiares, y mis amigos estén a mi lado.

A mis padres, por todo su amor, su guía, ejemplo y motivación y la confianza depositada en mí, es por ello que me siento orgulloso de dedicarles este logro de mi vida.

A mi esposo por alentarme a salir adelante ante cada dificultad que se pueda presentar en la vida.

A mi hijo, quien es el motor que me motiva para cada día ser mejor persona, y por quién no me he rendido en mi proceso de preparación profesional.

Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Título: “Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador”

Autor: Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Para tal efecto se estableció un ensayo evaluando cinco tratamientos: T1: 250 kg ha⁻¹ de compost de caña; T2: 500 kg ha⁻¹ de compost de caña; T3: 250 kg ha⁻¹ de estiércol bovino; T4: 500 kg ha⁻¹ de estiércol bovino y T5: Fertilización Química (NPK), bajo un diseño completamente alzar con seis repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron que la fertilización a base de NPK en el cultivo de hierba luisa permitió un mayor crecimiento de las plantas, a la vez que potenció el desarrollo foliar de las mismas, sin embargo, bajo la aplicación de 500 kg ha⁻¹ de compost de caña de azúcar se obtuvieron los resultados más cercanos al tratamiento de mayor efecto, mientras que, para la producción de macollos y tallos por macollo, los tratamientos no se diferenciaron. Además, cuando se fertilizó el cultivo mediante la aplicación de T2: Compost de caña 500 kg ha⁻¹, se obtuvo un nivel de rendimiento similar al alcanzado con la fertilización química a base de NPK que fue el tratamiento que posibilitó la generación de mayor rendimiento por hectárea. Finalmente, el mayor beneficio económico se obtuvo con la aplicación de la fertilización química a base de NPK, con un 61.44% de rentabilidad, seguido de la aplicación de T2: Compost de caña en dosis de 500 kg ha⁻¹, que reflejó 48.77% de rentabilidad.

Palabras clave: abonos orgánicos, agricultura orgánica, crecimiento, rendimiento.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of organic fertilization in the cultivation of hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) in Los Ríos province, Ecuador. For this purpose, a trial was established by evaluating five treatments: T1: 250 kg ha⁻¹ of cane compost; T2: 500 kg ha⁻¹ of cane compost; T3: 250 kg ha⁻¹ of bovine manure; T4: 500 kg ha⁻¹ of bovine manure and T5: chemical fertilization (NPK), under a completely random design with six repetitions. The obtained results showed that the NPK-based fertilization in the cultivation of hierbaluisa allowed a greater growth of the plants, at the same time it enhanced their foliar development, however, with the application of 500 kg ha⁻¹ of sugar cane compost the results were closed to the treatment with the greatest effect, while for the production of tillers and stems per tiller, the treatments did not differ. In addition, when the crop was fertilized by applying T2: cane compost 500 kg ha⁻¹, a similar yield level to that achieved with NPK-based chemical fertilization was obtained which was the treatment that made possible to generate the highest yield per hectare. Finally, the greatest economic benefit was obtained with the application of chemical fertilization based on NPK, with a 61.44% profitability, followed by the application of T2: cane compost in a dose of 500 kg ha⁻¹ which reflected 48.77% of profitability.

Keywords: organic fertilizers, organic agriculture, growth, profitability

ÍNDICE GENERAL

Declaración de Autoría.....	ii
Aval del Tutor de Proyecto de Investigación	iii
Aprobación del Tribunal de Titulación	iv
Agradecimientos.....	v
Dedicatoria.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Índice general	ix
Índice de tablas	xii
Índice de anexos	xiii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS	5
6.1. Objetivo general.....	5
6.2. Objetivos específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
8.1. Hierba Luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	7
8.1.1. Requerimientos climáticos.....	7
8.1.2. Condiciones de suelo	8
8.1.3. Propagación.....	9
8.1.4. Manejo agronómico	9

8.1.5. Usos de la hierba luisa	11
8.2. Agricultura orgánica.....	11
8.3. Abonos orgánicos.....	13
8.4. Compost	15
8.5. Estiércol bovino	16
8.6. Investigaciones realizadas.....	17
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	18
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	19
10.1. Localización de la investigación	19
10.2. Condiciones agro meteorológicas	19
10.3. Materiales y equipos	20
10.3.1. Material vegetal.....	20
10.3.2. Compost de caña	20
10.3.3. Estiércol bovino	21
10.3.4. Otros materiales y equipos.....	21
10.4. Tratamientos.....	22
10.5. Diseño experimental.....	22
10.6. Análisis estadístico.....	22
10.7. Esquema del experimento	23
10.8. Manejo del ensayo.....	23
10.8.1. Limpieza y preparación del terreno	23
10.8.2. Siembra	23
10.8.3. Control de malezas.....	24
10.8.4. Fertilización	24
10.8.5. Riego	24
10.8.6. Control de plagas y enfermedades	24
10.8.7. Cosecha	25

10.9. Variables evaluadas.....	25
10.9.1. Altura de plantas	25
10.9.2. Número de tallos por macollo	25
10.9.3. Número de macollos por planta	25
10.9.4. Área foliar	25
10.9.5. Rendimiento	26
10.9.6. Análisis económico	26
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	27
11.1. Altura de planta.....	27
11.2. Número de macollos por planta	28
11.3. Número de tallos por macollo	29
11.4. Área foliar (cm ²)	29
11.5. Rendimiento (kg ha ⁻¹)	30
11.6. Análisis económico	31
12. IMPACTOS (Técnicos, Sociales, Ambientales o Económicos)	32
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	34
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
14.1. Conclusiones	35
14.2. Recomendaciones.....	36
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
16. ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 2.	Condiciones agro meteorológicas de la localidad de Buena Fe, Provincia de Los Ríos.....	20
Tabla 3.	Contenido nutricional del compost de caña de azúcar.....	20
Tabla 4.	Contenido nutricional del estiércol bovino.....	21
Tabla 5.	Lista otros materiales y equipos utilizados en la investigación.....	21
Tabla 6.	Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación.....	22
Tabla 7.	Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo.....	22
Tabla 8.	Esquema del experimento seguido en la investigación.....	23
Tabla 9.	Altura de plantas a los 25, 35, 45 y 55 días en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica.....	28
Tabla 10.	Número de macollos por planta en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica.....	28
Tabla 11.	Número de tallos por macollos en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica.....	29
Tabla 12.	Área foliar en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica ...	30
Tabla 13.	Rendimiento por hectárea en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica.....	31
Tabla 14.	Análisis económico del rendimiento del cultivo de hierbaluisa en función de los respectivos costos en respuesta a la fertilización orgánica.....	32
Tabla 15.	Descripción de los respectivos costos para la elaboración del proyecto de investigación.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Contrato de Cesión No Exclusiva de Derechos de Autor.....	43
Anexo 2.	Certificación de similitud y/o plagio académico del sistema Urkund.....	46
Anexo 3.	Certificación de aval de la traducción.....	47
Anexo 4.	Hoja de vida del tutor de la investigación.....	48
Anexo 5.	Hoja de vida del estudiante investigador.....	49
Anexo 6.	Procesamiento de las imágenes para la determinación del área foliar.....	50
Anexo 7.	Croquis del sitio experimental.....	50
Anexo 8.	Reporte del análisis de suelo del sitio experimental.....	51
Anexo 9.	Delimitación de las unidades experimentales.....	53
Anexo 10.	Trasplante del cultivo al sitio experimental.....	53
Anexo 11.	Aplicación de los tratamientos.....	54
Anexo 12.	Control de malezas.....	54
Anexo 13.	Cultivo de hierba luisa a los 45 días de edad.....	55
Anexo 14.	Cultivo de hierba luisa a los 55 días de edad.....	55

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador

Fecha de inicio: 05 abril 2021

Fecha de finalización: 16 agosto 2021

Lugar de ejecución: Localidad de Buena Fe, provincia de Los Ríos-

Unidad Académica que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado: Fomento productivo

Equipo de Trabajo:

Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo MSc.- Tutor

Teléfono: 098 075 4794

Correo: wellington.pincay4586@utc.edu.ec

Laaz Zambrano Alejandra Del Rocio.-Coordinador

Teléfono: 0992777338

Correo: alejandra.laaz4557@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: Agricultura, Silvicultura y Pesca

Línea de investigación: Desarrollo y Seguridad Alimentaria

Sub líneas de investigación de la Carrera: Producción agrícola sostenible.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El cultivo de especies autóctonas como hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en Ecuador, es una alternativa dado que esta planta tiene propiedades medicinales comprobadas, pues es una fuente comprobada de metabolitos secundarios bioactivos con actividad farmacológica (antimicrobianos y citotóxicos) (Vélez, Jaramillo, & Vélez, 2018), es una hierba muy utilizada en los países tropicales, especialmente en el sudeste asiático (Shah *et al.*, 2011).

En Sudamérica los sistemas agrícolas han girado en la producción de rubros hortícolas y cereales, basados en monocultivos, con el uso de tecnologías de producción que incluyen el uso de maquinaria agrícola para la labranza del suelo (Ardisana *et al.*, 2018), la aplicación de fertilizantes para la suplencia de nutrientes al suelo y de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades, lamentablemente el manejo bajo este modelo productivo ha llevado al deterioro, físico, químico y biológico del suelo (Acevedo, Sánchez, & Mendoza, 2021)

En el Ecuador existen problemas de erosión, debido a que muchas de las regiones del país se forman parte de la cordillera andina, por lo que las condiciones de relieve, precipitación, así como el manejo agrícola con cultivos hortícolas en zonas de alta pendiente favorecen el proceso de erosión, ocasionando las pérdidas de suelo y otros problemas ambientales como la colmatación de embalses (Torres *et al.*, 2017)

Con el pasar de los años, se he llegado a evidenciar los impactos negativos que ha llegado a generar la aplicación intensiva y desmedida de fertilizantes sintéticos. Es por ello, que en ellos últimos años se ha hecho énfasis en el establecimiento de sistemas de producción orgánicos, o que a su vez se encuentren en transición hacia dicho sistema de producción, para de esta manera mitigar los efectos de la agricultura convencional tanto en el suelo, como a nivel de cultivos agrícolas y medioambiente (Heredia, 2021).

Ante la situación alarmante de degradación de los suelos que cada vez abarca a mayor superficie, lo que podría desencadenar situaciones preocupantes de niveles de producción, la hierba luisa también es reconocida en ciertas zonas del mundo como una alternativa que ayuda a la biorremediación de los suelos (Peña, 2017), debido al bajo impacto ambiental del manejo agrícola asociado a este cultivo, siendo una de las alternativas para mejorar la calidad de los suelos combinar este cultivo con la fertilización orgánica, derivada de los residuos generados

por actividades agrícolas o ganadera en la zona donde se va a desarrollar el sistema de producción (Lira *et al.*, 2018).

El uso de abonos orgánicos tiene la ventaja de ser menos contaminantes, aportar nutrientes al suelo y mejorar las propiedades, físicas, químicas y biológicas del mismo (Vásquez & Maraví, 2017), sin embargo tiene la desventaja de que si no es bien manejado mediante proceso de compostaje, el mismo puede contener patógenos, malezas e incluso hasta metales pesados que pueden contaminar suelos y agua y dañar a los cultivos (Mc Leod *et al.*, 2020), así mismo para sustituir parcialmente o totalmente la suplencia de fertilizantes químicos, es necesario aplicar grandes cantidades del mismo, por lo que se deben calcular los requerimientos nutricionales para determinar la cantidad a aplicar en función de las características del abono (Khatoon *et al.*, 2017).

El objetivo de esta investigación es el de evaluar dos abonos orgánicos producidos en base a residuos de caña de azúcar y compost de producción bovina proveniente de unidades de producción de la zona y comparar su efecto sobre el rendimiento y condiciones nutricionales de suelo sembrados con hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) en la localidad de Buena Fe en la provincia de Los Ríos, Ecuador.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a los altos niveles de degradación de suelos reportados en Ecuador por erosión, salinización y acidificación, se deben proponer sistemas de producción agrícola sostenible que disminuyen el uso de maquinaria, aplicación de fertilizantes y uso de agroquímicos, de tal manera de conseguir la recuperación de las propiedades del suelo a corto, mediano y largo plazo, garantizando así este recurso para las generaciones futuras (Álvarez & Rimski, 2016).

El cultivo de la hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) está plenamente justificado debido a que el mismo requiere de bajo insumos ofrece una adecuada cobertura vegetal al suelo, además de que genera valor agregado para el beneficio económico de los productores de la zona debido al valor comercial de esta planta, por sus propiedades medicinales, además de adaptarse de manera óptima a las condiciones climáticas y edafológicas de la provincia de Los Ríos (Baidal, 2021).

A pesar de que el cultivo requiere de bajos insumos, para logra rendimientos deseados es necesario aplicar fertilizantes al suelo para suplir los requerimientos de las plantas, dado a que la premisa de este proyecto es minimizar el uso de insumos externos y considerando además de los factores ambientales, los sociales y económicos, dado que los pequeños productores de la zona no poseen los recursos para cubrir los costos de fertilizantes químicos (Álvarez & Salazar, 2014).

En la zona, existen sistemas de producción pecuarios y agrícolas, que generan una gran cantidad de residuos, lo cuales pueden representar un problema, pero mediante el compostaje los mismos pueden ser reciclados y usados para la elaboración de abonos orgánicos que aportan cantidades importantes de nutrientes al suelo (Vázquez *et al.*, 2020), como nitrógeno, fósforo y potasio, además de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, de allí la importancia de desarrollar este tipo de proyecto en aras de la promoción del desarrollo sostenible en la zona (Aroca, 2020).

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios directos: Actores sociales de la localidad de Buena Fe en la provincia de Los Ríos y su zona de influencia Comerciantes, agricultores externos, académicos, etc.

Beneficiarios indirectos: Sectores Industriales, comerciales

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Nuestro país cuenta con una alta diversidad biológica convirtiéndose en uno de los países con un gran potencial en la producción de plantas con un valor medicinal, sin lugar a dudas la hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) es una planta que se encuentra dentro de este rango (Alvarado, 2017). Sin embargo, uno de los problemas para la consolidación de cultivos como la hierba luisa, a pesar de su potencial económico es que, aún no existen protocolos de manejo agronómico para el desarrollo sustentable del sistema de producción, referente al abonamiento, riego y cosecha de este rubro en regiones agrícola del Ecuador (Cabrera, 2009).

Aunque el uso de abonos orgánicos es una alternativa para mejora los rendimientos de ese cultivo y más porque se cuenta con residuos de rubros agrícolas, pecuarios y agroindustriales

en la zona aledaña, aun se carecen de datos confiables en relación a los requerimientos del cultivo, así como la dosis apropiada de abonos orgánicos, para suplir los requerimientos nutricionales de este rubro (Castro, 2018).

Por otro lado a nivel local no se conoce la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes inorgánicos y muchos menos orgánico, dado que las investigaciones consultadas se han centrado en la evaluación de los métodos de propagación de esta especie, así como al respuesta a la aplicación de hormonas de crecimiento y enraizadores, siendo muy limitada la información en cuanto a la aplicación de abonos orgánicos y el comportamiento agronómico de este cultivo a diferentes tasas de abonamiento, siendo los resultados muy puntuales en algunas regiones mediterráneas y no extrapolable a las condiciones tropicales (Chancay, 2019).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador.

6.2. Objetivos específicos

- Determinar el abono orgánico que promueva el crecimiento y desarrollo del cultivo de hierbaluisa.
- Identificar el tratamiento que produzca mayor rendimiento por hectárea.
- Establecer el tratamiento que permita mayor beneficio económico por hectárea.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos	Actividades	Resultados	Verificación
Determinar el abono orgánico que promueva el crecimiento y desarrollo del cultivo de hierbaluisa.	Se midió la altura de plantas cada 10 días Se contabilizó el número de tallos por macollo y se determinó el área foliar al final del experimento.	Altura de plantas cada 10 días (cm) Número de tallos por macollo Área foliar (cm ²)	Registro de datos en campo. Programa ImageJ versión 3.45
Identificar el tratamiento que produzca mayor rendimiento por hectárea.	Se estableció el peso fresco de cada unidad experimental para luego extrapolar en kg ha ⁻¹	Rendimiento por parcela (kg) Rendimiento por hectárea (kg)	Registro de datos de campo. Tabulación de datos
Establecer el tratamiento que permita mayor beneficio económico por hectárea.	Se determinaron los indicadores económicos para cada uno de los tratamientos en función del rendimiento por hectárea y los costos.	Costos fijos Costos variables Ingresos por venta Costo total Ingreso neto B/C Rentabilidad (%)	Análisis económico Determinación de los indicadores: B/C y rentabilidad.

Elaboración: Laaz (2022)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*)

La hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) es una hierba perenne, que pertenece a la familia de las poaceas, es una de las plantas medicinales más usadas en América Latina (Alvis, Martínez, & Arrazola, 2012), se le confieren por sus múltiples usos por contener un grupo considerable de flavonoides, aceites esenciales, compuestos fenólicos y otros constituyentes fitoquímicos que poseen actividades farmacológicas, como antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, antidiarreicas y antiinflamatorias (Oladeji *et al.*, 2019)

8.1.1. Requerimientos climáticos

El impacto multivariado del clima sobre los organismos vivos en general, y sobre el desarrollo de los cultivos agrícolas en particular, exige tomar en consideración los factores climáticos, ante todo las temperaturas y las precipitaciones, señala Soto, Vega, & Tamajón(2012), quien destaca que en el desarrollo de las plantas importan, en primer lugar, la distribución y las oscilaciones de las temperaturas y precipitaciones durante su ciclo de vida.

El viento cálido es quizás uno de los elementos del clima que más afecta a la plantación al provocar un aumento de la evapotranspiración de las hojas, apareciendo de forma precoz necrosis apical en estas y fundamentalmente cuando no ha existido un suministro adecuado de agua a través del riesgo (Antolinez *et al.*, 2013).

La calidad, cantidad y duración de la luz son características que juegan un papel preponderante en los rendimientos agrícolas de esta especie. La posición vertical de las hojas le permite una mayor cantidad de superficie foliar por unidad de superficie del suelo y una utilización mayor de la luz como consecuencia inmediata. Este factor conjuntamente con el aumento de la temperatura y duración del día, determina un rápido crecimiento en masa verde experimentado en cierta época del año, alcanzando la madurez en menos tiempo (Cruz *et al.*, 2012).

Las condiciones óptimas para el desarrollo de *Cymbopogon citratus* son calor y clima húmedo con plena exposición solar y lluvia de 2 500- 2 800 mm al año uniformemente distribuidas (Chancay, 2019). Este cultivo en las condiciones de Jorhat India mostró gran variación en el

contenido de aceite esencial de un mes a otro, durante todo el año. Al relacionar los rendimientos de aceite con las variaciones de temperatura encontró que el aumento o disminución de esta, tiene una pequeña relación con el contenido mensual de aceite. La lluvia, por otra parte, por sí misma, no guardó una relación con el contenido de aceite, así como la humedad relativa. Sin embargo, la humedad del suelo si tuvo relación con el contenido de aceite en comparación con otros factores (Antolineze *et al.*, 2013).

La condición estacional acumulativa y su variación siempre estuvo relacionada en algún grado con el patrón de variación total del contenido de aceite, y algunos factores desconocidos también influyen sobre la variación del contenido de aceite. Estos factores desconocidos pueden ser una variación de algunas actividades bioquímicas o fisiológicas rítmicas relacionadas con la síntesis del aceite, que necesita una profunda investigación (Chancay, 2019).

La mejor adaptación se encuentra en las zonas donde la temperatura media mensual es de 24-26 °C, valores de temperatura por encima de 35 °C afectan su crecimiento, sobre todo cuando el suministro hídrico es deficiente. El mejor crecimiento del sistema radical se produce cuando la temperatura del suelo fluctúa entre 21-23 °C, retardándose su desarrollo por debajo de 21 °C (Alvis, Martínez, & Arrazola, 2012).

El cultivo crece bien en climas tropicales y subtropicales. Sin embargo, la hierba luisa también se puede cultivar en regiones semiáridas que reciben lluvias de bajas a moderadas. Este cultivo puede crecer bien en suelos fértiles medios y riego moderado. Deben evitarse los suelos calcáreos y empapados de agua, ya que no son aptos para el cultivo (Ullah, Rasheed, & Hyder, 2020).

8.1.2. Condiciones de suelo

La hierba luisa no es exigente en cuanto a las características del suelo, pero sí que debes elegir un suelo con buen drenaje que no produzca encharcamientos de agua. Las mejores condiciones son de suelos profundos, permeables y con pH neutro (6.5-7.5) (Ultra, 2020).

La hierba de limón prospera bien en una amplia gama de suelos que van desde arcillosos ricos hasta lateritas pobres. Pero los suelos franco arenosos y los suelos rojos con buen drenaje y

buena materia orgánica son los más adecuados para su cultivo. Los suelos encharcados no deben ser considerados para su cultivo (Herrera, 2019).

8.1.3. Propagación

Se recomienda su propagación por hijuelos, los cuales deben proceder de plantaciones sanas. Se debe ser cuidadoso con la manipulación de " las semillas" pues si no se tiene las precauciones necesarias se pueden dañar los primordios radicales y con lo que se retrasa el desarrollo de las hojas. Es recomendable sumergir los propágulos en agua circulante a fin de estimular primordios radicales (Oladeji *et al.*, 2019).

El cultivo de hierba luisa se propaga mejor a través de semillas criadas en viveros, de 2.5 a 3 kg de semilla fresca produce plántulas para plantar una hectárea de tierra. También se puede propagar vegetativamente dividiendo los grupos en esquejes. Estos se plantan manteniendo un espacio de 60 cm x 80 cm. Se necesitan alrededor de 25000 esquejes para una hectárea de plantación (Gazola *et al.*, 2014).

8.1.4. Manejo agronómico

Es recomendable preparar el terreno excavando o arando seguido de nivelación. Luego, se deben hacer zanjas poco profundas de 30 cm a 35 cm de ancho con una separación de 30 cm. El estiércol de granja bien podrido debe mezclarse con tierra en las zanjas (Francisco *et al.*, 2017).

Las plántulas de hierba luisa de 20 a 30 días de edad se trasplantan en las zanjas poco profundas a una distancia de 20 cm en 2 hileras. Durante la temporada de lluvias, la siembra debe hacerse en camas elevadas (Figueirinha *et al.*, 2018).

La plantación de hierba luisa se debe realizar en la última semana del mes de mayo o en la primera semana de junio. Antes de plantar, el campo principal se prepara minuciosamente y se distribuye en camas de 6 x 6 m. El suelo debe complementarse con una dosis completa de potasio y fósforo. En condiciones de riego, la plantación de limoncillo debe realizarse durante cualquier época del año, excepto en los meses de octubre a noviembre. El nitrógeno se aplica en 6 dosis iguales fraccionadas, la primera dosis debe ser al momento de la siembra, otra a las

4 semanas y la restante después de cada cosecha. Los esquejes se deben preparar recortando todas las raíces viejas y quitando las hojas por completo para plantar y los camellones se abren a una distancia de 60 cm. Luego se deben plantar aproximadamente a la mitad de las pendientes de los camellones a un espacio de 60 x 60 cm (Gazola *et al.*, 2014).

Las parcelas se deben regar en días alternos durante aproximadamente 4 semanas y luego una vez por semana, según el clima y el tipo de suelo. En la temporada de lluvias, no se necesita riego y el suelo debe tener un drenaje adecuado (Alfonso & Posadas, 2013).

El campo principal se mantiene libre de malezas durante los primeros 3 a 4 meses después de sembrarla hierba luisa. Del mismo modo, el deshierbe con azada se realiza hasta 4 semanas después de cada cosecha. Generalmente, se requieren de 2 a 3 deshierbes durante un año. En los cultivos plantados en hileras, las operaciones de cultivo deben hacerse con una azada manual o un cultivador tirado por un tractor. Por otra parte, en lo correspondiente a las plagas y enfermedades, no se han reportado plagas ni enfermedades graves de insectos que ataquen este cultivo (Baidal, 2021).

Las plantas de hierba luisa son perennes y pueden producir hasta cinco años. La recolección se puede realizar cortando la hierba a 10 cm del nivel del suelo. Durante el 1er año de plantación se obtienen 30 esquejes y en años subsiguientes 5 – 6 esquejes. La primera cosecha se realiza aproximadamente 3 meses después de la siembra y posteriormente a intervalos de 45 a 60 días. Las hojas cosechadas se pueden almacenar bajo sombra durante 3 días sin mucho efecto adverso sobre el rendimiento o la calidad del aceite. Luego se cortan en trozos más pequeños antes de la destilación. Se puede esperar obtener un rendimiento de forraje de 15 toneladas por cosecha y una recuperación de 0.5 % de aceite a partir de limoncillo fresco. El rendimiento de aceite a partir del 2º año rondaría los 400 kg ha⁻¹. El rendimiento puede depender de la variedad de semillas y del manejo del cultivo (Desai & Parikh, 2012).

Al igual que en la adaptación al suelo, la hierbaluisa se adapta bien a climas cálidos con periodos de sequía, pero para asegurar el óptimo crecimiento de la planta, no obstante, es aconsejable mantener el nivel de humedad en el suelo, con riegos espaciados, en cuanto al abono, tampoco es exigente, sin embargo, es aconsejable añadir compost o abonos orgánicos después del trasplante y previo a la floración (Aroca, 2020).

8.1.5. Usos de la hierba luisa

Las hojas se han utilizado en la medicina tradicional y se encuentran a menudo en suplementos de hierbas y tés (Baidal, 2021). En la medicina popular del pueblo krahô de Brasil, se cree que tiene propiedades ansiolíticas, hipnóticas y anticonvulsivas. En la medicina tradicional india, las hojas de la planta se utilizan como estimulante, sudor, anticatarral, mientras que el aceite esencial se utiliza como agente carminativo, sedante, analgésico, antipirético, antibacteriano y antifúngico (Alvarado, 2017).

El aceite esencial contiene aproximadamente un 70% de citral, más citronelal; ambos son marcadamente sedantes. Internamente, la planta se utiliza principalmente como té de hierbas en el tratamiento de problemas digestivos, donde relaja los músculos del estómago y los intestinos, aliviando los calambres y las flatulencias. Es particularmente útil para los niños, para quienes también se usa para tratar enfermedades febriles menores (Loachamín & Loayza, 2016).

En esta planta se han realizado estudios agrotécnicos, de actividad antiinflamatoria, analgésica, antiasmática, diurética, antispasmódica y antimicrobiana, toxicidad y genotoxicidad, entre otros. El aceite esencial es mundialmente conocido por sus múltiples usos. De las partes aéreas de la planta se han aislado sustancias no volátiles, entre las cuales se pueden mencionar flavonoides, ácido cafeico, fructuosa y sacarosa. Entre los componentes volátiles, terpenos como el geraniol y citronelol (Vázquez & Guerrero, 2017).

8.2. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional. Más que una tecnología de producción, la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, pero también un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa (Chávez & Burbano, 2021).

Es una práctica eficiente y sana de producción de alimentos que respeta la naturaleza, al mismo tiempo que quien la realiza obtiene beneficios económicos importantes, se caracteriza por sustituir a los plaguicidas como insumo para combatir a las plagas que afectan a los cultivos.

Por sustancias orgánicas que tienen el mismo efecto como son la composta a base de desechos orgánicos, mezcla de estiércol, minerales y pulpa de café que al fermentarse generan compuestos volátiles que son letales para muchos hongos e insectos dañinos a las plantas, o la lombricomposta que contiene pulpa de café y lombrices de una variedad especial. Estos abonos incrementan la resistencia de las plantas y les proporcionan minerales, retienen la humedad y evitan la erosión de los suelos (Gortaire, 2016).

Se puede decir que la agricultura orgánica, es una forma por la que el hombre puede practicar la agricultura acercándose en lo posible a los procesos que desencadenan de manera espontánea en la naturaleza. Este acercamiento presupone el uso adecuado de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos, sin alterar su armonía (Jiménez *et al.*, 2019).

Si los sistemas agrícolas sostenibles son aquellos que tienen como objetivo hacer el mejor uso de los bienes y servicios ambientales sin dañar los cinco activos, en particular el capital natural, social y humano, entonces un sistema de agricultura orgánica integrada puede considerarse inherentemente sostenible. A diferencia de los sistemas agrícolas intensivos convencionales, la agricultura orgánica representa un intento deliberado de hacer el mejor uso de los recursos naturales locales. El objetivo de la agricultura orgánica es crear sistemas agrícolas integrados, humanos, ambiental y económicamente viables que dependan en la mayor medida posible de: recursos renovables locales o en la finca, y la gestión de procesos ecológicos y biológicos. El uso de insumos externos, ya sean inorgánicos u orgánicos, se reduce en la medida de lo posible (Chávez & Burbano, 2021).

La 'agricultura orgánica' es un sistema definido de producción agrícola que busca promover y mejorar la salud de un ecosistema mientras minimiza los efectos adversos sobre los recursos naturales. Se ve no solo como una modificación de las prácticas convencionales existentes, sino también como una reestructuración de sistemas agrícolas completos. La agricultura orgánica certificada es un subconjunto de la agricultura orgánica. La producción de productos orgánicos certificados ha sido evaluada objetivamente como conforme con estándares precisos de producción orgánica, generalmente por un organismo de certificación de terceros (Gortaire, 2016).

Las reglas de la mayoría de las organizaciones certificadoras (organismos) requieren un período de conversión de al menos un año, pero a veces de dos a tres años. La razón es que, a veces,

deben pasar varios años antes de que los residuos de agroquímicos utilizados anteriormente desaparezcan finalmente en el suelo (Paqui, 2012). Durante la conversión período, un agricultor puede tener la desventaja de que no se le permite usar pesticidas o fertilizantes químicos. Al mismo tiempo, el agricultor aún no puede vender el producto como orgánico. Eso podría ser un problema para los 'convertidos' a la producción orgánica. Además, después de muchos años de usar pesticidas y fertilizantes químicos, es posible que la finca no tenga un buen equilibrio ecológico (Vázquez *et al.*, 2020).

Es posible que aún no tenga una diversidad saludable de enemigos naturales de plagas de artrópodos, microorganismos benéficos del suelo, etc. Por esta razón, las plagas pueden causar problemas y puede ser algo difícil lograr un buen nivel de equilibrio de biodiversidad. Sin embargo, después de algunos años, tanto el buen manejo de plagas como la fertilidad del suelo serían restaurados por una mezcla diversa y saludable de componentes de la naturaleza (Pino, 2017). Para ayudar a los agricultores a ganar dinero durante el 'difícil' período de transición de la conversión, algunas organizaciones certificadoras permiten a los agricultores etiquetar y vender sus productos como productos "orgánicos en conversión ". Los clientes que entienden los sistemas pueden estar dispuestos a pagar un precio un poco más alto por los productos "orgánicos en conversión " que los producidos a través de la agricultura convencional (Chávez & Burbano, 2021).

8.3. Abonos orgánicos

Muchos materiales orgánicos sirven como fertilizantes y acondicionadores del suelo: alimentan tanto los suelos como las plantas. Esta es una de las diferencias más importantes entre un enfoque químico y un enfoque orgánico hacia el cuidado y la fertilización del suelo (Vázquez & Loli, 2018). Los fertilizantes químicos solubles contienen sales minerales que las raíces de las plantas pueden absorber rápidamente. Sin embargo, estas sales no proporcionan una fuente de alimento para los microorganismos del suelo y las lombrices de tierra., e incluso ahuyentarán a las lombrices porque acidifican el suelo (Ardisana *et al.*, 2018).

La conceptualización de abono orgánico abarca a todos aquellos productos que representan una fuente de nutrición de origen natural, de manera que se incluyen aquellos subproductos obtenidos mediante el sometimiento de residuos a la degradación y transformación por parte de

los microorganismos. También se incluyen dentro de esta categoría de abonos a las excretas de los animales que constituyen una fuente de reciclaje de nutrientes (Woźniak, 2019).

Paqui (2012), sostiene que un abono orgánico es un “fertilizante que proviene de animales, restos vegetales de alimentos u otra fuente orgánica y natural”. Por ejemplo, la majada o estiércol de las vacas que se alimentan del pasto, como también de los conejos porque estos se alimentan a base de vegetales. La misma autora menciona que, por el contrario, los abonos inorgánicos están fabricado por medios artesanales, como los abonos nitrogenados (hechos a partir de combustibles fósiles y aire) o los obtenidos de minería, como los fosfatos o el potasio, calcio, zinc.

La aplicación de abonos orgánicos no solo se basa en el aporte nutricional que estos puedan proveer al cultivo, ya que también han demostrado generar un efecto positivo en los procesos de corrección físico-biológica de los suelos que han sido desgastaos debido a las labores que se llevan a cabo en los sistemas de producción convencionales. Es por ello, que su aplicabilidad cada vez abarca mayor protagonismo para las estrategias de conservación de suelos, con un enfoque de bajo impacto ambiental (Vázquez & Loli, 2018). Considerando esto, con el pasar del tiempo, se han ido identificando diferentes metodologías que permiten aprovechar recursos de las fincas para su transformación en fuentes de fertilización orgánica, con la finalidad de proveer valor agregado a la producción. En sinergia con los abonos orgánicos, agricultores de diferentes regiones han optado por la complementación de esta tecnología con bioplaguicidas, de manera que se produzca un manejo integral orgánico de las fincas (Shi & Schulin, 2019).

Los abonos orgánicos son generalmente de origen animal o vegetal. Pueden ser también de síntesis (urea, por ejemplo). Los primeros son típicamente desechos industriales tales como desechos de matadero (sangre desecada, cuerno tostado,) desechos de pescado, lodos de depuración de aguas. Son interesantes por su aporte de nitrógeno de descomposición relativamente lenta, y por su acción favorecedora de la multiplicación rápida de la microflora del suelo, pero enriquecen poco el suelo de humus estable. Por otra parte, los segundos pueden ser desechos vegetales (residuos verdes), compostados o no. Su composición química depende del vegetal de que proceda y de las circunstancias del momento. Además de sustancia orgánica contiene gran cantidad de elementos como nitrógeno, fósforo y calcio, así como un alto porcentaje de oligoelementos. También puede utilizarse el purín, pero su preparación adecuada es costosa (Castillo & Chiluisa, 2013).

Los fertilizantes orgánicos pueden consistir en un solo material, como fosfato de roca o algas marinas (un tipo de alga marina rica en nutrientes), o pueden ser una mezcla de muchos ingredientes. Casi todos los fertilizantes orgánicos proporcionan una amplia gama de nutrientes, pero las mezclas están especialmente formuladas para proporcionar cantidades equilibradas de nitrógeno, potasio y fósforo, así como micronutrientes. Hay varias mezclas comerciales, pero puede hacer su propio fertilizante de uso general mezclando enmiendas individuales (Quinto, 2013).

El proceso de fabricación de la mayoría de los fertilizantes químicos depende de recursos no renovables, como el carbón y el gas natural. Otros se fabrican tratando minerales de roca con ácidos para hacerlos más solubles. Afortunadamente, cada vez hay más fertilizantes verdaderamente orgánicos en el mercado (Alvarado, 2017). Estos productos están hechos de materiales naturales de plantas y animales o de minerales de roca extraídos. Sin embargo, los estándares nacionales que definen y distinguen los fertilizantes orgánicos de los fertilizantes químicos son complicados, por lo que es difícil estar seguro de que un producto fertilizante comercial etiquetado como "orgánico" realmente contenga solo ingredientes naturales y seguros. Busque productos etiquetados como "orgánico natural", "liberación lenta" y "análisis bajo" (Alfonso & Posadas, 2013).

8.4. Compost

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica (Alfonso & Posadas, 2013). Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad de descomposición se necesitan condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación. El compost tiene su origen en residuos vegetales y animales (Paneque & Calaña, 2004). El producto obtenido al final de un proceso de compostaje recibe el nombre de compost y posee un importante contenido en materia orgánica y nutrientes, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como componente de sustratos en viveros (Duval *et al.*, 2015).

El compost suministra todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, no tiene efecto negativo para los seres humanos, los animales o el medio ambiente, y es prácticamente imposible sobredosificarlo. La preparación de compost es la mejor forma de aprovechar desechos orgánicos para convertirlos en un fertilizante que también mejore

notablemente la estructura del suelo y así evite tanto la erosión de los nutrientes como la erosión superficial del suelo (Brechelt, 2014).

En la práctica, los compost a menudo se comercializan relativamente inmaduros, por la necesidad de minimizar los costes de proceso, reduciendo el tiempo de tratamiento en la planta de compostaje. Esto ocurre no solamente con los compost de biorresiduos, sino también con los obtenidos en el sector profesional de sustratos y enmiendas a partir de residuos verdes de jardín, de residuos agropecuarios, forestales, de la industria agroalimentaria o de mezclas de los mismos (Ansorena, Batalla, & Merino, 2015).

8.5. Estiércol bovino

El estiércol está compuesto por la íntima reunión y consiguiente putrefacción de los residuos vegetales o deyecciones de los animales. Por su variada composición y valor orgánico que tiene en el campo físico, químico, biológico, tiene y tendrá siempre la importancia de abono orgánico fundamental. Las heces están constituidas por sustancias proteicas complejas y por restos de comidas no digeridas (Méndez, 2015). La composición del estiércol depende de los animales, la cama de la proporción entre paja y deyecciones, de la alimentación de los animales. El estiércol no debe añadirse al terreno en estado fresco, porque las deyecciones concentradas queman los vegetales (Trejo *et al.*, 2013).

Para cualquier otro alimento que se desee darles a las lombrices debe tener su proceso de descomposición, ya que las lombrices no sobreviven en medios extremadamente ácidos o alcalinos o bien demasiado calientes. El mejor método para comprobar si el alimento es apto consiste en: colocar en un pequeño recipiente el alimento, luego poner sobre las unas cuantas lombrices y exponerlas al sol. Si las lombrices se entierran rápidamente y no salen en unos minutos el alimento es apto para su consumo, pero si hacen todo lo contrario o mueren en 48 horas es porque no está apto ese alimento para su consumo (Enríquez & Soto, 2017).

Se dice que aproximadamente un animal en estabulación permanente produce anualmente alrededor de 20 veces su peso en estiércol. Así, el estiércol producido por cabeza de ganado vacuno adulto en estabulación es del orden de 10 – 12 toneladas $t\ a\ \text{año}^{-1}$, siendo 5 a 6 Tm solamente, si pasa 6 meses en el prado. Considerando que el estiércol pesa de 650 a 700 $kg\ m^{-3}$ deberá preverse un espacio de $10m^3$ para el almacenamiento de estiércol producido por cada

cabeza de ganado durante el periodo invernal de estabulación (Marnetti, 2012). El estiércol de ganado vacuno necesita un periodo de maduración o envejecimiento de 6 a 7 meses. El estiércol de ternero es de menor calidad que del bovino adulto, sobre todo cuando procede de explotaciones que utilizan pienso con un alto contenido de proteínas que pasan en parte a los excrementos. Se puede reducir su contenido proteico añadiendo celulosa en forma de paja o papel triturado. El periodo de maduración varía de 6 a 12 meses, según su contenido de proteínas y se realizan las pruebas de acidez (Cruz *et al.*, 2016).

8.6. Investigaciones realizadas

Antolínez *et al.* (2013), en un experimento realizado a fin de evaluar el efecto de tres dosis de nitrógeno de 60, 120 y 180 kg·ha⁻¹ en tres periodos de crecimiento del rebrote 45, 60 y 75 días, no encontrando diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno aplicadas, recomendando una aplicación nitrogenada media, con periodos de crecimiento del rebrote breves.

En un estudio donde se comparó el efecto de cuatro fuentes de nitrógeno (compostaje de estiércol bovino, estiércol de cabra, estiércol de aves de corral y urea), en el desarrollo de *C. citratus*. Los resultados mostraron que las fuentes de nitrógeno no afectaron la producción de biomasa y el rendimiento y la composición de los aceites esenciales (Cobos *et al.*, 2015).

En un estudio realizado en El Cairo, en Egipto, durante las dos temporadas sucesivas de 2015 y 2016, con el objetivo de evaluar el efecto de los biofertilizantes (Nitrobien y Phosphorien) a 1, 2 y 4 g planta⁻¹, el compost y el estiércol de aves de corral a las tasas de 5, 10 y 15 toneladas/feddan (feddan= 4200 m²) como alternativa a NPK (dosis recomendada), en el crecimiento de *Cymbopogon citratus*, se encontró que el mayor número de macollas por planta y el área foliar se obtuvieron con el tratamiento de alta dosis de estiércol aves en el segundo corte de la segunda temporada. La mayor producción de aceite, el mejor grosor de la vaina y el mayor número total de haces vasculares, se consiguió con el estiércol de aves de corral (El-Sayed *et al.*, 2018).

Se evaluó el crecimiento y el rendimiento de *Cymbopogon citratus* en el vertedero de cenizas durante un periodo de tres meses, se aplicó compost, micorrizas y fertilizantes NPK, por separado y combinado. Los resultados concluyen que la aplicación combinada de compost, micorrizas y fertilización NPK a razón de 120-90-90 kg NPK ha⁻¹ podría mejorar el potencial de fitoestabilización de *C. citratus* en las cenizas y producir una alta cantidad de aceite esencial (Ultra, 2020).

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Ho: La fertilización orgánica a base de compost y estiércol bovino en el cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) no permite un adecuado desarrollo del cultivo, así como rendimiento aceptable que se ve reflejado en un alto beneficio económico para los productores.

Ha: La fertilización orgánica a base de compost y estiércol bovino en el cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) permite un adecuado desarrollo del cultivo, así como rendimiento aceptable que se ve reflejado en un alto beneficio económico para los productores.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Localización de la investigación

El proyecto de investigación se llevará a cabo en la finca Paraíso Escondido ubicada en el km 2 de la vía Buena Fe – Recreo del Congo, perteneciente del cantón Buena Fe de la provincia de Los Ríos. El predio se localiza entre las coordenadas geográficas 0°53'06.4" latitud Sur y 79°30'48.4" longitud Oeste, a una altitud de 94 m.s.n.m. El sitio experimental presente terreno con topografía plana y drenaje regular. El suelo corresponde a la clase textural franco-limoso, con pH de 6.5. En la Figura 1 se presenta la ubicación geográfica del sitio experimental.

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio experimental



Fuente: Google maps

Elaboración: Laaz (2022)

10.2. Condiciones agro meteorológicas

En la Tabla 2 se presenta las condiciones agro meteorológicas predominantes en la localidad de Buena Fe, provincia de Los Ríos.

Tabla 2. Condiciones agro meteorológicas de la localidad de Buena Fe, Provincia de Los Ríos

Parámetros	Promedios
Temperatura media anual (°C)	22.00
Humedad Relativa (%)	88.00
Heliofanía (horas/luz/año)	570.30
Precipitación (mm/año)	2761.00

Fuente: Estación del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) Hacienda San Juan. 2017

Elaboración: Laaz (2022)

10.3. Materiales y equipos

10.3.1. Material vegetal

Se utilizaron hijuelos de hierba luisa uniformes de manera que se garantizó una homogeneidad del material vegetal.

10.3.2. Compost de caña

Tabla 3. Contenido nutricional del compost de caña de azúcar

Elementos	Cantidad
Nitrógeno total (%)	1.8
Nitrógeno orgánico (%)	1.7
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	0.3
Fósforo (mg kg ⁻¹)	1300 mg/kg
Potasio (%)	0.7 %
Potasio (mg kg ⁻¹)	5800 mg/kg
Calcio (%)	2.5 %
Magnesio (%)	0.44 %
Sulfato (mg kg ⁻¹)	540 mg/kg
CaCO ₃ (lb t ⁻¹)	12 lb/ton
Materia orgánica (%)	45 %
Carbón orgánico (%)	21 %
Relación C/N	12
Auxinas (ppm)	2 ppm
Citoquininas (ppm)	62 ppm
Giberelinas (ppm)	4645 ppm

Fuente: Legua *et al.* (2021)

Elaboración: Laaz (2022)

10.3.3. Estiércol bovino

Tabla 4. Contenido nutricional del estiércol bovino

Elementos	Cantidad
Materia seca (%)	69.37
Ceniza en base seca (%)	47.88
Ceniza en base fresca (%)	33.21
Nitrógeno (%)	2.8
Fosforo (%)	0.98
Potasio (%)	1.55
Calcio (%)	1.45
Magnesio (%)	1.59
Sodio (%)	3.97
Zinc (mg kg ⁻¹)	17.85
Cobre (mg kg ⁻¹)	320
Manganeso (mg kg ⁻¹)	550
Hierro (mg kg ⁻¹)	330

Fuente: Mendoza & Plaza (2019)

Elaboración: Laaz (2022)

10.3.4. Otros materiales y equipos

Tabla 5. Lista otros materiales y equipos utilizados en la investigación

• Azadón	• Fundas plásticas
• Balanza digital	• Impresora
• Cartulina	• Libreta de campo
• Cinta métrica	• Machete
• Compost de caña de azúcar	• Nitrato de potasio
• Computador	• Pala
• Esquejes	• Regadera
• Estacas de madera	• Regla
• Estiércol bovino	• Teléfono inteligente
• Estilete	• Tijera de podar
• Fosfato diamónico	• Urea

10.4. Tratamientos

Se tomó como referencia las dosis de compost recomendadas por Vázquez *et al.* (2020), quienes indican que la dosis debe fluctuar entre 250 a 500 kg ha⁻¹ para cultivo de pastos en el que se enmarca la hierba luisa. Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 6:

Tabla 6. Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación

Tratamientos	Descripción	Dosis por planta (g)	Código
T1	250 kg ha ⁻¹ de compost de caña	5	C240
T2	500 kg ha ⁻¹ de compost de caña	10	C480
T3	250 kg ha ⁻¹ de estiércol bovino	5	B240
T4	500 kg ha ⁻¹ de estiércol bovino	10	B480
T5	Fertilización Química (NPK)	3.2 g N 2.0 g P ₂ O ₅ 2.4 g K ₂ O	FQ

Elaboración: Laaz (2022)

10.5. Diseño experimental

En ensayo se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos en seis repeticiones, considerando como unidad experimental a 5 plantas. El esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo se lo presenta en la Tabla 7:

Tabla 7. Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo

Fuentes de variación	Grados de libertad
Repeticiones (r - 1)	5
Tratamientos (t - 1)	4
Error (r - 1) (t - 1)	20
Total (rt - 1)	29

Elaboración: Laaz (2022)

10.6. Análisis estadístico

Las variables de respuesta se sometieron al análisis de varianza y se aplicó la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$) para la comparación de las medias de los tratamientos. La tabulación de los datos se

la realizó en Excel 2019, y el análisis estadístico se lo efectuó utilizando Infostat versión 2017.1.2.

10.7. Esquema del experimento

Por cada unidad experimental se establecieron parcelas de 1 m² con un sistema de siembra sembrando un hijuelo en cada vértice y una planta en el centro de cada parcela, teniéndose 5 plantas por cada unidad experimental.

Tabla 8. Esquema del experimento seguido en la investigación

Tratamientos	Repeticiones	Plantas/U.E	Total
T1	6	5	30
T2	6	5	30
T3	6	5	30
T4	6	5	30
T5	6	5	30
Total			150

Elaboración: Laaz (2022)

10.8. Manejo del ensayo

10.8.1. Limpieza y preparación del terreno

Para la limpieza del terreno se procedió a la eliminación de todo tipo de restos de malezas y otras plantas existentes en el sitio experimental, las cuáles se cortaron con machetes y se sacaron del predio utilizando rastrillos. Posteriormente se construyeron las camas, las cuales fueron de 1 m de largo por 1 m de ancho.

10.8.2. Siembra

La siembra se realizó de forma manual, utilizando material genético propágulos de una finca aledaña, cada uno de éstos se desinfectó en una solución de 25 g de Captan® 80 WP (Captan: 800 g kg⁻¹) en 5 litros de agua. Posteriormente se procedió a la siembra, considerando un marco de plantación de 5 plantas por metro cuadrado.

10.8.3. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual, utilizando un machete para eliminarlas y evitar la competencia nutricional y lumínica con el cultivo de interés. Los controles se hicieron cada 15 días de manera que no se evidenció su excesiva proliferación.

10.8.4. Fertilización

La aplicación de los fertilizantes se realizó en dos ocasiones, a los 20 y 40 días después de la siembra, fraccionando la dosis total en 50% para cada ocasión. Para la fertilización química, se siguió la recomendación de Loachamín & Loayza (2016) de 160 kgN ha⁻¹, 100 kgP₂O₅ ha⁻¹ y 120 kgK₂O ha⁻¹. Para ello se aplicó: urea (46-0-0), fosfato diamónico (18-46-0) y nitrato de potasio (13-0-44) en dosis de 217.39, 272.73 y 185.68 kg ha⁻¹. Se realizó la mezcla de los tres fertilizantes y se proporcionó la cantidad correspondiente de 13.52 g por cada planta, fraccionando en 40 y 60% para las frecuencias de aplicación, respectivamente.

Para el caso de los abonos orgánicos en estudio se siguieron las dosis establecidas para cada tratamiento.

10.8.5. Riego

El riego se aplicó utilizando una regadera plástica de 10 L de capacidad Marca Talen Tools Modelo 671 distribuida por Horticoop andina S.A., la cual tienen agujeros de aproximadamente 3 mm de diámetro. Se consideró una lámina de riego de 1 mm, lo que se traduce en una cantidad de agua de 1 L m⁻² con una frecuencia de 7 días, según lo recomendado por Ruíz-Ciau (2017), evitando encharcamientos para no favorecer a las enfermedades fúngicas.

10.8.6. Control de plagas y enfermedades

Por tratarse de un cultivo en el que la incidencia de plagas y enfermedades es baja, no se realizaron controles fitosanitarios.

10.8.7. Cosecha

La cosecha se realizó a los 45 días de edad del cultivo, tendiéndose en cuenta el criterio descrito por Soto, Vega, & Tamajón (2012), quienes en su estudio sostienen que el momento de la cosecha de la hierba luisa se evidencia cuando la plantación manifiesta síntomas de envejecimiento del ápice caracterizado por un color pardo amarillento, coincidiendo esta fecha con el momento en que las hojas están completamente maduras y su rendimiento en aceite esencial es óptimo (Baidal, 2021).

10.9. Variables evaluadas

10.9.1. Altura de plantas

La altura de plantas se registró cada 10 días a partir de los 25 días después de la siembra, para ello se usó una cinta métrica, considerando desde el nivel del suelo hasta el ápice de la hoja más larga en 5 plantas por cada unidad experimental. Luego se determinó el promedio y expresó la magnitud en centímetros de acuerdo a cada tratamiento en estudio.

10.9.2. Número de tallos por macollo

Se realizó un conteo del número de tallos por macollo a los 45 días después de la siembra del cultivo, considerando 5 plantas por cada unidad experimental, para luego promediar de acuerdo a cada uno de los tratamientos evaluados.

10.9.3. Número de macollos por planta

En 5 plantas por unidad experimental se procedió a contabilizar el número de macollos por planta a los 45 días, para luego obtener el promedio por cada subparcela.

10.9.4. Área foliar

Para esta variable se siguió la metodología utilizada por Valenzuela (2018), tomando las fotografías con cámara digital en 5 hojas cortadas de 5 plantas al azar por cada unidad experimental a los 55 días de edad del cultivo. Posteriormente se procesaron con ayuda del

programa Image J versión 1.52v desarrollado por el National Institutes of Health (2020) para estimar el área foliar expresada en cm^2 (Heredia, 2021).

10.9.5. Rendimiento

El establecimiento del rendimiento por hectárea se realizó al pesar toda la materia fresca cortada por cada unidad experimental, y teniendo en cuenta el área de cada subparcela:

$$\text{Rendimiento en kg ha}^{-1} = (\text{kg parcela}^{-1}) * (10\,000 \text{ m}^2) / 1 \text{ m}^2$$

10.9.6. Análisis económico

Se realizó el análisis económico de los tratamientos estudiados, considerando los respectivos costos y el nivel de rendimiento por hectárea, con un precio de venta de \$ 0.85 kg^{-1} el cuál fue tomado en consideración de acuerdo a los datos del Sistema de Información Pública Agropecuaria. Se estableció la relación beneficio-costos y la rentabilidad aplicando las siguientes fórmulas:

$$R\ B/C = IB / CTP$$

Dónde:

R B/C: Relación beneficio-costos

IB: Ingreso bruto (\$)

CTP: Costo total de producción (\$)

$$\text{Rentabilidad (\%)} = IN / CTP * 100$$

Dónde:

IN: Ingreso neto (\$)

CTP: Costo total de producción (\$)

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Altura de planta

En la Tabla 9 se presentan los promedios de altura de planta a los 25, 35, 45 y 55 días en el cultivo de hierba luisa en respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio, evidenciándose que el análisis de varianza reflejó que los tratamientos alcanzaron alta significancia estadística en cada evaluación. Los coeficientes de variación fueron de 2.32, 2.15, 2.45 y 2.47 %, para las evaluaciones a los 25, 35, 45 y 55 días de edad del cultivo, respectivamente.

Con la aplicación de T5: Fertilización química (N-P-K), se presentaron las plantas de mayor altura en cada una de las cuatro evaluaciones, con promedios de 60.70, 50.13, 73.40 y 87.97 cm, a los 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra, respectivamente, mostrando diferencias significativas por encima de los demás tratamientos que registraron valores que fluctuaron entre 35.53 y 41.10 a los 25 días, de 45.47 a 51.67 cm a los 35 días, de 57.97 a 64.83 cm a los 45 días, y de 73.07 a 80.07 cm a los 55 días después de la siembra. En todas las evaluaciones realizadas se pudo apreciar los valores más bajos en T1: Compost de caña 250 kg ha⁻¹.

Los resultados obtenidos, podrían estar relacionados con un mayor aporte nutricional al aplicarse el fertilizante a base de N-P-K, ya que por ser una fuente sintética es de una liberación más rápida, por lo que se puede observar un mayor efecto, lo que se asemeja a los resultados obtenidos por De Luna *et al.* (2016), quienes en el cultivo de maíz, pudieron observar un mayor incremento en la altura del cultivo bajo la aplicación de NPK en comparación con la aplicación de compost.

Por otra parte, estos resultados difieren de los obtenidos por Cantero *et al.* (2015), quienes no encontraron diferencias significativas entre la aplicación de compost y la fertilización química a base de NPK en el cultivo de berenjena (*Solanum melongena* L.), lo que podría haberse debido a que la dosis de aplicación de compost a una dosis que pudo haber equiparado a la eficiencia nutritiva de la fertilización química.

Tabla 9. Altura de plantas a los 25, 35, 45 y 55 días en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica

Tratamientos	Altura de plantas (cm)							
	25 días		35 días		45 días		55 días	
T1: Compost de caña 250 kg ha ⁻¹	35.53	d	45.47	d	57.97	c	73.07	c
T2: Compost de caña 500 kg ha ⁻¹	43.70	b	54.63	b	67.43	b	82.57	b
T3: Estiércol bovino 250 kg ha ⁻¹	31.93	e	42.23	e	55.57	c	70.67	c
T4: Estiércol bovino 500 kg ha ⁻¹	41.10	c	51.67	c	64.83	b	80.07	b
T5: Fertilización química (N-P-K)	50.13	a	60.70	a	73.40	a	87.97	a
Promedio	40.48		50.94		63.84		78.87	
Coefficiente de variación (%)	2.32		2.15		2.45		2.47	

Promedios con la misma letra no difiere estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Elaboración: Laaz (2022)

11.2. Número de macollos por planta

Los promedios del número de macollos por planta en respuesta a los tratamientos de fertilización en el cultivo de hierba luisa se presentan en la Tabla 10. De acuerdo al análisis de varianza, se pudo observar que los tratamientos no alcanzaron significancia estadística, con un coeficiente de variación de 11.67%. Los tratamientos en estudio mostraron promedios entre 2.83 y 3.07 macollos por planta, correspondiendo el mayor valor a T2: Compost de caña 500 kg ha⁻¹ y el menor promedio a T1: Compost de caña 250 kg ha⁻¹. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Herrera (2019), quien al aplicar compost obtenido de residuos de la industria de la caña de azúcar en un cultivo de rye grass italiano (*Lolium multiflorum* Lam.), observó ausencia de diferencias significativas entre las dosis que fluctuaron entre 0.5 a 2.5 kg m⁻², en cuando a la producción de macollos por planta. Esto podría deberse a las características genéticas propias del material de siembra.

Tabla 10. Número de macollos por planta en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica

Tratamientos	Número de macollos por planta
T1: Compost de caña 250 kg ha ⁻¹	2.83 a
T2: Compost de caña 500 kg ha ⁻¹	3.07 a
T3: Estiércol bovino 250 kg ha ⁻¹	2.93 a
T4: Estiércol bovino 500 kg ha ⁻¹	3.03 a
T5: Fertilización química (N-P-K)	3.03 a
Promedio	2.98
Coefficiente de variación (%)	11.67

Promedios con la misma letra no difiere estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Elaboración: Laaz (2022)

11.3. Número de tallos por macollo

En la Tabla 11 se presentan los promedios del número de tallos por macollo en los tratamientos estudiados en el cultivo de hierba luisa, cuyo análisis de varianza mostró que los tratamientos no registraron significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 8.93%.

Los tratamientos en estudio no registraron diferencias significativas, presentando valores que oscilaron entre 3.93 y 4.13 tallos por macollo. El mayor promedio se presentó en T4: Estiércol bovino 500 kg ha⁻¹, mientras que el menor promedio se registró bajo la aplicación de T3: Estiércol bovino 250 kg ha⁻¹. Esta ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos permite definir que éstos no generaron un efecto significativo en este parámetro respecto a la fertilización química a base de N-P-K. Por otra parte, esto podría ser un efecto de las características particulares del material de siembra, lo que concuerda con lo sostenido por Pupuche (2019), quien menciona que la inexistencia de diferencias significativas en la comparación de abonos orgánicos producto de procesos de compostaje, pueden atribuirse a homogeneidad nutricional, o características genotípicas expresadas en indicadores de rendimiento de cultivos.

Tabla 11. Número de tallos por macollos en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica

Tratamientos	Número de tallos por macollo
T1: Compost de caña 250 kg ha ⁻¹	4.03 a
T2: Compost de caña 500 kg ha ⁻¹	4.00 a
T3: Estiércol bovino 250 kg ha ⁻¹	3.93 a
T4: Estiércol bovino 500 kg ha ⁻¹	4.13 a
T5: Fertilización química (N-P-K)	4.00 a
Promedio	4.02
Coeficiente de variación (%)	8.93

Promedios con la misma letra no difiere estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Elaboración: Laaz (2022)

11.4. Área foliar (cm²)

La respuesta del área foliar a la aplicación de los tratamientos estudiados se presenta en la Tabla 12, de manera que el respectivo análisis de varianza reflejó que los tratamientos alcanzaron alta significancia estadística, siendo el coeficiente de variación 9.72%.

Con la aplicación de T5: Fertilización química (N-P-K) las plantas presentaron hojas con mayor área foliar, con 81.88 cm², mostrando igualdad estadística con T2: Compost de caña 500 kg ha⁻¹, que produjo plantas con área foliar promedio de 79.92 cm². Los mencionados tratamientos registraron diferencias significativas por encima de los demás tratamientos que presentaron valores que variaron entre 61.41 y 76.41 cm². El menor promedio de área foliar se presentó en T3: Estiércol bovino 250 kg ha⁻¹.

Los resultados obtenidos de acuerdo a lo sostenido por Garcés (2014), quien indica que la producción de compost a partir de desechos de caña de azúcar trae consigo reacciones implicadas proporcionan carbono rápidamente disponible para el crecimiento de microorganismos del suelo, así como un reciclaje más rápido de nutrientes, lo que se traduce en el desarrollo de distintos órganos o partes de las plantas.

Tabla 12. Área foliar en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica

Tratamientos	Área foliar (cm²)
T1: Compost de caña 250 kg ha ⁻¹	65.67 c
T2: Compost de caña 500 kg ha ⁻¹	79.94 a
T3: Estiércol bovino 250 kg ha ⁻¹	61.41 d
T4: Estiércol bovino 500 kg ha ⁻¹	76.41 b
T5: Fertilización química (N-P-K)	81.88 a
Promedio	73.06
Coefficiente de variación (%)	9.72

Promedios con la misma letra no difiere estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Elaboración: Laaz (2022)

11.5. Rendimiento (kg ha⁻¹)

El rendimiento del cultivo de hierba luisa en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de dos tipos de compost en comparación con la fertilización química a base de N-P-K se presenta en la Tabla 13. El análisis de varianza reflejó que los tratamientos estudiados alcanzaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 11.42%.

Con la aplicación de T5: Fertilización química (N-P-K) el rendimiento del cultivo fue mayor, ascendiendo a 2827.82 kg ha⁻¹, sin diferir estadísticamente de T2: Compost de caña 500 kg ha⁻¹ que produjo un rendimiento de 2657.97 kg ha⁻¹. Estos tratamientos mostraron diferencias

significativas por encima de los demás tratamientos que presentaron valores entre 1123.28 y 2198.27 kg ha⁻¹.

Lo anterior muestra que posiblemente la aplicación de la mayor dosis en estudio del compost de caña de azúcar pudo equiparar al tratamiento con fertilización química. Esto concuerda con los resultados registrados por Leguaet *al.* (2021) en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo la aplicación de compost obtenido de subproductos de caña de azúcar, obtuvo mayor nivel de rendimiento en comparación con las dosis más bajas y testigo. La diferencia en las dosis de mejor respuesta posiblemente se deriva de un mayor requerimiento nutricional de la lechuga, por lo que este autor recomienda su difusión a otros cultivos de interés económico.

Tabla 13. Rendimiento por hectárea en el cultivo de hierbaluisa en respuesta a la fertilización orgánica

Tratamientos	Rendimiento (kg ha⁻¹)
T1: Compost de caña 250 kg ha ⁻¹	1442.45 c
T2: Compost de caña 500 kg ha ⁻¹	2657.97 a
T3: Estiércol bovino 250 kg ha ⁻¹	1123.28 c
T4: Estiércol bovino 500 kg ha ⁻¹	2198.27 b
T5: Fertilización química (N-P-K)	2827.82 a
Promedio	2049.96
Coefficiente de variación (%)	11.42

Promedios con la misma letra no difiere estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Elaboración: Laaz (2022)

11.6. Análisis económico

En la Tabla 14, se presenta el análisis económico de los tratamientos en estudio, teniéndose que T5: Fertilizante Químico (NPK) produjo mayor rentabilidad económica, la cual ascendió a 61.44%, a un costo de tratamiento de \$ 556.69 ha⁻¹. Sin embargo, T2: Compost de caña en dosis de 500 kg ha⁻¹, presentó una rentabilidad de 48.77%, siendo la más cercana al tratamiento que se destacó, a un costo de tratamiento de \$ 648.00 ha⁻¹. Con esto se puede acotar la designación como un resultado alentador en la obtención de rentabilidad económica por unidad de superficie. Por otra parte, al aplicarse T3: Estiércol bovino en dosis de 250 kg ha⁻¹ se obtuvo valores negativos, lo muestra la existencia de pérdidas económicas de \$ 116.07 por hectárea bajo este tratamiento, lo que se traduce en que el 10.84% de la inversión total se pierde.

Estos datos sugieren que esta dosis de compost es adecuada para el rendimiento; ya que los nutrientes del bagazo y vinaza como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y otras características influyen de manera óptima en las reacciones bioquímicas que favorece el rendimiento del cultivo (Leguaet *al.*, 2021), lo que a su vez contribuye a la obtención de una rentabilidad aceptable. Los resultados obtenidos concuerdan con los registrados por Baquero & Uni (2017), que al aplicar compost cuya materia prima fue rastrojos de caña de azúcar en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), logró obtener una utilidad neta de \$ 0.19 por cada dólar invertido, proyectando una TIR de 14% al cabo de 10 años bajo este sistema de producción.

Tabla 14. Análisis económico del rendimiento del cultivo de hierbaluisa en función de los respectivos costos en respuesta a la fertilización orgánica

Tratamientos	T1: Compost de caña 250 kg ha⁻¹	T2: Compost de caña 500 kg ha⁻¹	T3: Estiércol bovino 250 kg ha⁻¹	T4: Estiércol bovino 500 kg ha⁻¹	T5: Fertilizante Químico (NPK)
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	1442.45	2657.97	1123.28	2198.27	2827.82
Ingreso bruto (\$)	1226.08	2259.27	954.79	1868.53	2403.65
Costo de tratamiento (\$)	348.00	648.00	323.00	598.00	604.69
Costo variable (\$)	115.40	212.64	89.86	175.86	226.23
Costo total (\$)	1121.40	1518.64	1070.86	1431.86	1488.92
Ingreso neto (\$)	104.68	740.63	-116.07	436.67	914.73
Relación Beneficio/Costo	1.09	1.49	0.89	1.30	1.61
Rentabilidad (%)	9.33	48.77	-10.84	30.50	61.44
Costo fijo:	\$ 658.00 ha ⁻¹	Precio de venta:		\$ 0.85 kg ⁻¹	
Costo compost de caña:	\$ 1.20 kg ⁻¹	Aplicación compost de caña		\$ 48.00	
Costo compost bovino:	\$ 1.10 kg ⁻¹	Aplicación compost bovino		\$ 48.00	
Costo Urea (50 kg):	\$ 42.00	Aplicación fertilizante químico		\$48.00	
Nitrato de potasio (50 kg):	\$ 36.00	Fosfato diamónico (50 kg):		\$ 47.00	
Cosecha + Transporte:	\$0.08 kg ⁻¹	Total Fertilización química		\$ 556.69 ha ⁻¹	

12. IMPACTOS (Técnicos, Sociales, Ambientales o Económicos)

Impacto Técnico:

El impacto técnico que tiene el presente estudio es que se da a conocer datos importantes y del área de influencia sobre el efecto que genera la aplicación de distintas dosis de dos tipos de composte en los parámetros agronómicos del cultivo de hierba luisa. Con esto se aporta con

información técnica de referencias para personas interesadas en la producción de hierba luisa bajo fertilización orgánica que produzca menor impacto posible en el medioambiente.

Impacto Social:

La presente investigación tiene como impacto social que, al buscar producir hierbaluisa bajo fuentes de fertilización orgánica, se ayuda a la disminución de trazas de fertilizantes químicos que puedan llegar a causar efectos negativos en los consumidores. Esto ya que al ser un principal uso las infusiones, se debe tener en cuenta que no existan este tipo de trazas.

Impacto Ambiental:

El principal impacto ambiental de esta investigación es que ofrece una alternativa para la obtención de rendimientos aceptables en el cultivo de hierba luisa, con una fuente de fertilización de bajo impacto ambiental, a la vez que se hace un uso más eficiente de los recursos al utilizar materias primas que comúnmente son consideradas como desperdicios en los sistemas de producción.

Impacto Económico:

Como impacto económico de la presente investigación, se tiene que se haría daría un valor agregado a los subproductos de la actividad vinculada a la caña de azúcar, ya que se pueden usar para compostarse. De esta manera se incurre en un ahorro, debido a que el costo de los fertilizantes sintéticos cada vez va en aumento. Al usar abonos orgánicos, se puede aportar a una recuperación del suelo, de manera que se disminuyen los costos de conservación o corrección del suelo.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

En la Tabla 15 se presentan los respectivos costos que representó cada rubro para la realización de la presente investigación:

Tabla 15. Descripción de los respectivos costos para la elaboración del proyecto de investigación

Materiales/equipos	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
Azadón	Unidad	1	12.40	12.40
Balanza digital	Unidad	1	15.00	15.00
Cinta métrica	Unidad	1	8.00	8.00
Compost de caña de azúcar	kg	2	1.20	2.40
Computador	Unidad	1	780.00	780.00
Esquejes	Unidad	150	0.10	15.00
Estacas de madera	Unidad	120	0.35	42.00
Estiércol bovino	kg	2	1.10	2.20
Estilete	Unidad	1	0.75	0.75
Fosfato diamónico	kg	2	0.94	1.88
Fundas plásticas	Paquete de 50 unidades	3	0.75	2.25
Impresora	Unidad	1	280.00	280.00
Libreta de campo	Unidad	1	2.40	2.40
Machete	Unidad	1	7.60	7.60
Nitrato de potasio	kg	2	0.72	1.44
Pala	Unidad	1	14.00	14.00
Regadera	Unidad	1	7.00	7.00
Regla	Unidad	1	0.50	0.50
Teléfono inteligente	Unidad	1	450.00	450.00
Tijera de podar	Unidad	1	8.50	8.50
Urea	kg	2	0.84	1.68
Total				1655.00

Elaboración: Laaz (2022)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

- La fertilización a base de N-P-K en el cultivo de hierba luisa permitió un mayor crecimiento de las plantas, a la vez que potenció el desarrollo foliar de las mismas, sin embargo, bajo la aplicación de 500 kg ha⁻¹ de compost de caña de azúcar se obtuvieron los resultados más cercanos al tratamiento de mayor efecto, mientras que, para la producción de macollos y tallos por macollo, los tratamientos no se diferenciaron.
- Cuando se fertilizó el cultivo mediante la aplicación de T2: Compost de caña 500 kg ha⁻¹, se obtuvo un nivel de rendimiento similar al alcanzado con la fertilización química a base de N-P-K que fue el tratamiento que posibilitó la generación de mayor rendimiento por hectárea.
- El mayor beneficio económico se obtuvo con la aplicación de la fertilización química a base de N-P-K, con un 61.44% de rentabilidad, seguido de la aplicación de T2: Compost de caña en dosis de 500 kg ha⁻¹, que reflejó 48.77% de rentabilidad.
- Los resultados de las evaluaciones de los tratamientos estudiados permiten aceptar la hipótesis alternativa (H1), y se concluye la fertilización orgánica a base de compost, y en específico T2: Compost de caña 500 kg ha⁻¹ en el cultivo de hierbaluisa permite un adecuado desarrollo del cultivo, así como rendimiento aceptable que se ve reflejado en un alto beneficio económico para los productores, ya que presentó los valores más cercanos a la aplicación de fertilización química a base de N-P-K.

14.2. Recomendaciones

- Considerar la aplicación de T2: Compost de caña 500 kg ha⁻¹ como fuente de fertilización orgánica al cultivo de hierba luisa, puesto que en el presente estudio produjo plantas con altura que más se acercaron a la obtenidas con la fertilización con N-P-K; así como rendimiento similar y rentabilidad que también estuvo por debajo de la fertilización de mejores resultados.
- Evaluar distintas dosis de aplicación de compost de caña de azúcar, de manera que se puedan identificar posibles efectos derivados de la variación de la dosis aplicación con la finalidad de seleccionar que mejore la respuesta del cultivo en estudio.
- Valorar agronómica y económicamente la utilización de diferentes frecuencias de aplicación que permitan hacer un uso más eficiente de los recursos sin comprometer el nivel de rendimiento, haciendo énfasis en un sistema de producción de bajo impacto ambiental.
- Difundir el uso de abonos orgánicos tanto en el cultivo de hierba luisa, así como de otras especies de importancia agronómica disminuyendo esta manera el impacto en el medio ambiente.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, I., Sánchez, A., & Mendoza, B. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de quíbor. Ii. Calidad del suelo. *Bioagro* 33(2): 127-134.
- Alfonso, J., & Posadas, E. (2013). Elaboración de abono orgánico a partir de cascarilla de piñón (*Jatropha curcas*). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). La Lima-Honduras. 12 p.
- Alvarado, M. (2017). Plan de exportación de té hierba luisa, dirigido al mercado de estados unidos desde la ciudad de machala, año 2016. Universidad Técnica de Machala. Machala-Ecuador. 69 p.
- Álvarez, C., & Rimski, C. (2016). Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos. Primera Edición. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires-Argentina. 167 p.
- Álvarez, L., & Salazar, M. (2014). Caracterización morfológica de las royas (Pucciniales) que afectan el limoncillo (*Cymbopogon citratus*) en Colombia. *Bioagro* 26(3): 171-176.
- Alvis, A., Martínez, W., & Arrazola, G. (2012). Obtención de extractos hidro-alcohólicos de limoncillo (*Cymbopogon citratus*) como antioxidante natural. *Información tecnológica*, 23(2), 3-10.
- Ansorena, J., Batalla, E., & Merino, D. (2015). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. Fraisoro. Santiago de Chile, Chile. 67 p.
- Antolinez, J., De Colmenares, N., Usubillaga, A., Darghan, E., & Linares, S. (2013). Evaluación de variables agronómicas en el cultivo de limonaria (*Cymbopogon citratus* Stapf) para la producción de aceite esencial. *Interciencia* 33(9): 693-699.
- Ardisana, E., Gaínza, B., Torres, A., & Fosado, O. (2018). Agricultura en Sudamérica: La huella ecológica y el futuro de la producción agrícola. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades* (5): 90-101.
- Aroca, L. (2020). Gestión integral de los desperdicios en laboratorios de cocina de la universidad UNIANDES para la transformación de compostas. Universidad Regional Autónoma de Los Andes "UNIANDES". Ambato-Ecuador. 101 p.
- Baidal, J. (2021). Evaluación morfométrica y organoléptica del cultivo de hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 74 p.

- Baquero, I., & Uni, R. (2017). Análisis del costo de la implementación del compostaje frente a abonos químicos en una plantación de palma africana de once años de edad, ubicada en San Carlos de Guaroa Meta, finca La Aurora. Universidad de La Salle . Bogotá-Colombia. 121 p.
- Brechelt, A. (2014). Manejo ecológico del suelo. Editorial Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Santiago de Chile-Chile . 27 p.
- Cabrera, J. (2009). Obtención de extractos vegetales con actividad biocontroladora ante hongos fitopatógenos. Universidad de Azuay. Cuenca-Ecuador. 55 p.
- Cantero, J., Espitia, L., Cardona, C., Vergara, C., & Araméndiz, H. (2015). Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L. Revista Ciencias Agrícolas 32(2): 56-67.
- Castillo, M., & Chiluisa, M. (2013). Evaluación de tres abonos orgánicos (estiércol de bovino, gallinaza y humus) con dos dosis de aplicación en la producción de pimiento (*Capsicum annum* L.) en el recinto San Pablo de Maldonado, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, año 2011. Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná-Ecuador. 145 p.
- Castro, A. (2018). Ventajas y perspectivas de la certificación orgánica en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 61 p.
- Chancay, R. (2019). Estandarización del proceso de obtención en licorespirituoso con hojas de mandarina (*Cirus reticulata*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 116 p.
- Chávez, J., & Burbano, R. (2021). Cambio climático y sistemas de producción agroecológico, orgánico y convencional en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo. Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales (29): 149-166.
- Cobos, J. Y., Pauletti, V., Bizzo, H. R., Gamboa, C. H., Cipriano, R. R., & Deschamps, C. (2015). Nitrogen sources on growth, production and quality of essential oil in *Cymbopogon citratus* and *cymbopogon flexuosus*. Embrapa Agroindústria de Alimentos-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: Brazilian Symposium on Essential Oils. Rio de Janeiro-Brasil. 8 p
- Cruz, M., Schwan-Estrada, K., Nozaki, M., & Stanarlin, J. (2012). Efeito alelopático de *Cymbopogon citratus* e *Artemisia absinthium* sobre sementes de *Bidens pilosa*. Acta Horticulturae 569: 229-233.
- De Luna-Vega, A., García-Sahagún, M., Rodríguez-Uzmán, E., & Pimienta-Barrios, E. (2016). Evaluación de composta, vermicomposta y excreta de bovino en la producción de maíz (*Zea mays* L.). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 3(8): 46-52 .

- Desai, M., & Parikh, J. (2012). Microwave assisted extraction of essential oil from *Cymbopogon flexuosus* (Steud.) wats: A parametric and comparative study. *Separation Science and Technology* 47: 1963-1970.
- Duval, M., Capurro, J., Galantini, J., & Andriani, J. (2015). Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. *Ciencia del Suelo* 33(2): 247-261.
- El-Sayed, A. A., El-Leithy, A. S., Swaefy, H. M., & Senossi, Z. F. (2018). Effect of NPK, bio and organic fertilizers on growth, herb yield, oil production and anatomical structure of (*Cymbopogon citratus*, Stapf) plant. *Annual Research & Review in Biology* 1: 1-15.
- Enríquez, L., & Soto, R. (2017). Evaluación de la producción y composición química de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con el contenido ruminal en el camal Municipal de Huancavelica. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica-Perú. 64 p.
- Figueirinha, A., Paranhos, A., Pérez, J., Santos, C., & Batista, M. (2018). *Cymbopogon citratus* leaves: Characterisation of flavonoids by HPLC-PDA-ESI/MS/MS and an approach to their potential as a source of bioactive polyphenols. *Food Chemistry* 110: 718-728.
- Francisco, V., Figueirinha, A., Neves, B., García, C., Lopes, M., Cruz, M., & Batista, M. (2017). Francisco, V., Figueirinha, A., Neves, B. M., Garcia-Rodriguez, C., Lopes, M. C., Cruz, M. T., and Batista, M. T. (2011). *Cymbopogon citratus* as source of new and safe anti-inflammatory drugs: bio-guided assay using lipopolysaccharide-stimulated macrophag. *Journal of Ethnopharmacology* 133: 818-827.
- Garcés, M. (2014). Producción de abono orgánico a partir de residuos de caña de azúcar y azolla con la aplicación de microorganismos eficientes. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 146 p.
- Gazola, R., Machado, D., Ruggiero, C., Singi, G., & Mecado, M. (2014). *Lippia alba*, *Melissa officinalis* and *Cymbopogon citratus* effects of the aqueous extracts on the isolated hearts of rats. *Pharmacol Res.* 50(5), 477-480.
- Gortaire, R. (2016). Agroecología en el Ecuador: procesos históricos, logros y desafíos. *Antropología Cuadernos de Investigación* (17): 12-38.
- Heredia, J. (2021). Respuesta agronómica del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) a la aplicación de cuatro bioestimulantes en etapa de vivero. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 69 p.

- Hernández, J. (2012). Producción de biofertilizante a partir de residuos orgánicos. Obtenido de <http://www.iutllanos.tec.ve/ova/content/pdf/instituto%20universitario%20de%20tecnologia%20dr%20delfin%20mendoza/proyectobiofertilizante.pdf>
- Herrera, S. (2019). El compost en el rendimiento del forraje rye grass italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) variedad Oregón común, en condiciones agroecológicas del ámbito de Limpacocha, distrito de Huacrachuco, 2018. Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”. Huánuco-Perú. 72 p.
- Jiménez, L., Decker, F., González, M., & Mera, R. (2019). Abonos orgánicos una alternativa en el desarrollo de cormos de orito (*Musa acuminata* AA). *Journal of the Selva Andina Biosphere* 7(1): 54-62.
- Khatoon, N., Memon, M., Ahmed, J., Yousuf, M., Ali, T., Akhtar, N., & Mujtaba, G. (2017). Effect of organic manure and mineral fertilizers on wheat growth and soil properties. *Journal of Basic & Applied Sciences* 13: 559-565.
- Legua, L., Caro, F., Nunja, J., & Cruz, D. (2021). Efecto de compost elaborado con subproductos de la caña de azúcar, para obtener mayor rendimiento en el cultivo de lechuga” (*Lactuca sativa* L.). *Polo del Conocimiento* 6(8): 1-14.
- Lira, R., Méndez, B., Santos, G., & Vera, I. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta universitaria* 28(2): 9-24.
- Loachamín, L., & Loayza, C. (2016). Variación de la composición química de aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y jengibre (*Zingiber officinale*) en función de las condiciones ambientales y tipo de suelo en las provincias de Loja, Azuay, Cañar, El Oro y Zamora Chinchipe. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito. Quito-Ecuador. 74 p.
- Marnetti, J. (2012). Implementación de la producción de lombricultura. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza-Argentina. 33 p.
- Mc Leod, C., Águila, K., Zegers, G., & Cárcamo, J. (2020). Consideraciones en la elaboración de compost para el cultivo de alimentos con base agroecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Valdivia-Chile. 4 p.
- Méndez, H. (2015). Uso de subproductos de cosecha de cacao, palma aceitera y raquis de banano en la producción del humus con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 64 p.
- Mendoza, E., & Plaza, A. (2019). Evaluación química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), a partir de sustrato de cáscara de cacao y estiércol bovino. Escuela

- Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta-Ecuador. 72 p.
- National Institutes of Health. (2020). ImageJ versión 1.52v. Obtenido de <https://imagej.nih.gov/ij/>.
- Oladeji, O. S., Adelowo, F. E., Ayodele, D. T., & Odelade, K. A. (2019). Phytochemistry and pharmacological activities of *Cymbopogon citratus*: A review. *Scientific African* 6: e00137
- Paneque, V., & Calaña, J. (2004). *Abonos orgánicos: Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación*. Ediciones INCA. San José-Costa Rica. 39 p.
- Paqui, A. (2012). *La producción orgánica en la soberanía alimentaria de las comunidades indígenas del cantón Saraguro, provincia de Loja en la actualidad*. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito. Quito-Ecuador. 87 p.
- Peña, C. (2017). Jardín de plantas medicinales como alternativa para desarrollo de una cultura ambiental. *Revista Scientific* 2(3): 138-154.
- Pino, M. (2017). Los sistemas participativos de garantía en el Ecuador. Aproximaciones a su desarrollo. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* (22): 120-145.
- Pupuche, E. (2019). Efecto de tres dosis de biol en la producción de cebolla china *Allium fistulosum* (Alliaceae) bajo condiciones de riego tecnificado. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú. 69 p.
- Quinto, G. (2013). Mejoramiento de eficiencia de la urea mediante la adición de ácidos húmicos, fúlvicos y aplicación de fitohormonas en arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad de Guayaquil. Milagro-Ecuador. 89 p.
- Ruiz-Ciau, D. (2017). *Composición química y actividad antioxidante de aceites esenciales obtenidos de cinco especies de plantas cultivadas en Yucatán*. Instituto Tecnológico de Mérida. Yucatán-México. 172 p.
- Shah, G., Shri, R., Panchal, V., Sharma, N., Singh, B., & Mann, A. (2011). Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, stapf (Lemon grass). *Journal of Advanced Pharmaceutica Technology & Research* 2(1): 3-8.
- Shi, P., & Schulin, R. (2019). Effects of soil organic residue amendment on losses of dissolved organic carbon, P, Cu and Zn via surface runoff from arable soils. *Soil & Tillage Research* 195: 1-8.
- Soto, R., Vega, G., & Tamajón, A. (2012). Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (caña santa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 7(2): 1-10.

- Torres, D., Álvarez, J., Contreras, J., Henríquez, M., Hernández, W., Lorbes, J., & Mogollón, J. (2017). Identificación de potencialidades y limitaciones de suelos agrícolas del Estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 29(3): 207-218.
- Trejo, H., Salazar, E., López, J., & Vázquez, C. (2013). Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(5): 727-738.
- Ullah, M., Rasheed, M., & Hyder, S. (2020). Medicinal plant lemon grass (*Cymbopogon citratus*) growth under salinity and sodicity. *The Korean Journal of Food & Health Convergence* 6(1): 9-15.
- Ultra, V. U. (2020). Growth and yield of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) in fly ash with nutrient amendments and mycorrhiza for three-ratoon period. *International Journal of Phytoremediation*, 22(14), 1551-1561.
- Valenzuela, K. (2018). Comparación de métodos de programación de riego para el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 63 p.
- Vásquez, H., & Maraví, C. (2017). Efecto de fertilización orgánica (biol y compost) en el establecimiento de morera (*Morus alba* L.). *Revista RICBA* 1(1): 33-39.
- Vázquez, J., & Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 43-52.
- Vázquez, J., Alvarez, M., Iglesias, S., & Castillo, J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria* 11(1): 105-112.
- Vázquez, M., & Guerrero, J. (2017). Efecto del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* sobre propiedades fisicoquímicas en películas de quitosano. *Scientia Agropecuaria* 8(4): 401-409.
- Vélez, R., Jaramillo, C., & Vélez, E. (2018). Metabolitos secundarios, actividad antimicrobiana y letalidad de las hojas de *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) y *Melissa officinalis* (toronjil). *Revista de la Facultad de Saud UNEMI* 2(2): 31-39.
- Woźniak, A. (2019). Effect of crop rotation and cereal monoculture on the yield and quality of winter wheat grain and on crop infestation with weeds and soil properties. *International Journal of Plant Production* 13: 177-182.

16. ANEXOS

Anexo 1. Contrato de Cesión No Exclusiva de Derechos de Autor

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte, **Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano** identificada/o con C.C. N° 1207404557, de estado civil soltera y con domicilio en cantón Buena fe, a quien en lo sucesivo se denominará **LA/EL CEDENTE**; y, de otra parte, el **PhD. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez**, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES:

CLÁUSULA PRIMERA. - LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: “**Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador**”, el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico: octubre 2016 – marzo 2021.

Aprobación HCA. -

Tutor: Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo, M.Sc

Tema: “**Fertilización orgánica del cultivo de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador**”.

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, LA/EL CEDENTE autoriza a LA CESIONARIA a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato LA/EL CEDENTE, transfiere definitivamente a LA CESIONARIA y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que LA CESIONARIA no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido LA/EL CEDENTE declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de LA CESIONARIA el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo LA/EL CEDENTE podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de LA/EL CEDENTE en forma escrita.

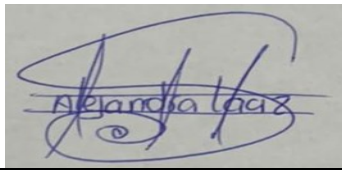
CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la

resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de La Maná.....



Alejandra Del Rocío Laaz Zambrano
CEDENTE

PhD. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez
CESIONARIO

Anexo 2. Certificación de similitud y/o plagio académico del sistema Urkund

**Document Information**

Analyzed document	PDF-LAAZ ZAMBRANO ALEJANDRA DEL ROCIO.pdf (D132962260)
Submitted	2022-04-07T18:47:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	kleber.espinosa@utc.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	kleber.espinosa.utc@analysis.urkund.com

Anexo 3. Certificación de aval de la traducción

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DEL CULTIVO DE HIERBALUISA (*Cymbopogon Citratus*) EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS, ECUADOR”**, presentado por: **Laaz Zambrano Alejandra del Rocío**, egresada de la Carrera de: Ingeniería Agronómica, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, 30 de marzo del 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**JOSE FERNANDO
TOAQUIZA
CHANCUSIG**

Mg. Fernando Toaquiza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502229677

Anexo 4. Hoja de vida del tutor de la investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DATOS INFORMATIVOS PERSONAL
DOCENTE

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: PINCAY
RONQUILLO NOMBRES:
 WELLINGTON JEAN
ESTADO CIVIL: SOLTERO



CEDULA DE CIUDADANÍA: 1206384586

NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES: 0

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: VINCES, ECUADOR 04 NOVIEMBRE 1988

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Rcto. BAGATELA, PARROQUIA ANTONIO SOTOMAYOR, CANON VINCES, ROPVINCIA DE LOS RÍOS

TELÉFONO CONVENCIONAL: 791338**TELÉFONO CELULAR:** 0980754794

EMAIL INSTITUCIONAL: wellington.pincay4586@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP O SENESCYT
TERCER	INGENIERO AGRÓNOMO	28/10/2013	1006-13- 1245059
CUARTO	MÁSTER UNIVERSITARIO EN AGROINGENIERÍA	25/10/2016	724188980

HISTORIAL PROFESIONAL**UNIDAD ADMINISTRATIVA O ACADÉMICA EN LA QUE LABORA:**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES **ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:** TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS AGRÍCOLAS

FECHA DE INGRESO A LA UTC: 5 DE NOVIEMBRE DE 2018

Anexo 5. Hoja de vida del estudiante investigador

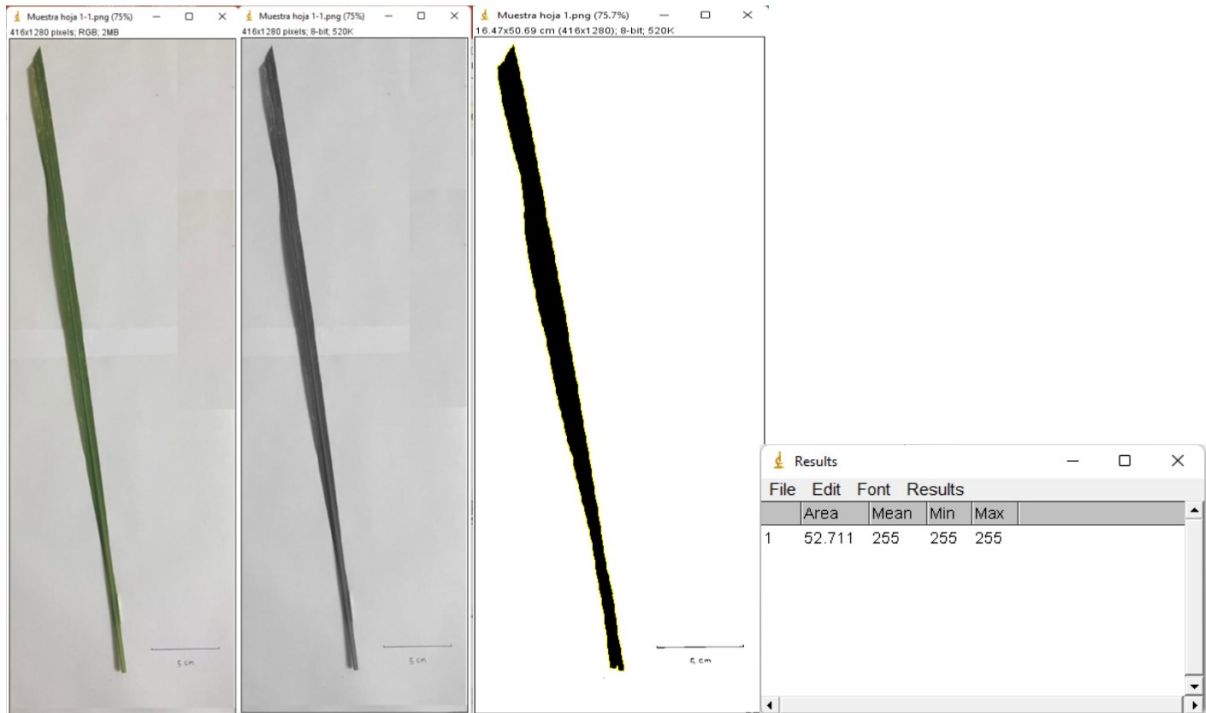
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**

DATOS PERSONALES INFORMATIVOS AUTORA

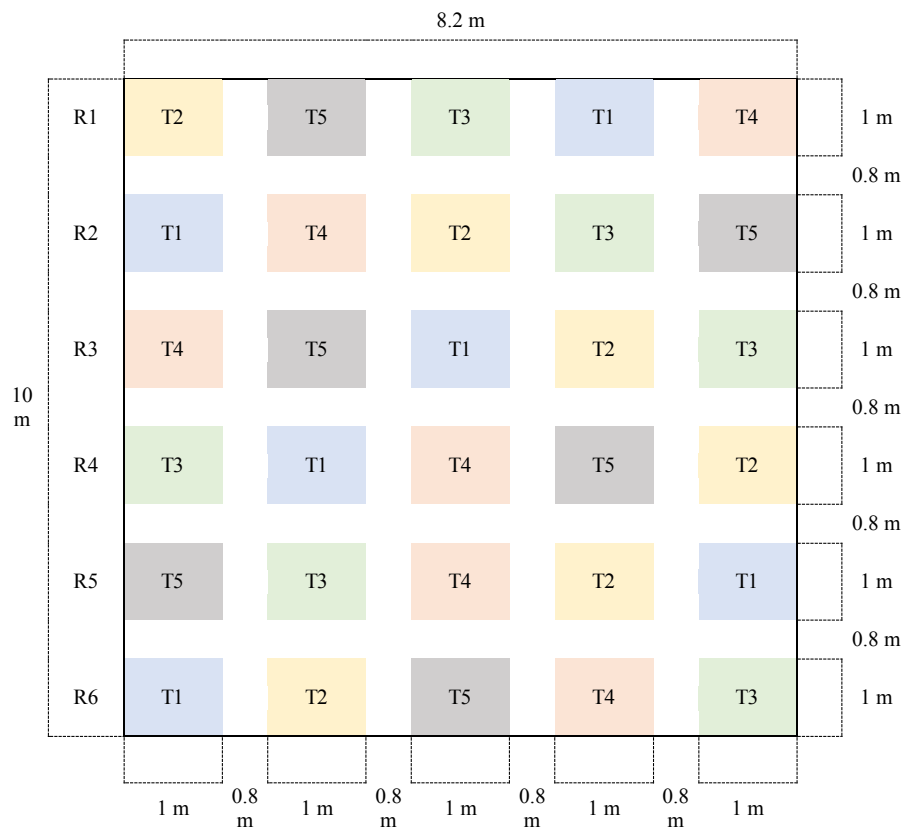
DATOS PERSONALES**APELLIDOS:** LAAZ ZAMBRANO**NOMBRES:** ALEJANDRA DEL
ROCIO**ESTADO CIVIL:** SOLTERA**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 1207404557**NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 2**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** SAN JACINTO DE BUENA FE, LOS RIOS,
ECUADOR 09 JUNIO 1997**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** PARROQUIA LA SAN JACINTO, CANTÓN BUENA FE
PROVINCIA DE LOS RÍOS**TELÉFONO CONVENCIONAL:** **TELÉFONO CELULAR:** 0992777338**EMAIL INSTITUCIONAL:** alejandra.laaz4557@utc.edu.ec**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

NIVEL	INSTITUCIÓN	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO
BASICA	ESCUELA “ HEROES DE CENEPA”	PRIMARIA	
BACHILLER	UNIDAD EDUCATIVA JOSE MARIA VELASCO IBARRA	COMÚN	26/02/2016


Anexo 6. Procesamiento de las imágenes para la determinación del área foliar



Anexo 7. Croquis del sitio experimental



Anexo 8. Reporte del análisis de suelo del sitio experimental



INiAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.ecip@iniap.gob.ec


REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : LAAZ ZAMBRANO ALEJANDRA
 Dirección : LOS RIOS / BUENA FE
 Ciudad : BUENA FE
 Teléfono : 0992777338
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : S/N
 Provincia : Los Rios
 Cantón : Buena Fe
 Parroquia :
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual :
 N° Reporte : 9033
 Fecha de Muestreo : 15/11/2021
 Fecha de Ingreso : 25/11/2021
 Fecha de Salida : 14/12/2021

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		meq/100ml						ppm													
	Identificación	Area	pH		K		Ca		Mg		S		Zn		Cu		Fe		Mn		B	
104989	Alejandra Laaz		6,5 LAc		15 B	140 A	1,24 A	9 A	1,8 M	7 B	26,2 A	5,6 A	140 A	4,9 B	0,56 M							



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS
 ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
 LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 QUEVEDO - ECUADOR

INTERPRETACION

pH = Liger. Acido / LAc = Lige. Alcalino / LAI = Lige. Alcalino
 MAc = Muy Acido / PN = Proc. Neutro / MeAI = Media Alcalino
 Ac = Acido / N = Neutro / AI = Alcalino

RC = Requiere Cal

Elementos: de N a B
 B = Bajo
 M = Medio
 A = Alto

METODOLOGIA USADA

pH = Suelo agua (1:2,5)
 N,P,B = Colorimetria
 S = Turbidimetria
 K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorcion atomica

EXTRACTANTES
 Olsen Modificado
 N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
 Fosfato de Calcio Murexososo
 B,S

X. W. [Signature]
 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

[Signature]
 RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.ecip@iniap.gob.ec


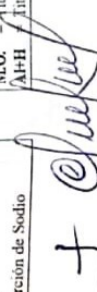
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : LAAZ ZAMBRANO ALEJANDRA Dirección : LOS RIOS / BUENA FE Ciudad : BUENA FE Teléfono : 0992777338 Fax :		DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : S/N Provincia : Los Rios Cantón : Buena Fé Parroquia : Ubicación :		PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : N° de Reporte : 9033 Fecha de Muestreo : 15/11/2021 Fecha de Ingreso : 25/11/2021 Fecha de Salida : 14/12/2021	
--	--	---	--	--	--

N° Muest. Laboral.	meq/100ml		dS/m	C.E.		ppm	RAS		Textura (%)		Clase Textural				
	Al+H	Al		Na	M.O.		Ca	Mg	K	Σ Bases		Arena	Limo	Arcilla	
104989	0,01	B					5,0	1,45	8,71	12,05		30	58	12	Franco-Limoso



La muestra fue analizada el 14/12/2021.
 Profesores: Mónica Torres y Mónica Torres.
 Referencia: 501-10-10-2021

INTERPRETACION Al+H, Al y Na : B = Bajo, M = Medio, T = Tóxico C.E. : S = No Salino, MS = Muy Salino NS = Lig. Salino, MS = Muy Salino LS = No Salino, S = Salino		ABREVIATURAS C.E. = Conductividad Eléctrica M.O. = Materia Orgánica RAS = Relación de Adsorción de Sodio		METODOLOGIA USADA C.E. = Conductímetro M.O. = Titulación de Wetley, Blaed APH = Titulación con NaOH	
RESPONSABLE DPTO.-SUELOS Y AGUA  W. Zambrano		RESPONSABLE LABORATORIO  Mónica Torres			

Anexo 9. Delimitación de las unidades experimentales



Anexo 10. Trasplante del cultivo al sitio experimental



Anexo 11. Aplicación de los tratamientos



Anexo 12. Control de malezas



Anexo 13. Cultivo de hierba luisa a los 45 días de edad



Anexo 14. Cultivo de hierba luisa a los 55 días de edad

