



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA (REDISEÑO)

Proyecto de investigación
previo a la obtención del
título de Agrónomo.

Título del proyecto de investigación:

“Evaluación morfológica y organoléptica del cultivo de hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso”

Autor:

Jean Carlos Baidal Zambrano

Director del proyecto de investigación:

Dr. Pablo César Ramos Corrales

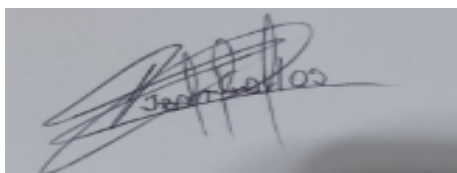
QUEVEDO – ECUADOR

2020-2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **JEAN CARLOS BAIDAL ZAMBRANO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

A rectangular box containing a handwritten signature in dark ink. The signature is stylized and appears to read 'Jean Carlos Baidal Zambrano'.

JEAN CARLOS BAIDAL ZAMBRANO

AUTOR

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **DR. PABLO CESAR RAMOS CORRALES** , Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **JEAN CARLOS BAIDAL ZAMBRANO** , realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, “**Evaluación morfológica y organoléptica del cultivo de hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso**”, previo a la obtención del título de Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

PABLO CESAR RAMOS CORRALES, PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito **PABLO CESAR RAMOS CORRALES, PhD.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado, “Evaluación morfométrica y organoléptica del cultivo de hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso”, de autoría del estudiante **BAIDAL ZAMBRANO JEAN CARLOS** de la carrera de Agronomía (Rediseño).

CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 7%.

URKUND	
Documento	Baidal 01-09-2021.docx (D111952141)
Presentado	2021-09-01 21:26 (-05:00)
Presentado por	jean.baidal2016@uteq.edu.ec
Recibido	fabasolo.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Análisis urkund Mostrar el mensaje completo 7% de estas 28 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.

Pablo Cesar Ramos Corrales, PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA (REDISEÑO)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TITULO:

“Evaluación morfométrica y organoléptica del cultivo de hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso”

Presentado a la comisión académica como requisito previo a la obtención del título de:

AGRÓNOMO

AUTOR:

Jean Carlos Baidal Zambrano

Aprobado por:

Fernando Abasolo Pacheco, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Llerena Ramos

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Marisol Rivero Herrada

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2021

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por darme la oportunidad de haber estado durante cinco años en el estudio de esta carrera, por aquellos momentos que me han servido para crecer en lo personal y profesional.

A mis padres, ustedes han sido el motor que impulsan mis sueños y esperanza de lograr un objetivo más, que estuvieron a mi lado en los momentos buenos y malos y por toda la confianza depositada que hoy se traduce en un logro más para la familia.

A mis docentes que, con sus palabras sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes le debo mis conocimientos, por ser guías en mis estudios y ser pieza fundamental. En especial al Dr. Pablo Cesar Ramos Corrales, sin usted y sus virtudes, su paciencia y su constancia no hubiese logrado este trabajo de una manera fácil. Gracias por sus orientaciones.

A mis compañeros en especial a Ivonne Varas, Víctor Tubay Emilio Beltrán y Emma Moran que estuvieron presentes en más de una ocasión y que de alguna manera me ayudaron para poder culminar con esta etapa de mi vida.

Y por último a la carrera de Agronomía que me enseñó a trabajar la tierra, a conocerla y saber cuan importantes es para nosotros.

A todos ustedes gracias infinitas.

Jean Carlos Baidal Zambrano

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por ser el ser dador de vida, a mis padres: la Sra. Paola Zambrano, el Sr. Pedro Baidal y a mi novia Yulissa Pazmiño por su apoyo incondicional, familiares que de una u otra manera fueron piezas fundamentales en esta trayectoria, puedo decir que no fue fácil pero tampoco imposible. Gracias a ustedes por todo el apoyo brindado.

Mi vida universitaria empezó hace cinco años, lleno de desafíos y mucha perseverancia, ahora se convierte en el final de esta carrera. Este trabajo también es dedicado para mí, por mi gran esfuerzo y dedicación

Jean Carlos Baidal Zambrano

RESUMEN

La práctica agronómica inadecuada en el cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*), provoca alteraciones en las propiedades organolépticas y morfométricas de las hojas, afectando considerablemente la calidad del mismo. El objetivo principal fue evaluar la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso en plantas de hierba luisa. Esta investigación se estableció en los terrenos asignados en la Finca Experimental “La María” de la UTEQ, se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos en tres repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada por nueve plantas. Los tratamientos evaluados fueron dosis de ácido piroleñoso: 2.5 L/ha (T1), 3.0 L/ha (T2), 3.5 L/ha (T3) y un control sin aplicación (T0). Se evaluaron distintas variables morfométricas (altura, número de macollos, peso fresco y seco) y organolépticas (color, sabor, olor), los resultados indicaron que estadísticamente no existieron diferencias significativas en la variable altura evaluada cada 30 minutos en la segunda y tercera cosecha, los valores fueron 1.7 cm (T0, T1 y T3). En la variable altura cada dos días, el mayor promedio fue el T1 con 64.3 cm. En la altura evaluada para cada cosecha, el mayor promedio lo obtuvo el T0 con 74.72 cm. El T1 obtuvo el mayor número de macollos, en promedio 35.41. El tratamiento con mayor peso fresco fue T0, con 220.8 g. Se concluye que el uso de diferentes dosis de ácido piroleñoso no interfiere en el desarrollo morfométrico, pero estimula la producción de macollos, lo que generaría incremento de número de plantas, tampoco influyó en las condiciones organolépticas, lo que significa el ácido piroleñoso puede ser usado como fertilizante y estimulador de crecimiento en hierba luisa.

Palabras claves: agricultura orgánica, planta aromática, calidad de cultivo, fertilizante orgánico.

ABSTRACT

Inadequate agronomic practice in the cultivation of "lemon verbena" (*Cymbopogon citratus*) causes alterations in the organoleptic and morphometric properties of the leaves, considerably affecting its quality. The main objective was to evaluate the application of three doses of pyrrolenic acid in lemon verbena plants. This investigation was established in the assigned lands in the Experimental Farm "La María" of the UTEQ, an experimental design of complete random blocks (DBCA) was used with three treatments in three repetitions, each experimental unit consisted of nine plants. The evaluated treatments were doses of pyrrolenic acid: 2.5 L / ha (T1), 3.0 L / ha (T2), 3.5 L / ha (T3) and a control without application (T0). Different morphometric variables (height, number of tillers, fresh and dry weight) and organoleptic variables (color, taste, smell) were evaluated, the results indicated that statistically there were no significant differences in the height variable evaluated every 30 minutes in the second and third harvest. , the values were 1.7 cm (T0, T1 and T3). In the variable height every two days, the highest average was T1 with 64.3 cm. In the height evaluated for each harvest, the highest average was obtained by T0 with 74.72 cm. T1 obtained the highest number of tillers, on average 35.41. The treatment with the highest fresh weight was T0, with 220.8 g. It is concluded that the use of different doses of pyrrolenic acid does not interfere with morphometric development, but stimulates the production of tillers, which would generate an increase in the number of plants, nor did it influence the organoleptic conditions, which means that pyrrolenic acid can be used. as a fertilizer and growth stimulator in lemon verbena.

Keywords: organic agriculture, aromatic plant, crop quality, organic fertilizer.

INDICE

Portada.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
CÓDIGO DUBLÍN.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Problema de la Investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.3. Sistematización del problema.....	3
1.2. Objetivos.....	4

1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación.....	5

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico.....	7
2.1.1. Plantas aromáticas	7
2.1.1.1. Importancia de las plantas medicinales	8
2.1.1.2. Beneficios que aportan las plantas medicinales	9
2.1.2. Hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	10
2.1.2.1. Taxonomía.....	10
2.1.3. Descripción morfológica.....	11
2.1.3.1. Tallos.....	11
2.1.3.2. Hojas.....	11
2.1.3.3. Raíz.....	11
2.1.4. Condiciones edafoclimáticas del cultivo	12
2.1.5. Labores agrícolas	12
2.1.5.1. Riego	12
2.1.5.2. Control de malezas	12
2.1.5.3. Fertilización.....	13
2.1.5.4. Cosecha	13
2.1.5.5. Secado	13

2.1.5.6.	Secado mecánico	14
2.1.5.7.	Secado de cabina o de bandeja.....	15
2.1.5.8.	Temperatura de secado.....	15
2.1.5.9.	Influencia del secado en el producto	15
2.1.6.	Usos de hierba luisa	16
2.1.7.	Composición química de la hierba luisa	16
2.1.8.	Acido piroleñoso.....	16
2.1.8.1.	Obtención de ácido piroleñoso	17
2.1.8.2.	Composición físicoquímica y eficacia del ácido piroleñoso	17
2.1.8.3.	Investigaciones relacionadas al uso de ácido piroleñoso	18
 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		
3.1.	Localización de la investigación.....	21
3.2.	Métodos de investigación	21
3.3.	Tipo de investigación.....	21
3.4.	Fuente de recopilación de información	21
3.5.	Diseño de la investigación.....	22
3.5.1.	Factores en estudio.....	22
3.5.2.	Diseño experimental	22
3.5.3.	Esquema del análisis de varianza.....	22
3.5.4.	Tratamientos evaluados	22
3.6.	Manejo del experimento	23

3.6.1.	Preparación del terreno y delimitación de parcelas	23
3.6.2.	Obtención de la semilla vegetativa y trasplante.....	24
3.6.3.	Deshierbas.....	24
3.6.4.	Fertilización	24
3.6.5.	Recolección de hojas.....	24
3.6.6.	Secado de hojas.....	24
3.6.7.	Análisis organolépticos de hojas.....	25
3.7.	Análisis económico.....	25
3.8.	Variables evaluadas	25
3.8.1.	Tasa de crecimiento cada 30 minutos	25
3.8.2.	Tasa de crecimiento cada dos días	26
3.8.3.	Número de macollo por cosecha (macollos/planta).....	26
3.8.4.	Promedio de altura de plantas por cosecha	26
3.8.5.	Peso de hojas frescas (g).....	26
3.8.6.	Peso de hojas secas (g).....	26
3.8.	Recursos humanos y materiales.....	26
3.8.2.	Material vegetativo	26
3.8.3.	Material de campo.....	27
3.8.4.	Material del laboratorio.....	27
 CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	Resultados.....	29

4.1.1. Altura cada 30 minutos en la segunda cosecha	29
4.1.2. Altura cada 30 minutos en la tercera cosecha.....	30
4.1.3. Altura cada dos días.....	31
4.1.4. Altura cada cosecha	32
4.1.5. Número de macollo por planta	32
4.1.6. Peso fresco.....	32
4.1.7. Peso seco.....	33
4.1.9. Análisis organoléptico	33
4.1.9.1. Análisis organoléptico del color	33
4.1.9.2. Análisis organoléptico del olor.....	34
4.1.9.3. Análisis organoléptico del sabor.....	34
4.2. Discusión	37

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	40
5.2. Recomendaciones	41

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.....	43
------------------------	----

CAPÍTULO VII: ANEXOS

7.1. Anexos	48
-------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climáticas de la zona de estudio.	21
Tabla 2: Esquema para el análisis de varianza.	22
Tabla 3: Tratamientos de dosis de ácido piroleñoso utilizados en la investigación.	23
Tabla 4: Altura de los tratamientos cada 30 minutos en la segunda cosecha del cultivo de “hierba luisa”(<i>Cymbopogon citratus</i>) establecido en el campus “La María”.....	29
Tabla 5: altura de los tratamientos cada 30 minutos en la tercera cosecha de cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>) establecido en el campus “La María”.....	30
Tabla 6: Altura de los tratamientos cada dos días del cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon Citratus</i>).	31
Tabla 7: Peso fresco Del cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	32
Tabla 8: Costo de producción de un litro de ácido piroleñoso obtenido artesanalmente. ...	36
Tabla 9: Costos de tratamientos y de producción de <i>Cymbopogon citratus</i>	36
Tabla 10: Análisis de rentabilidad beneficio/costo de la producción del cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del diseño de parcelas utilizadas en la investigación.	23
Figura 2: Análisis mediante curva de crecimiento cada 30 minutos en la segunda cosecha en el cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	29
Figura 3: Análisis mediante curva de crecimiento cada media hora en la tercera cosecha en el cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	30
Figura 4: Análisis mediante curva de crecimiento cada media hora para observar la diferente altura en el cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).	31
Figura 5: Análisis de organoléptico de color de la “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>) mediante porcentaje.	33
Figura 6: Análisis de organoléptico de olor de la “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>) mediante porcentaje.	34
Figura 7: Análisis de organoléptico de sabor de la “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>) mediante porcentaje.	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Aplicación de ácido piroleñoso en diferentes dosis a los tratamientos del cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	48
Anexo 2: Medición de altura de cada tratamiento en el cultivo “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	48
Anexo 3: Realizando el desmalezado en los respectivos tratamiento.....	49
Anexo 4: Trasplante de cada tratamiento en el cultivo “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	49
Anexo 5: Cosecha de los tratamientos en el cultivo “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	50
Anexo 6: Peso de las hojas de “hierba luisa” en gramos por tratamientos.	50
Anexo 7: Preparación de terreno para el trasplante en el cultivo hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf).....	51
Anexo 8: Altura del cogollo cada 30 minutos.....	51
Anexo 9: Formulario para la prueba de aceptabilidad por atributo sensorial del té de hierba luisa.	52
Anexo 10: Prueba chi cuadrado para el análisis organoléptico del color.	54
Anexo 11: Prueba chi cuadrado para el análisis organoléptico del olor.	55
Anexo 12: Prueba chi cuadrado para el análisis organoléptico del sabor.	56

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Evaluación morfométrica y organoléptica del cultivo de hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso”			
Autor:	Jean Carlos Baidal Zambrano			
Palabras clave:	organic agriculture	aromatic plant	crop quality	organic fertilizer
Fecha de publicación:				
Editorial:				
Resumen;	<p>La práctica agronómica inadecuada en el cultivo de “hierba luisa” (<i>Cymbopogon citratus</i>), provoca alteraciones en las propiedades organolépticas y morfométricas de las hojas, afectando considerablemente la calidad del mismo. El objetivo principal fue evaluar la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso en plantas de hierba luisa. Esta investigación se estableció en los terrenos asignados en la Finca Experimental “La María” de la UTEQ, se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos en tres repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada por nueve plantas. Los tratamientos evaluados fueron dosis de ácido piroleñoso: 2.5 L/ha (T1), 3.0 L/ha (T2), 3.5 L/ha (T3) y un control sin aplicación (T0). Se evaluaron distintas variables morfométricas (altura, número de macollos, peso fresco y seco) y organolépticas (color, sabor, olor), los resultados indicaron que estadísticamente no existieron diferencias significativas en la variable altura evaluada cada 30 minutos en la segunda y tercera cosecha, los valores fueron 1.7 cm (T0, T1 y T3). En la variable altura cada dos días, el mayor promedio fue el T1 con 64.3 cm. En la altura evaluada para cada cosecha, el mayor promedio lo obtuvo el T0 con 74.72 cm. El T1 obtuvo el mayor número de macollos, en promedio 35.41. El tratamiento con mayor peso fresco fue T0, con 220.8 g. Se concluye que el uso de diferentes dosis de ácido piroleñoso no interfiere en el desarrollo morfométrico, pero estimula la producción de macollos, lo que generaría incremento de número de plantas, tampoco influyó en las condiciones organolépticas, lo que significa el ácido piroleñoso puede ser usado como fertilizante y estimulador de crecimiento en hierba luisa.</p>			
Descripción:	74 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los productos de origen vegetal, especialmente las plantas medicinales y sus extractos, tienen un papel de suma importancia en el arsenal terapéutico. Las medicinas a bases de plantas curativas presentan mayor ventaja que los tratamientos químicos (Medina, 2015). Según Paredes, (2015) Ecuador es considerado uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial, con un gran potencial en el uso de las plantas como fuente de medicina tradicional con beneficios curativo que brindan a las diferentes comunidades del país (Quispe, 2014). La “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*) pertenece a la familia Poaceae de importancia económica y social para la industrialización y sub-productos que se obtienen de este cultivo como son: perfumería, cosméticos, extractos, condimentos, helados y productos fármacos.

El ácido piroleñoso o vinagre de madera, es un líquido que se obtiene de la combustión de la madera seca o también de otros residuos orgánicos, que se obtiene a partir de un proceso de destilación. Se compone de 80 a 90% de agua y compuestos orgánicos tales como; el ácido acético y el alcohol metílico (Álvarez y Hirai, 2009). Se utiliza en la agricultura como enraizador de plantas, fertilizante foliar, insecticida y mejorador de la calidad del suelo.

En la actualidad el uso indiscriminado de los agroquímicos ha causado daños al medio ambiente (Estrella, 2019), no existen investigaciones sobre la influencia del ácido piroleñoso en los parámetros organolépticos y morfométricos de la “hierba luisa” por lo cual, la presente investigación tiene como finalidad evaluar tres dosis de ácido piroleñoso en el cultivo de “hierba luisa”. La información resultante de esta investigación beneficiará agricultores, estudiantes y toda persona que quiera hacer uso de la información, que sirva como una alternativa para evitar el uso de agroquímicos y brindar un manejo agroecológico a su cultivo.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la Investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El uso indiscriminado de los agroquímicos provoca que la fertilidad de los suelos en los cuales se establecen cultivos de hierba luisa se vean afectados, lo cual genera afectaciones en la producción sostenible de hierba luisa. por muchas décadas, el desmedido uso de agroquímicos ha creado condiciones negativas a largo plazo en la calidad de los cultivos agrícolas, los agricultores no obtienen una rentabilidad que sea sustentable para su familia.

1.1.2. Formulación del problema

Las plantas están expuestas a diferentes situaciones como el cambio climático que existe en la actualidad, al uso exagerado de los agroquímicos que afecta al suelo y por ende a los cultivos ocasionando que el ser humano también se vea afectado por el consumo de los diferentes alimentos y a las variedades de plantas medicinales que rodean nuestro medio.

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál será el efecto de la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso en los parámetros morfométrico y organolépticos del cultivo de “hierba luisa”?

¿Cómo se determinará el grado de aceptabilidad organoléptica de las hojas de procedentes de cada tratamiento evaluado?

¿Cuál de los tratamientos en estudio será apropiado económicamente?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso en los parámetros morfométrico y organolépticos en el cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus Stapf.*).

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la aplicación de tres diferentes dosis de ácido piroleñoso en los parámetros morfométrico y rendimiento del cultivo en estudio.
- Determinar el grado de aceptabilidad organoléptico de las hojas procedentes de cada tratamiento.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

1.3. Justificación

En Ecuador y en otros países se usa ampliamente en las comunidades rurales variedades de plantas medicinales, sin necesidad que todas tengan un estudio científico de sus propiedades y beneficios, tal es el caso de la “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*), que es utilizada por la población rural ya que posee muchas propiedades medicinales para aliviar diferentes afecciones, esta es usada como calmante, antiinflamatorio, contra el dolor de estómago y afecciones cutáneas en general. La “hierba luisa” es una planta medicinal por excelencia, la cual tiene un sabor cítrico muy similar al limón, esta hierba ha sido utilizada para infusiones, para fragancia en perfumes y también como componente en bebidas alcohólicas, este cultivo brinda muchos beneficios para el organismo y también ayuda a repeler insectos plagas en algunos cultivos.

El ácido piroleñoso tiene grandes beneficios para la agricultura ya que es una sustancia orgánica de color marrón, obtenido de la destilación seca de la madera empleado como insecticida, nematocida, repelente de animales, como fertilizante foliar a modo de regulador de crecimiento y mejora la textura del suelo haciéndolo más profundo y permeable. La realización de esta investigación es importante porque permitió establecer dosis de aplicación de ácido piroleñoso que beneficien a los productores de “hierba luisa”, ya que existen pocos estudios sobre la aplicación del ácido piroleñoso en este cultivo y su influencia en las características morfométricas y organolépticas. El ácido piroleñoso podría ser una tecnología que pueda ser utilizado para mejorar la calidad del cultivo de hierba luisa.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. Plantas aromáticas

De acuerdo con Sampietro, (2013) en Iberoamérica las plantas medicinales, además de ser usadas como una tradición son de obligada utilización por la población rural por carecer de cobertura total o parcial del sistema de salud pública. Las plantas aromáticas/medicinales están estrechamente ligada a la historia del hombre, ya que antes de conocer el fuego y domesticar a los animales, su subsistencia dependía en gran parte de las hierbas, los frutos, la miel y los jugos que extraía de las plantas (Fretes, 2010).

Muchas de las especies vegetales son consideradas como aromáticas y medicinales, por sus componentes activos que poseen y de la forma como los componentes activos de estas plantas son extraídos, para usarles doméstica o industrialmente. Las plantas aromáticas son aquellas que tienen hojas o flores que desprenden un aroma más o menos intenso. Puede ser un árbol (Naranja amarga por sus flores), un arbusto (rosal) o una planta herbácea (Lavanda), estas se pueden sembrar en jardín, terraza, patio o al interior, mientras que las plantas medicinales son aquellas que tienen propiedades curativas en alguna de sus partes (hojas, semillas, raíces) y sirven para calmar, combatir o incluso curar enfermedades (Aguilar, 2011).

El cultivo de las plantas medicinales se debe apoyar al igual que la agricultura tradicional sobre una base familiar y en pequeñas fincas, buscando la meta de una agricultura sustentable, equitativa, estable y productiva. Las características más importantes de los sistemas agroecológicos están: el bajo consumo de petróleo, la gran mano de obra familiar y comunal, se evita el laboreo excesivo, el sistema de labranza es de conservación, la diversidad es alta, las plagas son estables, se manejan los patógenos por métodos culturales, el suministro de nutrientes y agua por el empleo de materia orgánica, la inversión de capital es bajo con alta productividad, bajo riesgos para la salud y el ambiente (Acosta, 2012).

2.1.1.1. Importancia de las plantas medicinales

Según Forlin, (2012) la importancia es cuando poseen aroma y/o sabor que la hace útil, esta propiedad está dada por componentes o fracciones volátiles por medio de la química se denominan esencias o aceites esenciales. Las plantas medicinales varían mucho en cuanto a sus necesidades de luz, muchas de ellas, sobre todo las productoras de aceite esencial, tiene gran necesidad de ella, por lo que su cultivo es a plena exposición solar, los principios activos se pueden encontrar en: hojas, tallos, bulbos, rizomas, raíces, flores, semillas y frutos.

El reino vegetal proporciona gran cantidad de beneficios al ser humano. Además de crear oxígeno o poner color y olor en hogares y jardines, las plantas son muy utilizadas en el mundo gastronómico para ensalzar los sabores de numerosos platos, y, hay algunas que son especialmente digestivas y con propiedades curativas. La mejor manera de conocerlas y sacarles la mayor utilidad es cultivándolas nosotros mismos, y así poder encontrar la solución a algunos de nuestros problemas sin salir de casa, sembrando estas especies de plantas aromáticas/medicinales en maceteros que sean sanas y frescas (Dunwich, 2007). La siembra de las plantas aromáticas/medicinales contribuye a mejorar los servicios ambientales que son los beneficios que la gente recibe de la naturaleza. Estos beneficios no se restringen al aspecto ambiental, sino que abarcan muchos otros ámbitos (Cruz, 2012).

Fretes (2010) indica que ante la problemática de la contaminación ambiental debe considerarse la educación ambiental y desarrollo sostenible en el fomento de proyectos comunitarios, donde se sabe que estas plantas juegan un papel primordial y en los que se contempla el cumplimiento de una serie de funciones agroecológicas a causa de su diversidad, estructura y carácter. Su importancia radica en que son una expresión personal y cultural de los habitantes ya que las plantas aromáticas medicinales son cultivadas en pequeños huertos caseros tradicionales, sembrados en maceteros produciendo en pequeñas escalas en las comunidades.

La siembra en maceteros implanta la filosofía de cuidar la naturaleza, sembrar en el mismo espacio posible con alta biodiversidad, un aprovechamiento intenso de la siembra sin tierra, de la planta, del microclima, del agua, el ahorro de energía y donde todos los elementos trabajen en varios sentidos. La siembra de estas plantas es una estrategia de desarrollo

sostenible resolviendo problemas culturales, sociales y económicos. Las plantas medicinales varían mucho en cuanto a sus necesidades de luz, muchas de ellas, sobre todo las productoras de aceite esencial, tiene gran necesidad de ella, por lo que su cultivo es a plena exposición solar (Fretes, 2010).

2.1.1.2. Beneficios que aportan las plantas medicinales

Dunwich (2007) determinó que las plantas aromáticas son aquellas plantas medicinales cuyos principios activos están constituidos, total o parcialmente, por esencias. En este mismo sentido, las plantas condimentarias o especias son plantas aromáticas que el hombre utiliza en los alimentos para acentuar y mejorar el sabor, olor y color de los alimentos. Los beneficios que aportan estos seres vivos al ambiente son indispensables para nuestra salud, que va desde la purificación permanente del aire eliminando básicamente el CO₂, está comprobado además que mejoran el estado de ánimo, y en general, permiten mantener y mejorar la calidad de vida de una forma sencilla y natural:

- Incrementan la humedad en el aire: Este beneficio de las plantas permiten que se hidraten las mucosas, garganta y piel, con lo que se puede evitar la tos.
- Controlan de manera natural la proliferación de plagas.
- Se crean ecosistemas más equilibrados que se autorregulan.
- Mejoran la biodiversidad y favorecen la polinización
- Reducen el estrés: con las plantas se encuentra la relajación. Un estudio reciente en los Países Bajos sugiere que la jardinería puede combatir el estrés, incluso se considera como una mejor actividad para combatir el ocio, además, reducen la sensación de fatiga.
- Alivian la depresión: En un estudio realizado en Noruega, las personas que habían sido diagnosticados con depresión o trastorno bipolar pasaron seis horas a la semana cultivando flores y verduras. Después de tres meses, la mitad de los participantes habían experimentado una mejora apreciable en sus síntomas de este padecimiento.
- Mejora el estado de ánimo: Se puede notar que el humor y bienestar mejorará cada día más, con tan sólo con contemplarla. También, incrementa el nivel de concentración
- Como actividad física: la jardinería ayuda a una persona con su estado físico, ya que realiza diferentes movimientos como: flexiones, estiramientos y fuerza, los cuales mejoran los músculos corporales, la salud cardiovascular, aumentando la longevidad (Cruz, 2012).

Aguilar (2011) indica que existen aplicaciones que se dan con las plantas aromáticas/medicinales en la industria, suministra la materia prima homogénea y selecta a las industrias del sector, evitando la importación.

2.1.2. Hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)

Es un cultivo perenne, se propaga con material vegetativo. La mayor cantidad de aceites esenciales es acumulada en tallos y hojas, y en menor cantidad en las raíces. Estos aceites contienen aromas característicos, que se identifican cuando se separan partes de las plantas (Romero, 2016). La familia Poaceae está ampliamente distribuida a nivel mundial; sus especies se encuentran presentes en todas las latitudes y altitudes, desde el nivel del mar hasta por encima de los 5000 msnm. Es una de las familias con mayor cantidad de especies con aproximadamente 700 géneros y 10.000 especies distribuidas en casi todas las especies (Gutiérrez y Castañeda, 2014).

2.1.2.1. Taxonomía

Fue anteriormente descrito como *Andropogon citratus* por De Candolle y reclasificado por Otto Stapf, pertenece a la familia Poaceae, la misma que comprende aproximadamente 500 géneros y 8.000 especies de hierbas, genéricamente llamadas gramíneas. *C. citratus* incluye alrededor de 30 especies, características muy importantes y su nombre es derivado de las palabras griegas *kymbe* (bote) y *pogon* (barba), en referencia a la disposición de las espigas y *citratus* derivado del latín antiguo, cuyo significado es hojas con aroma a limón (Negrelle y Gomes, 2007).

Salazar y Flores (2013) indican que el cultivo de hierba luisa pertenece al siguiente orden taxonómico:

- **Reino** Cormobionta
- **División** Magnoliophyta
- **Clase** Liliatae
- **Subclase** Commelinidae

- **Orden** Cyperales
- **Familia** Poaceae
- **Genero** *Cymbopogon*
- **Especie** *citratus* Stapf.

2.1.3. Descripción morfológica

2.1.3.1. Tallos

Muy ramificados de 1 a 2 m de alto con los nudos ceríferos puberulento en la parte superior, ramificado (Soto *et al.*, 2002).

2.1.3.2. Hojas

Aromáticas, amontonadas cerca de la base, lampiña, glaucas, de 6 a 10 cm, sus ramas alargadas y un tanto penduladas. Espatas lanceoladas: las espiguillas en pares, una sécil y la otra pedicelada; los racimos bifurcados, portando en la bifurcación una espiguilla estaminada sin arista, la espiguilla sécil, del par o los pares inferiores diferentes de las de arriba. Racimos de 1 a 1,5 cm de largo, la espiguilla sécil línea lanceolada de 4 a 5 cm de largo acuminada con el dorso cóncavo en la parte baja. No florece o lo hace muy rara vez. En una planta de *C. citratus* desarrollada pueden encontrarse hojas cuyas longitudes varían desde 22 cm hasta 82 cm y la mayor proporción se encuentra entre los rangos de 34 a 46 cm, 58 y 70 cm (Soto *et al.*, 2002).

2.1.3.3. Raíz

En cuanto a su sistema radical, un estudio sobre la distribución de este en un suelo ferralítico rojo típico mostró, que el mayor porcentaje de raíces se encuentra hasta los 0,30 m de profundidad en el suelo. En la distribución horizontal y para las distancias entre las hileras de las plantas de 0,90 m, la mayor proporción de raíces se halla a los 22,5 cm a partir del eje central del plantón (Soto *et al.*, 2002). En climas templados o de estaciones no florece, pero

en clima cálido produce densas panojas, con espigas de granos verde amarillentos (Mayanquer y Salazar, 2011).

2.1.4. Condiciones edafoclimáticas del cultivo

Crece adecuadamente en una gama de suelos, pero, se adapta mejor en suelos fértiles de textura media a ligera y con buena capacidad retentiva de agua. En los suelos arenosos se tiene mayor producción de follaje, pero menor producción de aceites esenciales. No tolera las condiciones de mal drenaje. Tolerancia temperatura media entre 22 y 28° C. Se encuentra en áreas con precipitaciones pluviales de 1 500 a 4 000 mm/año con lluvias bien distribuidas se cosecha de 3 a 6 meses después de la siembra. (Auccapiña *et al.*, 2017).

Soporta latitudes de hasta los 200 msnm. Las lluvias perjudican la calidad del aceite, debido a que se reduce el contenido de citral hasta en un 5%. La planta puede cortarse más frecuentemente en regiones lluviosas que en secas, pero el aceite tendrá menor contenido de citral (Ocampo y Valverde, 2000).

2.1.5. Labores agrícolas

Según Fuentes, *et al* (2000); en su investigación menciona las siguientes labores agrícolas para cultivo de “hierba luisa”.

2.1.5.1. Riego

Se debe realizar el riego según las necesidades, al comienzo de la plantación la planta es muy resistente a la sequía, aunque cuando ésta se prolonga se producen serios decrecimientos en los rendimientos (Fuentes *et al.*, 2000).

2.1.5.2. Control de malezas

El control de maleza es importante en los primeros meses después del establecimiento de la plantación, una vez que, las plantas alcanzan cierto crecimiento, cierran camino e impiden

el desarrollo de las malezas (Fuentes *et al.*, 2000).

2.1.5.3. Fertilización

El cultivo de “hierba luisa” necesita importantes aplicaciones de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica para obtener un mejor rendimiento. Si el aceite esencial se va a hacer utilizado para la fabricación de medicamentos, no deben aplicar estos elementos a través de los fertilizantes inorgánicos, la única vía autorizada es la fertilización orgánica, lo que implicaría una dosis mayor por hectárea (Fuentes *et al.*, 2000). De acuerdo con Quispe (2004) las gramíneas, necesitan de las siguientes dosis de nutrientes: 100 kg/ha de N, 50 kg/ha de P₂O₅, 50 kg/ha de K₂O.

2.1.5.4. Cosecha

La forma más fácil de determinar el momento de la cosecha es cuando la plantación manifiesta síntomas de envejecimiento del ápice, caracterizado por un color pardo amarillento, presentándose este síntoma entre los 9 a 11 meses dependiendo de la época de plantación. Coincidiendo esta fecha con el momento en que las hojas están completamente maduras y su rendimiento en aceite esencial es óptimo. Si no se realiza la cosecha cuando la plantación ha presentado los síntomas anteriormente explicados, los ápices de las hojas se recruzan y se ven afectados los rendimientos en masa verde y en aceite. La cosecha puede realizarse de forma manual o mecanizada en dependencia de las dimensiones del área plantada (Soto *et al.*, 2002) .

2.1.5.5. Secado

Un paso muy importante es el secado de las hojas si este se realiza bien se puede lograr una mejor calidad porque depende de las condiciones en que se conserva el producto. (Soto *et al.*, 2002) en su instructivo técnico del cultivo de (*C. citratos*) (D.C) Stapf (caña santa), mencionan que se deben cumplir los requisitos siguientes para el secado de las hojas:

- Cosecharse en la mañana

- Debe trasladarse al área de secado de forma inmediata para evitar los efectos de la radiación solar directa.
- Agrupar las hojas en paquetes con un peso no mayor de 300 g (si el secado se realizara de forma natural) atándolas con un cordel sin apretar demasiado y colgándolos para aumentar la superficie de contacto con el aire.
- El local de secado debe reunir buenas condiciones de circulación de aire, poca luz, temperatura relativamente alta y baja humedad relativa.
- Las hojas deben perder entre el 72-78 % de peso entre los 12 y 14 d, dependiendo de la época del año que se someta al secado, obteniéndose hojas que mantienen su color, olor y sabor característicos, así como del 22-28 % de materia seca, lo que garantiza parámetros óptimos a los fármacos obtenidos a partir de ellas.

La temperatura de secado oscila entre 30 y 60° C, para el caso de plantas medicinales y aromáticas y para productos vegetales 50 y 80° C. Las plantas que poseen aceites esenciales o sustancias volátiles deben ser secadas a temperaturas inferiores a 40° C. Además, el secado es el paso más importante para lograr un mejor rendimiento en la extracción de los aceites esenciales. Las plantas aromáticas tienen humedades que oscilan entre 75-80% en estado fresco (Caicedo y Otavalo, 2011).

2.1.5.6. Secado mecánico

Mayanquer y Salazar (2011) manifiestan que el secado artificial o mecánico determina mayores gastos, pero tiene ventajas, pues al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad comercial. Hay diversos métodos para deshidratar las hierbas, que pueden clasificarse, entre otras formas, de la siguiente manera:

- Deseccación por aire caliente.
- Deseccación por contacto directo con una superficie caliente.
- Deseccación por aporte de energía de una fuente radiante de microondas o dieléctrica.

➤ Liofilización.

2.1.5.7. Secado de cabina o de bandeja

Es una cabina aislada provista interiormente de un ventilador de aire a través de un calentador; sale por una rejilla de láminas ajustables y es dirigido, horizontalmente entre bandejas cargadas de hierba o bien verticalmente a través de las bandejas perforadas y el producto. Estos secaderos pueden disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire nuevo y la cantidad de aire de recirculación. Los calentadores del aire pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica (Nambiar y Matela, 2012).

2.1.5.8. Temperatura de secado

Durante mucho tiempo se ha ponderado una temperatura media de 30 a 60° C, para el caso de plantas medicinales, mientras que para los productos vegetales (ají, cebolla, etc), se considera valores entre 50-80° C. Se utilizan temperaturas menores, tratando de no afectar a los diversos ingredientes activos de cada especie. Las temperaturas para las plantas medicinales utilizan varían entre 25-35° C y de 40-60° C (Mayanquer y Salazar, 2011).

2.1.5.9. Influencia del secado en el producto

En el secado, las plantas pierden su contenido de humedad lo cual da como resultado un aumento en la concentración de ingredientes en la masa resultante. Las plantas deshidratadas producen partículas reconstituidas o rehidratadas comparables con los alimentos frescos. pero, al secar o utilizar cualquier método de conservación, la planta deshidratada conserva la calidad del estado fresco de la misma (Geankoplis, 1998).

Las temperaturas elevadas dañan los principios activos y el tiempo de secado influye en el producto final. Adicionalmente es importante cosechar en el momento adecuado, incluso a cierta hora del día, lo cual varía según la especie, el órgano a cosechar y el principio activo buscado. Una de las formas más frecuentes utilizadas para detener el deterioro de la calidad de las plantas medicinales es la deshidratación. Con el proceso de deshidratado disminuye

el agua libre en el producto, lo que limita el crecimiento microbiano y detiene reacciones químicas y enzimáticas.(Mayanquer y Salazar, 2011).

2.1.6. Usos de hierba luisa

La hierba luisa es de importancia económica y social, de su industrialización se obtienen productos alimenticios, bebidas alcohólicas, perfumería, cosméticos, extractos, condimentos, pastelería, helados y productos farmacéuticos (Antolinez *et al.*, 2008; y Quispe, 2004). En las comunidades rurales de Ecuador, se usa ampliamente un sin número de plantas medicinales, sin que todas estas tengan un estudio científico de sus propiedades, estas prácticas se basan solamente en el conocimiento empírico y en la experiencia de los pueblos. Tal es el caso de “hierba luisa”, que son usadas por la población rural con la creencia de que posee propiedades medicinales para aliviar diferentes afecciones, siendo utilizada como calmante, antiinflamatorio, contra el dolor de estómago y afecciones cutáneas en general (Cabrera, Fadragas y Guerrero, 2005).

La mayoría de las especies del género *Cymbopogon* (Poaceae) han sido ampliamente usadas para el tratamiento de enfermedades, de los nervios y gastrointestinales (Luna-Solano *et al.*, 2019); también se utilizan como antiespasmódicos, analgésicos, antiinflamatorios, antipiréticos, diuréticos y sedativos (Santin *et al.*, 2009).

2.1.7. Composición química de la hierba luisa

Su aceite esencial contiene un 80% de citral, el geraniol, linalol, citronelal, limoneno y dipenteno. Se lo conoce al aceite esencial como lemongrass (Mayanquer y Salazar, 2011). Contiene altas concentraciones de compuestos fenólicos, incluyendo ácidos fenólicos, flavonoides y taninos condensados, por lo cual su consumo está asociado con numerosos beneficios a la salud (Figueirinha *et al.*, 2008).

2.1.8. Acido piroleñoso

El ácido piroleñoso es un producto de origen vegetal, que se obtiene mediante la incineración de la cáscara de arroz (*Oriza sativa L.*)no produce toxicidad a organismos vivos.

No ocasiona contaminación al medio ambiente y no tiene efectos residuales en aguas y suelos (Estrella, 2019). También es conocido como vinagre de madera, es generalmente marrón oscuro, viscoso y compuesto por una mezcla muy compleja de hidrocarburos oxigenados. Es útil para el mejoramiento del suelo, la actividad de las semillas, la germinación y especialmente en la actividad biológica en esto intervienen los microorganismos y evitan los ataques de hongos y termitas (Choi *et al.*, 2009).

2.1.8.1. Obtención de ácido piroleñoso

Según Burbano (2019) el ácido piroleñoso es un líquido que se obtiene de la destilación seca de material vegetativo previamente deshidratado, está integrado por un 70 a 90 % de humedad y muchos compuestos orgánicos, entre ellos el ácido acético y el alcohol metílico, en el proceso se obtiene una serie de subproductos aprovechables como son el bio carbón y el alquitrán. La obtención del ácido piroleñoso, utilizando energía solar durante el proceso de secado, producto de esto se ocasionan emisiones de calor residual, residuos forestales, como la leña que es el pilar para el incremento de la temperatura en la pirólisis, se emiten gases de combustión además de ácidos, fenoles, alcanos que ingresan al proceso de destilación, durante este proceso se genera, alquitrán vegetal, destilado y como residuo final de la pirólisis de la biomasa, se obtiene bio carbón y ceniza producto de la quema de los residuos forestales.

Partiendo de aproximadamente 70 Kg de biomasa en la cual el 60% corresponde a la materia prima analizada y reconociendo que el porcentaje de humedad del proceso es relativamente bajo, se recupera aproximadamente medio litro de destilado que principalmente contiene ácido acético, como subproductos se obtienen 17 kg de bio carbón y 95 ml de alquitrán, estimando un rendimiento de entre 20 y 30 % para los gases con una energía máxima entregada que oscila entre 150 y 1000 kcal.

2.1.8.2. Composición físicoquímica y eficacia del ácido piroleñoso

El líquido piroleñoso es una mezcla compleja, líquida a temperatura ambiente y poco estable en el tiempo. Generalmente está constituida por dos fases, una acuosa y una orgánica, que

se satura una en la otra formando una mezcla líquida heterogénea (Navas, 2002). Contiene varios compuestos fenólicos como guayacol y cresol, y ácidos orgánicos como los ácidos acéticos, fórmico y propiónico. Puede refinarse mediante destilación fraccionada para producir un producto de calidad alimentaria (Sakaguchi, Uyama y Uyama, 2007).

El ácido piroleñoso está constituido principalmente por los siguientes compuestos: ácido acético, metanol y ácido fórmico. De manera artesanal se obtiene a partir de la combustión de la cáscara de arroz, resultando económicamente viable para los pequeños agricultores. Mediante este método artesanal, se logra la obtención de un producto orgánico de buena calidad, sin tener que recurrir a la síntesis industrial que es económicamente más costosa (Navas, 2002). No produce toxicidad a la dosis recomendada, no causa contaminación al medio ambiente y no tiene efecto residual en aguas, cultivos y suelos (Lanuza, 2007).

2.1.8.3. Investigaciones relacionadas al uso de ácido piroleñoso

El uso de ácido piroleñoso en el cultivo de plantas aromáticas o medicinales no está desarrollado, existiendo nula información. Sin embargo, se ha reportado su utilización en cultivos agrícolas en la investigación de Pelinco *et al.*, (2020) se evaluó el efecto del ácido piroleñoso y la dosis óptima para la germinación de semillas de sandía, cocona y cacao; el ácido piroleñoso fue el obtenido de Bambú, Pisonay y Cético (1, 10, 100 ml). Los resultados señalan efectos significativos del ácido piroleñoso en la germinación, de semillas de cocona, cacao con 96.70%, y 100%, sin embargo, hubo efectos negativos para las semillas de sandía. En conclusión, la aplicación de ácido piroleñoso a dosis de 10 ml mejoró el proceso germinativo de las semillas Cocona y Cacao, sin embargo, a una dosis alta de 100 ml inhibe la germinación, por último, la dosis 1 ml no muestra efectos positivos respectivamente.

En el estudio de Castillo y Vargas (2012) la eficacia del ácido piroleñoso se aprecia en la mezcla con bocashi, frente a bocashi solo, sin volteo y con volteo; se obtuvo un mejor índice de calidad como en la conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), carbono orgánico total (C-T), nitrógeno-nitrato (NO₃), nitrógeno total (N-T), fósforo total (P₂O₅), calcio total (CaO) y magnesio total (MgO). No así en nitrógeno-amoniaco (NH₄⁺), capacidad de intercambio catiónico (CIC), y potasio total (K₂O). Por tanto, se concluye que la presencia del Ácido piroleñoso mejora las respuestas del suelo en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas y por tanto estas se fortalecen en su crecimiento vigoroso.

El uso del ácido piroleñoso como una alternativa al control de la negrita (*Prodiplosis longifila* G.) que afecta al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se estudió en la investigación de Estrella (2019), en las evaluaciones de laboratorio se determinó el porcentaje de mortalidad y repelencia de larvas a los tratamientos con distintas dosis, siendo la dosis de 1,75 cc (T2) la mejor, con una tasa de mortalidad de 78.8% de las larvas. Después se aplicaron los tratamientos a plantas de tomate, como resultado se determinó que estas no presentaron fitotoxicidad; en general se encontraron sanas, buen crecimiento y sin presencia de insectos, no obstante, el comportamiento agronómico de las plantas en su crecimiento vigoroso y la mayor uniformidad de altura entre plantas fue el mejor con un 99% de crecimiento.

Lei *et al.*, (2018) determinaron que las diferentes dosis de ácido piroleñoso diluido no mostraron diferencia en las tasas de germinación de las semillas de pepino en comparación con las del tratamiento con CK ($P > 0,05$). Sin embargo, agregado a la dilución de 10000 veces, esta aumentó significativamente la longitud de la raíz y la biomasa seca del pepino en un 20.9% y 5.92%, respectivamente ($P < 0.05$). Por lo tanto, el ácido piroleñoso diluido podría usarse como un prometedor agente para la germinación de semillas, y mejorar aún los rendimientos de los cultivos.

Luo *et al.*, (2019) reportaron que con la incorporación ácido piroleñoso no se manifestaron efectos en la germinación de pimiento y tomate, mientras que promovió el crecimiento radicular y la aparición de brotes a concentraciones bajas (0.002% y 0.02%). Souza, Ré-Poppi y Raposo (2012) indicaron que el ácido piroleñoso actúa como una enmienda para mejorar el suelo con múltiples beneficios para la producción agrícola, estimula el crecimiento de las plantas, acelera la velocidad de germinación de las semillas, mejorar la acidez del suelo, apoya en la absorción de nutrientes por las plantas, mejora la cosecha de los productos, inhibe el desarrollo de patógenos como hongos de plantas y actúa como fertilizante orgánico.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

El cultivo de “hierba luisa” se estableció en los terrenos asignados en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, perteneciente a la provincia de Los Ríos. Se encuentra a una altura de 67 msnm, y en coordenadas geográficas de 1°45’0.02’S,75°27’0’W.

Tabla 1. Características climáticas de la zona de estudio.

Parámetros	Características
Temperatura	24,8°C
Precipitación	2252 mm
Heliofanía	894 horas/año
Humedad relativa	84%

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI, 2018).

3.2. Métodos de investigación

Se empleó el método deductivo partiendo de información procedente de literatura y trabajos realizados con anterioridad sobre la aplicación de ácido piroleñoso en diferentes cultivos.

3.3. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, donde se utilizó el ácido piroleñoso en diferentes dosis aplicado en cada cosecha en el cultivo de “hierba luisa” con una distancia entre plantas e hileras de 1m.

3.4. Fuente de recopilación de información

- **Fuentes primarias:** Información obtenida a través de la observación directa de los resultados logrados al final de la investigación.
- **Fuentes secundarias:** libros, revistas científicas, artículos científicos, tesis y boletines divulgativos.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Factores en estudio

Se evaluó diferentes dosis del ácido piroleñoso en el cultivo de “hierba luisa”.

3.5.2. Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental bloques completos al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones para cada tratamiento, cada unidad experimental estuvo conformada por 9 plantas, cada tratamiento evaluado se sometió a las pruebas de ANOVA y para determinar diferencia entre medias y tratamientos se empleará la prueba de Tukey ($p < 0.05$) mediante el software R[©].

3.5.3. Esquema del análisis de varianza

En la tabla 2 se muestra el esquema de análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 2: Esquema para el análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloque	2
Tratamientos	3
Error experimental	6
Total	11

3.5.4. Tratamientos evaluados

En la tabla 3 se muestran los tratamientos que se llevaron a cabo en la investigación.

Tabla 3: Tratamientos de dosis de ácido piroleñoso utilizados en la investigación.

Tratamientos	Descripción	Dosis L. ha ⁻¹
T1	Ácido piroleñoso	2.5
T2	Ácido piroleñoso	3.0
T3	Ácido piroleñoso	3.5
T0	Testigo	0.0

3.6. Manejo del experimento

3.6.1. Preparación del terreno y delimitación de parcelas

Se delimitó el área experimental requerida, seguido de la remoción del suelo mediante maquinaria, utilizando dos pases de arado de disco. Posteriormente se trazaron las parcelas cuyas medidas eran 2.5 m x 2.5 m, con surcos de 1 m de distancia entre ellas (Anexo 7). En la figura 1 se indica el esquema del diseño utilizado en la investigación.

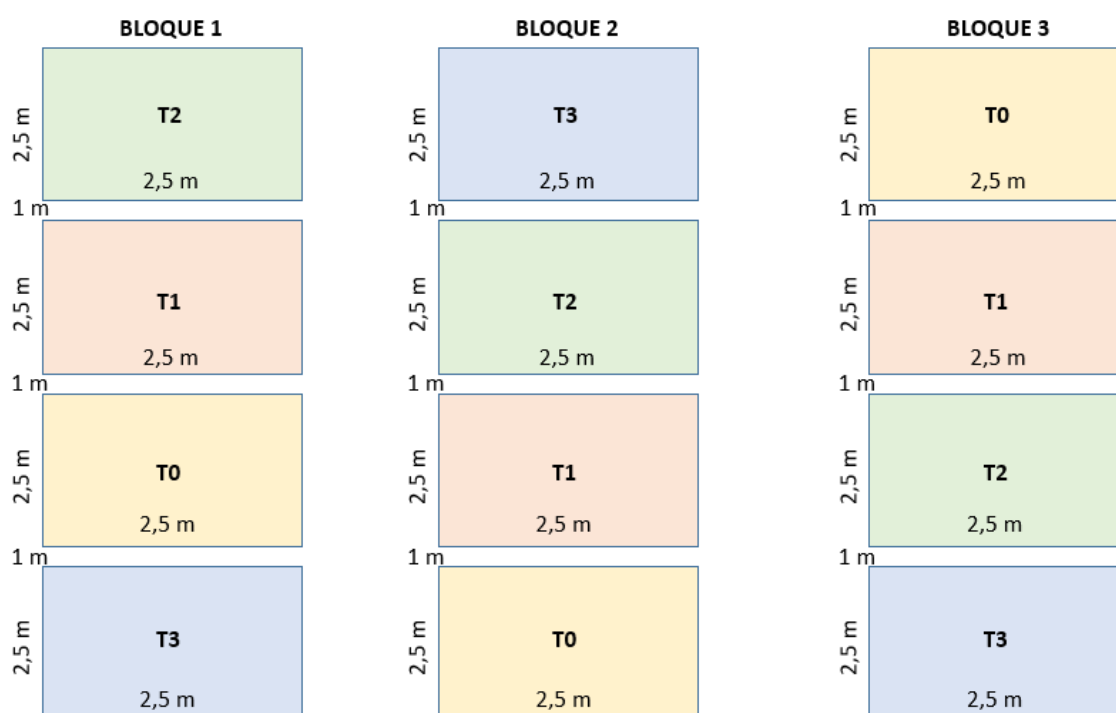


Figura 1: Esquema del diseño de parcelas utilizadas en la investigación.

3.6.2. Obtención de la semilla vegetativa y trasplante

Como semilla vegetativa se utilizaron macollos frescos, los cuales fueron extraídos de plantas adultas de "hierba luisa", con buen macollaje y libre de plagas y enfermedades. La extracción se realizó en plantas seleccionadas a un día del trasplante para garantizar la frescura del material vegetativo. El trasplante fue manual, en hoyos de 15 x 15cm. Se trasplantaron en surcos a una distancia de 0,83 m entre plantas y surcos (Anexo 4).

3.6.3. Deshierbas

Se realizaron deshierbas manuales con machete cada 5 días, durante el ciclo vegetativo del cultivo (Anexo 3).

3.6.4. Fertilización

Se aplicaron las dosis de los tratamientos descritos en la tabla 3 con un atomizador empapando lo más posible a la parte aérea de la planta (Anexo 1). El ácido piroleñoso fue elaborado de acuerdo a la metodología descrita por Burbano (2019) partiendo de aproximadamente 70 Kg de biomasa (cascarilla de arroz) sometida a incineración y posterior destilado hasta obtener un líquido oscuro.

3.6.5. Recolección de hojas

La recolección del material vegetal se realizó en la mañana evitando las horas de mayor irradiación solar. Se dio a los 30 días después del trasplante. En el proyecto de investigación se cosechó tres veces sin tomar en cuenta la primera cosecha, esto debido a que las plantas fueron trasplantadas (Anexo 5).

3.6.6. Secado de hojas

Las hojas recolectadas de cada uno de los tratamientos fueron colocadas bajo sombra durante 15 días para su secado.

3.6.7. Análisis organolépticos de hojas

Se tomaron muestras de 100 gramos de hojas frescas de cada tratamiento y luego se las colocó en sombra durante 15 días para su secado, se realizó mediante la prueba de Chi cuadrado con la intervención de un panel de 45 degustadores que calificó todos los tratamientos. Se evaluó: color, olor y sabor de una infusión de hojas obtenidas en comparación a un té comercial, se utilizó una escala del 1 al 5 para intensidad siendo 1 la mínima y 5 la máxima (Anexo 9).

$$R^2 = \frac{(E_e - E_o)^2}{E_o}$$

Dónde: R^2 = Chi-cuadrado

E_e = Efecto esperado

E_o = Efecto observado.

3.7. Análisis económico

El análisis económico se realizó en base al rendimiento de las hojas (Ton. ha⁻¹) y los costos de cada tratamiento. Se determinó la relación beneficio costo, mediante la siguiente formula:

$$\text{RBNF/COS}$$

Dónde:

RBNF= Relación Beneficio Costo

COS= Costo

3.8. Variables evaluadas

3.8.1. Tasa de crecimiento cada 30 minutos

Se evaluó el crecimiento cada 30 minutos en la segunda y tercera cosecha, calculados por cronómetro digital en las plantas seleccionadas usando una cinta métrica y el valor final

centímetros cada media hora, se iba teniendo en cuenta el estado climático al momento de tomar los datos (Anexo 8).

3.8.2. Tasa de crecimiento cada dos días

Se evaluó el crecimiento cada dos días calendarios en las plantas seleccionadas usando una cinta métrica graduada en centímetro.

3.8.3. Número de macollo por cosecha (macollos/planta)

En cada cosecha se contó la cantidad de macollo de cinco plantas por tratamiento. Se tomaron datos en esa cantidad de plantas para tener una población homogénea.

3.8.4. Promedio de altura de plantas por cosecha

Se evaluó el promedio de altura antes de la segunda y tercera cosecha en las plantas seleccionadas usando una cinta métrica graduada en centímetro (Anexo 2).

3.8.5. Peso de hojas frescas (g)

Para esta variable se tomó el peso de hojas frescas de cinco plantas seleccionadas previamente por cada unidad experimental (Anexo 6).

3.8.6. Peso de hojas secas (g)

Se colocaron hojas frescas de cinco plantas seleccionadas por cada unidad experimental y se secaron a sombra durante 15 días.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.2. Material vegetativo

- Brotes de “hierba luisa” (*C. citratus*), donados por la familia Pazmiño.

3.8.3. Material de campo

- Ácido piroleñoso artesanal (cascarilla de arroz)
- Flexómetro
- Cuaderno de campo
- Machete
- Sacos
- Piola

3.8.4. Material del laboratorio

- Balanza analítica

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Altura cada 30 minutos en la segunda cosecha

La altura evaluada cada 30 minutos en la segunda cosecha, estadísticamente no tiene significancia entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento con menor promedio de altura a los 330 minutos fue el tratamiento T2 con 1,5 cm y el que obtuvo mejor altura fue el T0 con 1,7 cm en relación con los demás tratamientos, con un coeficiente de variación de 14,83 (ver tabla 4).

Tabla 4: Altura de los tratamientos cada 30 minutos en la segunda cosecha del cultivo de “hierba luisa”(*Cymbopogon citratus*) establecido en el campus “La María”

Tratamientos	Tiempo (minutos)												
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
T1	0	0	0,2	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	
T2	0	0	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	
T3	0	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	
T0	0	0	0,2	0,5	0,6	0,9	1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,7	
CV=	14.83												

Según la curva de crecimiento cada 30 minutos (ver figura 2), se puede notar que existen valores de crecimiento entre intervalos de tiempo crecimiento ascendente, en el lapso del minuto 270 a 300 se logra apreciar una desaceleración de este crecimiento.

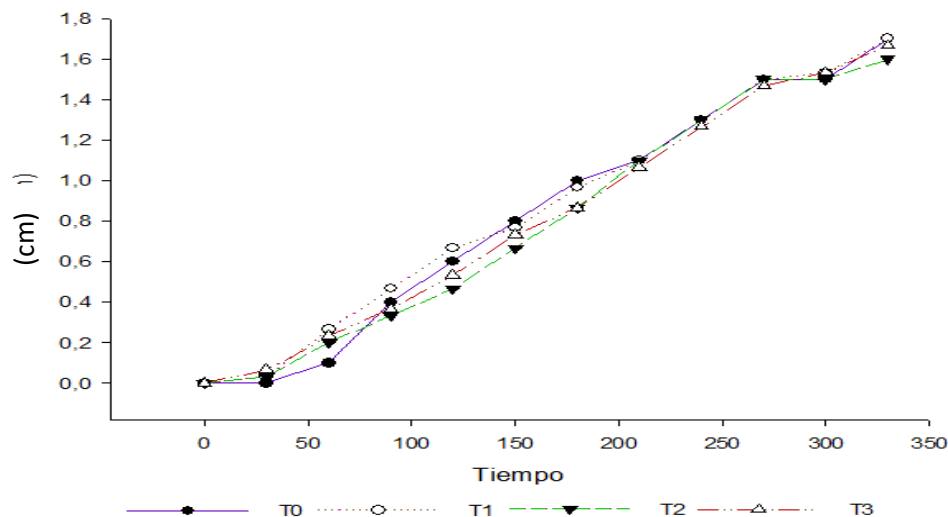


Figura 2: Análisis mediante curva de crecimiento cada 30 minutos en la segunda cosecha en el cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).

4.1.2. Altura cada 30 minutos en la tercera cosecha

La altura evaluada cada 30 minutos en la tercera cosecha, no obtuvo significancia estadística entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento que obtuvo el menor promedio de altura fue el T2 con 1,6 cm los demás tratamientos obtuvieron una altura de 1,7 cm, con un coeficiente de variación de 17,31 (ver tabla 5).

Tabla 5: altura de los tratamientos cada 30 minutos en la tercera cosecha de cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*) establecido en el campus “La María”

Tratamientos	Tiempo (minutos)											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
T1	0	0	0,3	0,5	0,7	0,8	1	1,1	1,3	1,5	1,5	1,7
T2	0	0	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,5	1,6
T3	0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,5	1,7
T0	0	0	0,1	0,4	0,6	0,8	1	1,1	1,3	1,5	1,5	1,7
CV=	17.31											

La figura 3 de crecimiento en centímetros (cm) cada 30 minutos en la tercera cosecha se puede apreciar que hay crecimiento ascendente continuo similar en todos los tratamientos.

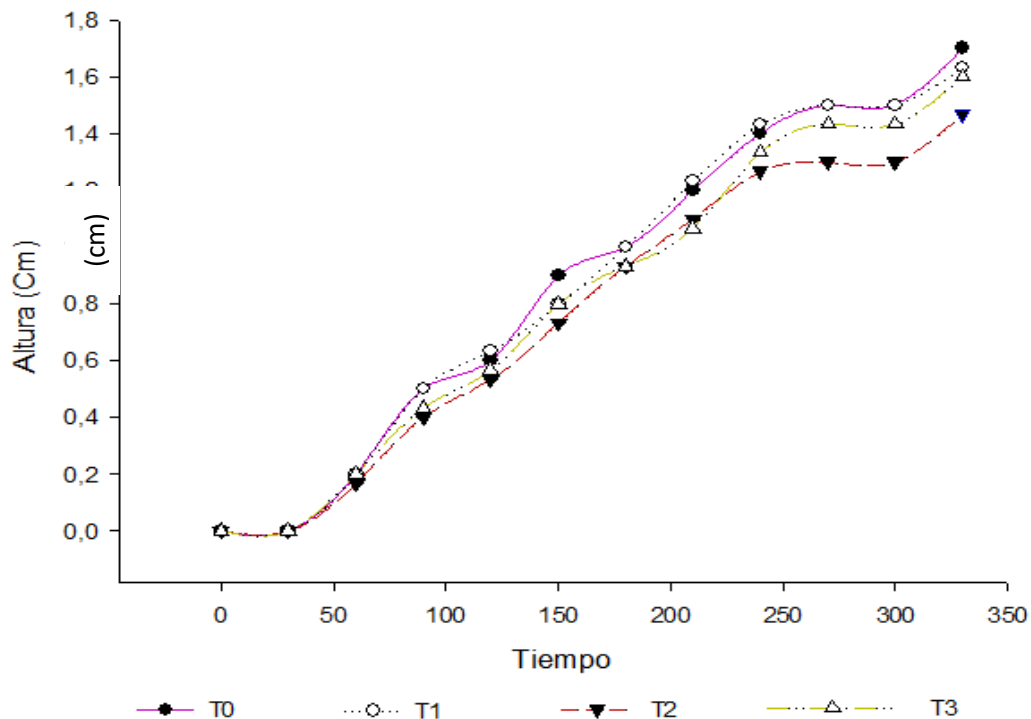


Figura 3: Análisis mediante curva de crecimiento cada media hora en la tercera cosecha en el cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).

4.1.3. Altura cada dos días

La altura evaluada cada dos días estadísticamente no tiene significancia, pero el tratamiento que obtuvo el menor promedio de altura al día 30 fue el T3 con 63 cm y el tratamiento con mayor promedio de altura fue el T1 con 64,3 cm, en relación con los demás tratamientos evaluados con un coeficiente de variación de 4,66.

Tabla 6: Altura de los tratamientos cada dos días del cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).

Trat	Días															
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
T1	5,3	14	17,8	26	33,7	37,3	39,8	47,7	50,7	53,8	56,8	58,2	59,5	60,8	62,8	64,3
T2	5,6	14,2	18,2	25	32,3	35,7	38,5	47,7	50,8	53,5	55,5	57,3	59,2	60,3	62,2	64,0
T3	6,8	13,7	18,8	23,3	30,2	33,7	38,8	45	49,3	51,8	53,8	55,3	57	59	60,7	63
T0	6	14	19	21,5	30	31	35,5	43,0	47,0	49,0	52,0	55	57	60	62	64
CV=	4,66															

La figura 4 de altura cada dos días nos indica que hay un crecimiento de forma ascendente continua, entre todos tratamientos.

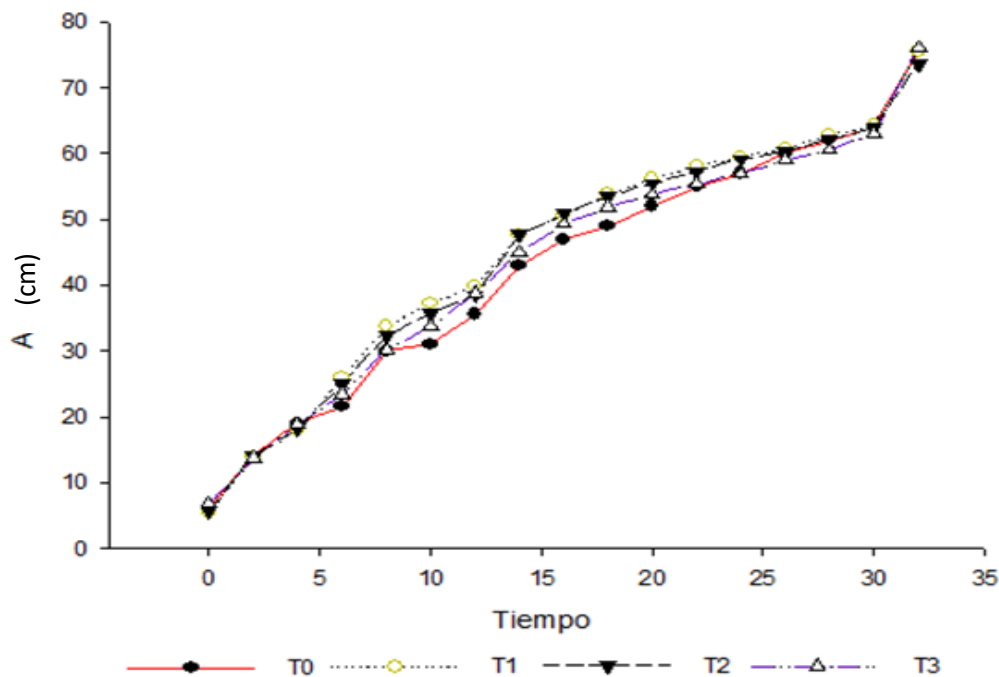


Figura 4: Análisis mediante curva de crecimiento cada media hora para observar la diferente altura en el cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).

4.1.4. Altura cada cosecha

Estadísticamente la variable altura evaluada cada cosecha no presenta diferencias significativas entre sus tratamientos, sin embargo, numéricamente el tratamiento de mayor crecimiento fue el T0 con 74,72 cm, T3 (72,28 cm), T2 (67,50 cm), mientras que el tratamiento que obtuvo menor crecimiento fue el T1 con 67,16 cm con un coeficiente de variación de 6,01.

4.1.5. Número de macollo por planta

El número de macollos realizado en diferentes dosis de ácido piroleñoso no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos, la dosis con mayor unidad de macollos obtenidos fue el T1 con un promedio de 35,41, T2 (35,33), T3(34,85) y el más bajo fue el tratamiento T0 con un promedio de 31,78 y coeficiente de variación de 23,94.

4.1.6. Peso fresco

El peso fresco de las hojas mostró diferencias significativas entre los tratamientos siendo el mayor promedio de peso fresco el T0 con 220,8 g y el menor promedio fue el T1 con 146,8 g con un coeficiente de variación de 12,9. Se visualiza que la aplicación de ácido piroleñosos influyó en esta variable, obteniendo menor peso fresco en comparación al tratamiento control.

Tabla 7: Peso fresco del cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*)

Tratamientos	Peso (g)
T1	146.43 b
T2	154.87 b
T3	180.43 ab
T0	220.8 a
CV=	12.9

4.1.7. Peso seco

Mediante el análisis de varianza se muestra en la tabla 10 que no hubo diferencia estadística en peso seco, sin embargo, T0 obtuvo el mayor peso seco con 60,0 g, les siguió T3 (44 g), T2 (43 g) y el T1 el menor peso con 41,33 g siendo el coeficiente de variación de 16,26.

4.1.9. Análisis organoléptico

4.1.9.1. Análisis organoléptico del color

El análisis organoléptico en el sentido visual de color, en comparación al té comercial, la tendencia de preferencia fue indistinto, más no entre los parámetros de “me gusta” y “no me gusta ni me disgusta” eso quiere decir que el ácido piroleñoso no afecta a la infusión acuosa, se tomó una escala arbitraria (Figura 5), se realizó una prueba de chi cuadrado (Anexo 10) para el análisis organoléptico del color.

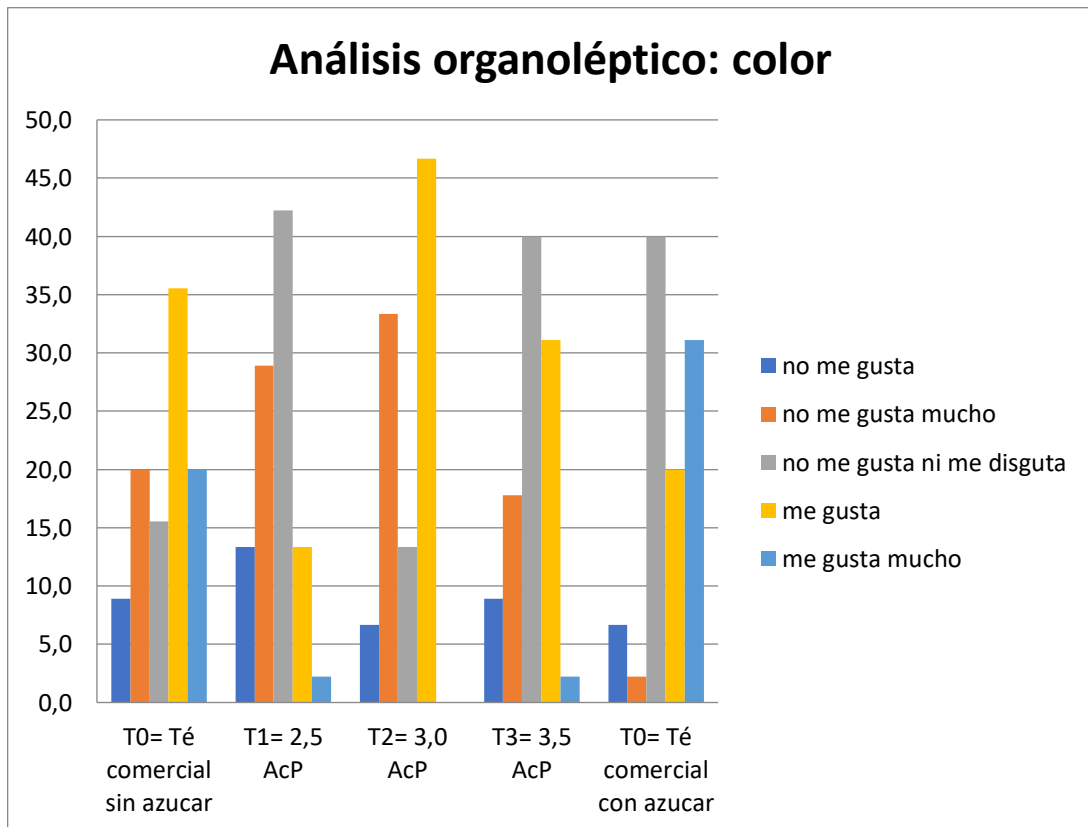


Figura 5: Análisis de organoléptico de color de la “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*) mediante porcentaje.

4.1.9.2. Análisis organoléptico del olor

El análisis organoléptico en el sentido olor (Figura 6), en comparación al té comercial, la tendencia de preferencia fue indistinto, más no entre los parámetros de “no me gusta mucho” y “no me gusta ni me disgusta” eso quiere decir que el ácido piroleñoso no afecta a la infusión acuosa, se realizó una prueba de chi cuadrado (Anexo 11) para el análisis organoléptico del olor.

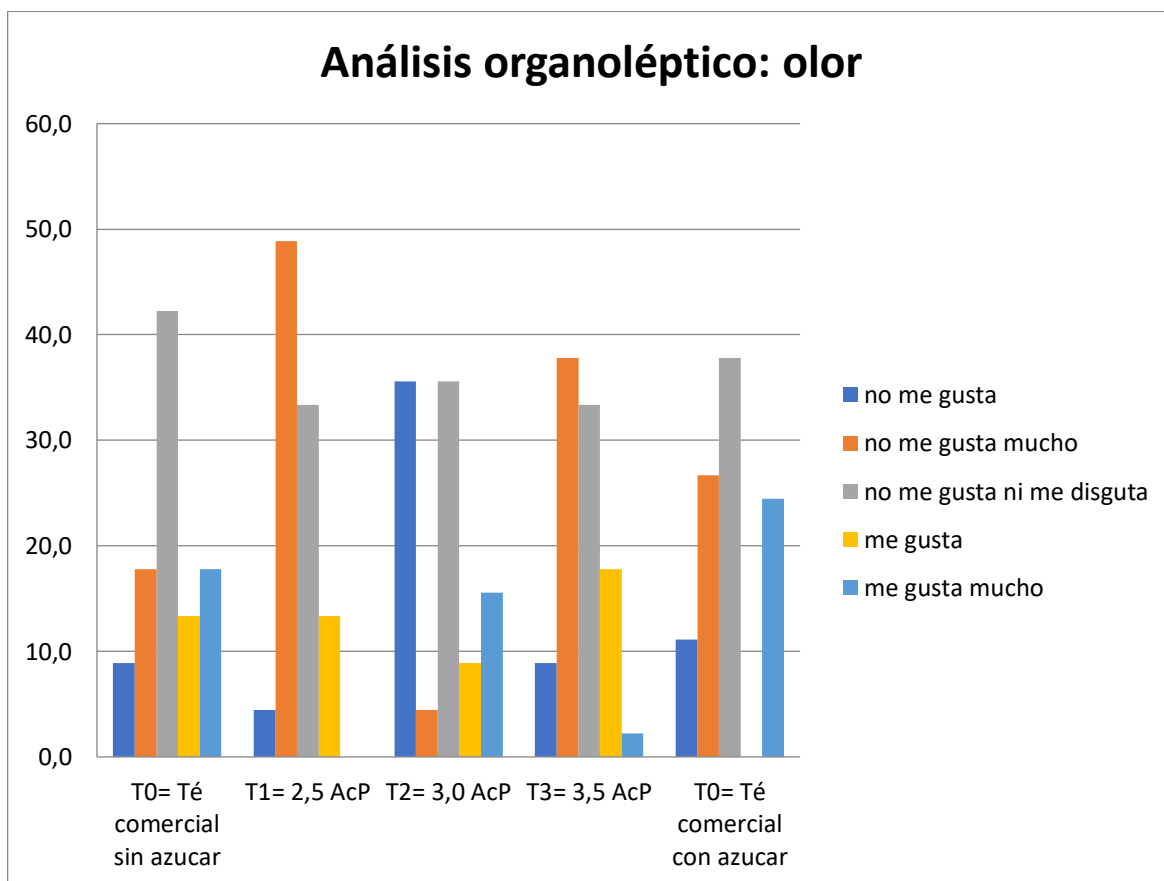


Figura 6: Análisis de organoléptico de olor de la “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*) mediante porcentaje.

4.1.9.3. Análisis organoléptico del sabor

El análisis organoléptico en el sentido sabor (figura 7) en comparación al té comercial, la preferencia fue indistinta en los parámetros “no me gusta” de la muestra 1 y “me gusta mucho” de la muestra 2 eso quiere decir que ácido piroleñoso no influye la infusión acuosa, se realizó una prueba de chi cuadrado (Anexo 12) para el análisis organoléptico del sabor.

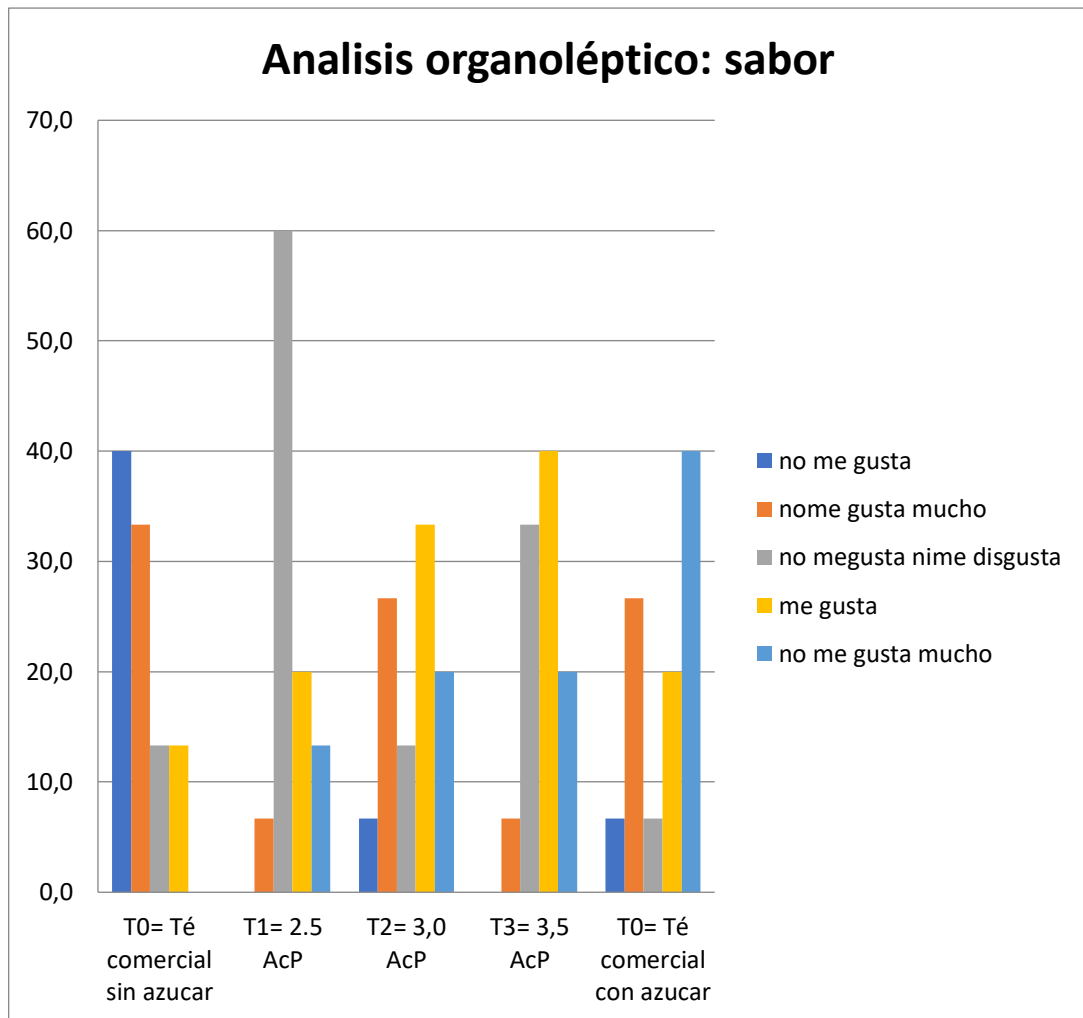


Figura 7: Análisis de organoléptico de sabor de la “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*) mediante porcentaje.

4.1.10. Análisis de rentabilidad económica

Mediante el análisis de varianza podemos observar que no hubo diferencias estadísticas por rendimiento por parcela sin embargo en rendimientos por beneficio/costo el mejor tratamiento en rentabilidad económica fue el T0 al ser comparado con el resto que tuvo menor rendimiento con el precio de venta en el mercado (tabla 10), el precio de la “hierba luisa” comercial es de \$1,0 por cada 35g, incluido empaque transporte e IVA.

En la tabla 8 se registran los costos de producción de 1 litro de ácido piroleñoso obtenido en forma artesanal y los costos de los tratamientos (tabla 9) en la etapa de crecimiento vegetativo de la planta de hierba luisa que comprende los primeros 30 días contados desde el trasplante hasta el día 30 que se realizó la última cosecha.

Tabla 8: Costo de producción de un litro de ácido piroleñoso obtenido artesanalmente.

Materiales	Costos (\$)
Cáscara de arroz (50 kilos para obtener 8,3 litros de ácido piroleñoso)	4,00
Sacos	0,50
Campana metálica	10,00
Tubo metálico	10,00
Envase de galón	1,00
Residuos de madera	0,75
Palas	5,00
Fósforos	0,15
Mano de obra	10,00
Costo total 8.3 litros de ácido piroleñoso	41,40
Costo litro de ácido piroleñoso	4,99

Tabla 9: Costos de tratamientos y de producción de *Cymbopogon citratus*.

Rubros	T1	T2	T3	T0
Costos (\$)				
Semillas	0,08	0,08	0,08	0,08
Preparación de suelo	10	10	10	10
Trasplante	5	5	5	5
Riego	10	10	10	10
Costo total de producción				
tratamiento	12,47	14,96	17,46	0
Costo total	37,55	40,04	42,54	25,08

Tabla 10: Análisis de rentabilidad beneficio/costo de la producción del cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).

Tratamientos	Rendimiento/planta (g)	B/C
T1	25,83	1.00
T2	26,57	1.27
T3	24,23	1.27
T0	27,20	1.29

4.2. Discusión

Tras la evaluación del crecimiento del cultivo de *C. citratus*, se evidenció que el T0 sin aplicación obtuvo el mayor crecimiento con 1,7 cm, en los demás tratamientos se vio efecto negativo para la variable crecimiento generado por el ácido piroleñoso, el T0 logró superar a los que recibieron aplicación de ácido piroleñoso, posiblemente por las dosis manejadas en el estudio fueron muy altas, ya que existen otros trabajos como el de Pelinco *et al.* (2020) los cuales utilizaron dosis de 10 ml de ácido piroleñoso por cada 100 L de agua, en sandía y cacao, obteniendo mayores promedios en crecimiento. La aplicación de ácido piroleñosos en hierba luisa no ha sido documentada, siendo este trabajo uno de los primeros en obtener resultados de campo.

Luego de la evaluación del crecimiento cada dos días, al día 30 el T1 aplicado con una dosis de 2,5 L/ha de ácido piroleñoso obtuvo el mayor crecimiento con 64,3 cm, de acuerdo con Espinoza (2016), el cual probó diferentes dosis de biopirosil o ácido piroleñoso, numéricamente el T4 = 6,25 litros de biopirosil + 25 % NPK obtuvo plantas de arroz más altas a los 15, 30 y 45 días con 27,10 - 43,87 - 57,85 cm respectivamente. Este trabajo contrasta con el presente estudio porque utilizó fertilización adicional, sin embargo, en este estudio no se utilizó fertilizante convencional (NPK), la función de fertilizante fue realizada por el ácido piroleñoso, siendo una de las propiedades características de esta sustancia como lo indican Ming *et al.* (2018) y Batista *et al.* (2012).

El ácido piroleñoso al estimular el crecimiento del cultivo promueve la formación de macollos, esto se vio evidenciado en todos los tratamientos aplicados con alguna dosis de ácido, el T1 presentó la mayor formación de macollos con 35 respecto de los demás tratamientos, el T4 sin aplicación de ácido fue el que menor formación de macollos logró obtener con 32 macollos aproximadamente, de acuerdo a Díaz (2010) el cual realizó una investigación usando diferentes abonos orgánicos, entre los que se encontraban ácido piroleñoso, en el cultivo de arroz dice que tras el análisis estadístico se apreció que el mayor número de macollos se desarrolló con el tratamiento ácido húmico al 40%, con 276 macollos. Luo *et al.*, (2019) indicaron que la adición de ácido piroleñoso promueve la longitud de la raíz y el brote a bajas concentraciones. En sus investigaciones, el ácido piroleñoso promovió individualmente el desarrollo de la raíz de las plántulas de pimiento y aumentó la biomasa

del brote y la raíz en un 20.9 –22.0% y 100–113%, respectivamente; esto debido a que el ácido piroleñoso contiene principalmente entre 80 % a 90 % de agua y 10 % a 20 % de compuestos orgánicos que incluyen más de 200 componentes químicos entre los principales figuran ácidos orgánicos como el ácido acético, fenólicos, alcanos, alcoholes y compuestos de éster, los cuales intervienen en el crecimiento de tejido. En la investigación el ácido piroleñoso promovió la aparición de brotes o macollos.

Para el análisis de costo se puede apreciar que el T0 es el que mejor rentabilidad ofrece ya que por cada dólar que se invierte obtiene una ganancia de 0,29 centavos de dólar, de acuerdo a lo que dice Sauhing (2017) en su investigación sobre el uso diferentes sustancias como el ácido piroleñoso en el cultivo de arroz (*O. sativa*) dice que calculada la relación beneficio/costo de los tratamientos, en donde el testigo, fue el que obtuvo mayor relación B/C donde por cada dólar invertido tiene una rentabilidad de \$ 0,11 dando una rentabilidad de 11 %, mientras los otros tratamientos, no mostraron rentabilidad debido a que al añadir ácido piroleñosos se convierte en un gasto que incrementa los costos sin obtener beneficios. El costo de producción aumenta de acuerdo con la cantidad de ácido piroleñosos a utilizar, Estrella (2019) calculó un costo de \$3.0 como el más efectivo en sus estudios de aplicación de ácido piroleñoso utilizado como insecticida en el cultivo de tomate. En este estudio no se obtuvo rentabilidad alguna en los tratamientos, posiblemente debido a que las cantidades de ácido piroleñoso eran altas, y sus influencias en el cultivo no se vio afectada en comparación al control.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El ácido piroleñoso no acelera el crecimiento en el cultivo de “hierba luisa”, sin embargo, influye en la producción de número de macollos. El rendimiento se ve afectado al aplicarse ácido piroleñosos, siendo el tratamiento control el mejor con un rendimiento de 27,2 g /planta.
- El ácido piroleñoso no influye en el olor, color y sabor en cada uno de los tratamientos establecidos.
- El tratamiento sin aplicación obtuvo los mejores resultados económicos, (1,29), de esta manera por cada dólar invertido se obtiene 0,29 centavos de ganancia.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar dosis menores de ácido piroleñoso que las utilizadas en esta investigación.
- Se recomienda realizar el experimento en la estación seca y en la estación lluviosa para determinar el efecto del ácido piroleñoso en condiciones climáticas distintas.
- Realizar los cortes de cosecha en días que tengan mayor radiación solar.
- Evaluar el efecto del ácido piroleñosos frente a la aparición de plagas y enfermedades en el cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Acosta, L., & Rodríguez, C. (2006). Plantas Medicinales: Bases para su producción sostenible. Agroinf. MINAG. La Habana, 134-135.
- Aguilar, Z. 2011, “Programas de apoyo a la gestión descentralizada de los recursos naturales” Varios, Editora Andinagraph- Quito-Ecuador.
- Álvarez, F. Hirai, Y. (2009). Usos del Ácido Piroleñoso: forma de obtención del ácido piroleñoso. Consultado el 16 de diciembre del 2020.
- Antolinez, J., De Colmenares, N., Usubillaga, A., Darghan, E. y Linares, S. 2008. Evaluación de variables agronómicas en el cultivo de limonaria (*Cymbopogon citratus* Stapf) para la producción de aceite esencial. Interciencia 33(9):693–99.
- Auccapiña, E., Champi, J. y Lino, D.. 2017. Caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.) obtenido por el método de arrastre con vapor. Tesis. Universidad Nacional del Callao.
- Batista, J.; Ré-Poppi, N.; & Raposo, J. (2012). Characterization of pyrolygneous acid used in agriculture by gas chromatography-mass spectrometry. Journal of the Brazilian Chemical Society, 23(4), 610–617. <https://doi.org/10.1590/s0103-50532012000400005>
- Burbano, D.. 2019. Uso del Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* L), residuo de la poda de áreas verdes para la obtención de ácido piroleñoso con fines agropecuarios. Ciencia Digital 3(3.4.):354–64.
- Cabrera, Y., Fadragas, A., y Guerrero, L. 2005. Antibióticos naturales. Mito o realidad. Revista Cubana de Medicina General Integral. 21(3–4):1–2.
- Caicedo, E., y Otavalo, S.. 2011. Determinación de temperatura y tiempo de deshidratación para la elaboración de Té de Sunfo, *Clinopodium nubigenum* (kunth) kuntze. Tesis. Universidad Técnica del Norte.
- Castillo, L., y Vargas, L.. 2012. Estudio comparativo de tres formas de producción de Bocashi elaborados en el Campus Agropecuario UNAN-León. Tesis. Universidad Nacional de Nicaragua-LEON, León, México.
- Choi, Y., Shinde, P., Kwon, I., Song, Y., y Chae, B. 2009. Effect of wood vinegar on the performance, nutrient digestibility and intestinal microflora in weanling pigs. Asian-

- Cruz, J. 2010 “Más de 100 plantas medicinales” Ed. Imprenta Pérez Galdós-Islands Canarias-España. Pág. 29-44.
- Díaz, A. 2010. Respuestas del cultivo de arroz (*Oryza sativa*), a la aplicación foliar de biol, té de estiércol y ácido húmico (Bachelor's thesis).
- Dunwich, J. 2007. “Hiervas poder curativo, lo ancestral toma fuerza ahora”. Periódico LA HORA. Quito- Ecuador.
- Espinoza, L. 2016. Evaluación de fungicidas orgánicos para el manejo del manchado del grano de arroz (*Oryza sativa*) bajo riego en Abras de Mantequilla (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias para el Desarrollo.).
- Estrella, S. 2019. Uso del ácido piroleñoso obtenido de la cáscara de arroz (*Oryza sativa* L.) para el manejo de *Prodidiplosis longifila* G. en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Figueirinha, A., Paranhos, A., Pérez-Alonso, J., Santos-Buelga, C., y Batista, M. 2008. *Cymbopogon citratus* leaves: Characterization of flavonoids by HPLC-PDA-ESI/MS/MS and an approach to their potential as a source of bioactive polyphenols. Food Chemistry 110(3):718–28.
- Fretes, F. 2010. “Generalidades de las plantas aromáticas-medicinales”. Ed. USAID. Asunción Paraguay.
- Forlin, A. 2012. “Plantas aromáticas, diferentes formas de multiplicación”. Ed. EL Colorado del INTA-Formosa. pág. 36-52.
- Geankoplis, C. 1998. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera Ed. México: Editorial Continental.
- Gutiérrez, H., y Castañeda R. 2014. Diversidad de las gramíneas (Poaceae) de Lircay (Angaraes, Huancavelica, Perú). Ecología Aplicada 13(1–2):23–33.
- Lanuza, S.. 2007. Jugo o vinagre de madera (savia de plantas). Universidad Nacional Agraria.
- Lei, M., Liu, B., y Wang, X.. 2018. Effect of adding wood vinegar on cucumber (*Cucumis sativus* L) seed germination. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 128(1).

- Luna-Solano, G., Vilorio-Perez, D., Villegas-Santiago, J., Salgado-Cervantes, M. y Domínguez-Niño, A.. 2019. Drying and extraction process of lemongrass (*Cymbopogon citratus*). *Agrociencia* 53(3):447–64.
- Luo, X., Wang, Z., Meki, K., Wang, X., Liu, B., Zheng, H., You, X., y Li, F. 2019. Effect of co-application of wood vinegar and biochar on seed germination and seedling growth. *Journal of Soils and Sediments* 19(12):3934–44.
- Ming, L.; Bingjie, Liu.; Xiao, W. (2018). Effect of adding wood vinegar on cucumber (*Cucumis sativus* L) seed germination IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 128 doi :10.1088/1755-1315/128/1/012186
- Nambiar, V., y Matela, H.. 2012. Potential functions of Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) in health and disease. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Archives* 3(5):1035–43.
- Navas, S. 2002. Evaluación fungicida y antitérmica preliminar del líquido piroleñoso. *Tecnología en Marcha* 15(1):88–106.
- Ocampo Sánchez, R. A., & Valverde, R. (2000). Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. In *Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales* (pp. 147-147).
- Paredes, D., Buenaño, M., y Mancera, N. 2015. Usos de plantas medicinales en la comunidad San Jacinto del Cantón Ventanas, Los Ríos - Ecuador. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 18(1).
- Pelínco, E., Quispe, N., y Catacora, M.. 2020. Efecto del ácido Piroleñoso en la germinación de Sandía, Cocona y Cacao en el Distrito de San Gabán, Carabaya. *PURIQ* 2(3):344–62.
- Quispe, J.. 2004. Fertilización Nitrogenada y Momento de Corte de Uniformidad de la ‘Hierba Luisa’ (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) en Suelos Ácidos (EX - COCAL) de Tingo María. Tesis. Universidad Nacional de la Selva.
- Romero, L. 2016. Elaboración de una bebida envasada de zacate de limón (*Cymbopogon citratus*), endulzada con panela como una alternativa agroindustrial. Tesis. Universidad Dr. José María Delgado.

- Sauhing, J. 2017. Complemento de tres abonos orgánico en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) bajo el riego en Abras de Mantequilla (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias para el Desarrollo.).
- Sakaguchi, H., Uyama, N., y Uyama, H. 2007. Preserving boiled eggs with a sterilization system employing microbial laccase and wood vinegar. *Animal Science Journal* 78(6):668–71.
- Salazar, A., y Mayanquer, S. (2011). Obtención de aceites esenciales de cedrón (*Aloysia triphylla*), sunfo (*Clinopodium nubigenum* (kunth) kuntze) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), en un alambique tipo cachimbo por cohobación (Bachelor's thesis).
- Salazar, C., y Flores, C. (2015). Evaluación de los parámetros de crecimiento de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con dietas enriquecidas con dos aceites esenciales: cúrcuma (*Curcuma longa*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) (Bachelor's thesis).
- Sampietro, D. 2013. “Curso de herbología y aleopatía”. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente. Bogotá – Colombia. Pág. 19 – 200.
- Santin, M., Oliveira A., Vataru C., Dias, B., Piloto, I., y Ueda-Nakamura, T. 2009. In vitro activity of the essential oil of *Cymbopogon citratus* and its major component (citral) on *Leishmania amazonensis*. *Parasitology Research* 105(6):1489–96.
- Simbaña, A. 2020. Complemento de tres abonos orgánicos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) variedad “INIAP FL-1480 Cristalina”, Naranjal-Guayas (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Soto, R., Vega, G., y Tamajón, A. 2002. Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (caña santa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 2(2):Online.
- Souza, J. , Ré-Poppi, N., y Raposo, J. 2012. Characterization of pyroligneous acid used in agriculture by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 23(4):610–17.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1: Aplicación de ácido piroleñoso en diferentes dosis a los tratamientos del cultivo de “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).



Anexo 2: Medición de altura de cada tratamiento en el cultivo “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*)



Anexo 3: Realizando el desmalezado en los respectivos tratamientos.



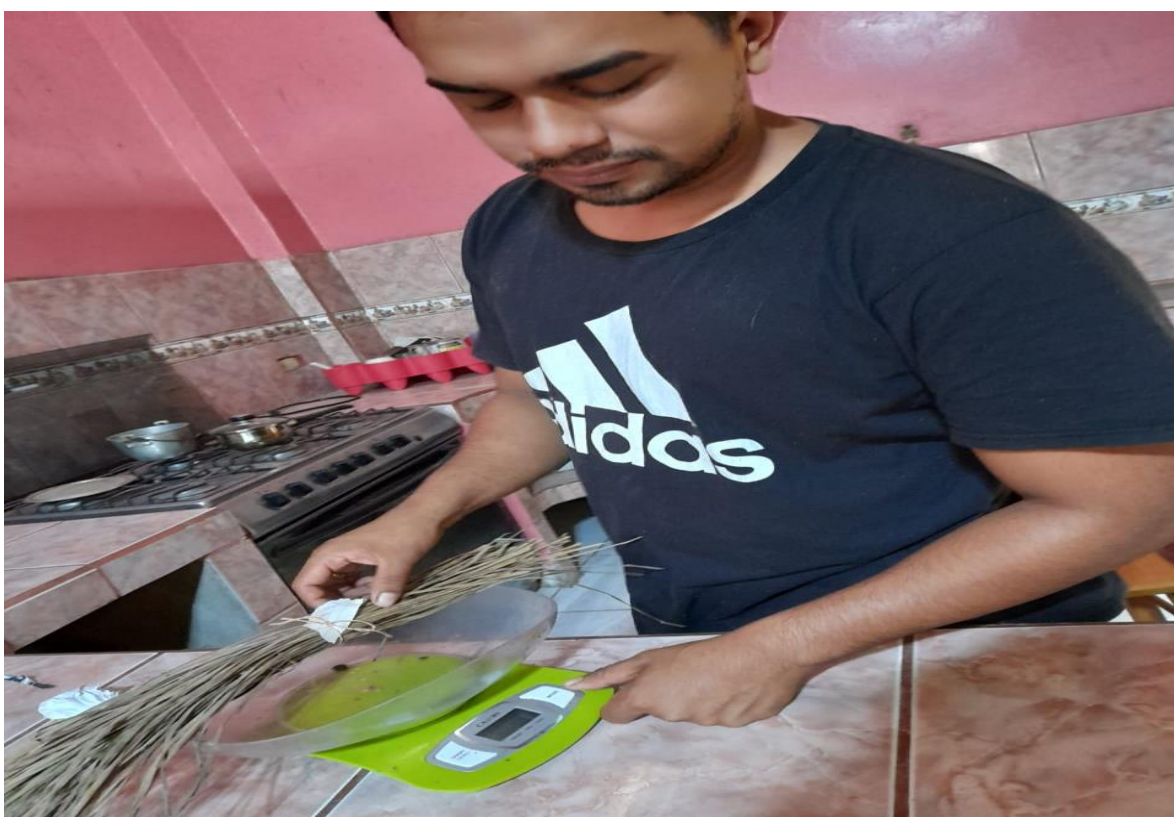
Anexo 4: trasplante de cada tratamiento en el cultivo “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).



Anexo 5: Cosecha de los tratamientos en el cultivo “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*).



Anexo 6: Peso de las hojas de “hierba luisa” en gramos por tratamientos.



Anexo 7: Preparación de terreno para el trasplante en el cultivo hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stapf)



Anexo 8: Altura del cogollo cada 30 minutos.



Anexo 9: Formulario para la prueba de aceptabilidad por atributo sensorial del té de hierba luisa.

Formulario para la prueba de aceptabilidad por atributo sensorial del té de hierba luisa

Producto a evaluar: _____ **Fecha:** _____

Nombre: _____ **No. Cedula:** _____

Código de persona: _____

Estimados participantes a continuación le presentamos 5 muestras las cuales le pedimos que pruebe de la manera abajo descrita.

1. Por favor enjuague su boca antes de empezar.
2. Tome la muestra completa en su boca.
3. Marque con una X las opciones presentadas en la parte de abajo.

El objetivo de esta prueba es saber cuánto le gusta el olor, sabor y color de cada una de las 5 muestras.

En donde 1 significa desagradable y 5 significa me gusta mucho

Atributo sensorial olor:

Muestra 1: 1 2 3 4 5

Muestra 2: 1 2 3 4 5

Muestra 3: 1 2 3 4 5

Muestra 4: 1 2 3 4 5

Muestra 5: 1 2 3 4 5

Atributo sensorial color:

Muestra 1: 1 2 3 4 5

Muestra 2: 1 2 3 4 5

Muestra 3: 1 2 3 4 5

Muestra 4: 1 2 3 4 5

Muestra 5: 1 2 3 4 5

Atributo sensorial sabor sin azúcar:					
Muestra 1:	1	2	3	4	5
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muestra 2:	1	2	3	4	5
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muestra 3:	1	2	3	4	5
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muestra 4:	1	2	3	4	5
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muestra 5:	1	2	3	4	5
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Atributo sensorial sabor con azúcar:					
Muestra 1:	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muestra 2:	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muestra 3:	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muestra 4:	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muestra 5:	1	2	3	4	5
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observaciones: _____

Gracias por su colaboración

Anexo 10: Prueba chi cuadrado para el análisis organoléptico del color.

Color	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	4	9	7	16	9	45
Muestra 2	6	13	19	6	1	45
Muestra 3	3	15	6	21	0	45
Muestra 4	4	8	18	14	1	45
Muestra 5	3	1	18	9	14	45
Total	20	46	68	66	25	225

Error: 0,05

Estadístico de prueba chi tabla

Chi cuadrado= X^2

Grados de libertad (n.filas-1)x(n.colum-1)

gl= (5-1)(5-1)= 16

Frecuencia observada

Color	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	4	9	7	16	9	45
Muestra 2	6	13	19	6	1	45
Muestra 3	3	15	6	21	0	45
Muestra 4	4	8	18	14	1	45
Muestra 5	3	1	18	9	14	45
Total	20	46	68	66	25	225

0,089 0,204 0,302 0,293 0,111

Frecuencia absoluta

Color	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	400%	920%	1360%	1320%	500%	45
Muestra 2	400%	920%	1360%	1320%	500%	45
Muestra 3	400%	920%	1360%	1320%	500%	45
Muestra 4	400%	920%	1360%	1320%	500%	45
Muestra 5	400%	920%	1360%	1320%	500%	45
Total	2000%	4600%	6800%	6600%	2500%	225

Chi

prueba= 67,95198016

chi tabla= 15,3385

p= 2,27281E-08

Anexo 11: Prueba chi cuadrado para el análisis organoléptico del olor.

Olor	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	4	8	19	6	8	45
Muestra 2	2	22	15	6	0	45
Muestra 3	16	2	16	4	7	45
Muestra 4	4	17	15	8	1	45
Muestra 5	5	12	17	0	11	45
Total	31	61	82	24	27	225

Error: 0,05

Estadístico de prueba chi tabla

chi cuadrado= X^2

grados de libertad (n.filas-1)x(n.column-1)

gl= (5-1)(5-1)= 16

Calcular chi

Frecuencia observada

Olor	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	4	8	19	6	8	45
Muestra 2	2	22	15	6	0	45
Muestra 3	16	2	16	4	7	45
Muestra 4	4	17	15	8	1	45
Muestra 5	5	12	17	0	11	45
Total	31	61	82	24	27	225

0,1378 0,2711 0,3644 0,1067 0,12

Frecuencia absoluta

Olor	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	620%	1220%	1640%	480%	540%	45
Muestra 2	620%	1220%	1640%	480%	540%	45
Muestra 3	620%	1220%	1640%	480%	540%	45
Muestra 4	620%	1220%	1640%	480%	540%	45
Muestra 5	620%	1220%	1640%	480%	540%	45
Total	3100%	6100%	8200%	2400%	2700%	225

chi

prueba= 64,7348

chi tabla= 15,3385

p= 8,1822E-08

Anexo 12: Prueba chi cuadrado para el análisis organoléptico del sabor.

Sabor	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	18	15	6	6	0	45
Muestra 2	0	3	27	9	6	45
Muestra 3	3	12	6	15	9	45
Muestra 4	0	3	15	18	9	45
Muestra 5	3	12	3	9	18	45
Total	24	45	57	57	42	225

Error: 0,05

Estadístico de prueba chi tabla

chi cuadrado= X^2

grados de libertad (n.filas-1)x(n.colum-1)

gl= (5-1)(5-1)= 16

Frecuencia observada

Sabor	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	18	15	6	6	0	45
Muestra 2	0	3	27	9	6	45
Muestra 3	3	12	6	15	9	45
Muestra 4	0	3	15	18	9	45
Muestra 5	3	12	3	9	18	45
Total	24	45	57	57	42	225

0,107 0,200 0,253 0,253 0,187

Frecuencia absoluta

Sabor	No me gusta	No me gusta mucho	No me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho	Total
Muestra 1	480%	900%	1140%	1140%	840%	45
Muestra 2	480%	900%	1140%	1140%	840%	45
Muestra 3	480%	900%	1140%	1140%	840%	45
Muestra 4	480%	900%	1140%	1140%	840%	45
Muestra 5	480%	900%	1140%	1140%	840%	45
Total	2400%	4500%	5700%	5700%	4200%	225

chi

prueba= 123,7086466

chi tabla= 15,3385

p= 1,06013E-18