

# UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSGRADOS

INFORME DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

Evaluación de presencia de arsénico y plomo en Té de *Amaranthus hybridus* y  
*Lavándula angustifolia* mediante espectrofotometría de absorción atómica

Autor:

Dayana Mishelle Basurto Minaya

Joshua Nathanael Bravo Neira

Tutor:

Ing. Karen Rodas Pazmiño, MSc.

Milagro, 2024

## Derechos de autor

Sr. Dr.

**Fabrizio Guevara Viejó**

Rector de la Universidad Estatal de Milagro Presente.

Yo, **Joshua Nathanael Bravo Neira** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magister en Biotecnología, como aporte a la Línea de Investigación **Innovación Tecnológica en Procesos de Producción Agropecuaria** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Informe de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 6 de Agosto de 2024



Firmado electrónicamente por:  
**JOSHUA  
NATHANAEL  
BRAVO NEIRA**

**Joshua Nathanael Bravo Neira**

**C.I.: 0928426089**

## Derechos de autor

Sr. Dr.

**Fabricio Guevara Viejó**

Rector de la Universidad Estatal de Milagro Presente.

Yo, **Dayana Mishelle Basurto Minaya** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magister en Biotecnología, como aporte a la Línea de Investigación **Innovación Tecnológica en Procesos de Producción Agropecuaria** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Informe de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 6 de Agosto de 2024



Firmado electrónicamente por:  
**DAYANA MISHELLE  
BASURTO MINAYA**

**Dayana Mishelle Basurto Minaya**

**C.I.: 230034431**

## Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **MSc. Karen Alexandra Rodas Pazmiño** en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Joshua Nathanael Bravo Neira y Dayana Mishelle Basurto Minaya**, cuyo tema es “**Evaluación de presencia de arsénico y plomo en Té de Amaranthus hybridus y Lavándula angustifolia mediante espectrofotometría de absorción atómica**”, que aporta a la Línea de Investigación **Innovación Tecnológica en Procesos de Producción Agropecuaria**, previo a la obtención del Grado Magister en biotecnología, Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 6 de Agosto de 2024



**MSc. Karen Alexandra Rodas Pazmiño**

**C.I.: 0923486484**

# Aprobación del tribunal calificador



## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO FACULTAD DE POSGRADO CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **BIOTEC BRAVO NEIRA JOSHUA NATHANAEL**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE ARSÉNICO Y PLOMO EN TÉ DE AMARANTHUS HYBRIDUS Y LAVÁNDULA ANGUSTIFOLIA MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	59.00
SUSTENTACIÓN	33.80
PROMEDIO	92.80
EQUIVALENTE	Muy Bueno



En fe de certificación por:  
ALEXANDRA GABRIELA  
VALENZUELA COBOS

VALENZUELA COBOS ALEXANDRA GABRIELA  
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



En fe de certificación por:  
ALEX EDWIN GUILLEN  
BONILLA

Ing. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN  
VOCAL



En fe de certificación por:  
VIVIANA LORENA  
SANCHEZ VASQUEZ

Ing. SANCHEZ VASQUEZ VIVIANA LORENA  
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

## Aprobación del tribunal calificador



### VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO FACULTAD DE POSGRADO CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **DB BASURTO MINAYA DAYANA MISHELLE**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE ARSÉNICO Y PLOMO EN TÉ DE AMARANTHUS HYBRIDUS Y LAVÁNDULA ANGUSTIFOLIA MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	59.00
SUSTENTACIÓN	33.57
PROMEDIO	92.57
EQUIVALENTE	Muy Bueno



Escanea el código QR para verificar la autenticidad de este documento.  
ALEXANDRA GABRIELA VALENZUELA COBOS

VALENZUELA COBOS ALEXANDRA GABRIELA  
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Escanea el código QR para verificar la autenticidad de este documento.  
ALEX EDWIN GUILLEN BONILLA

Ing. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN  
VOCAL



Escanea el código QR para verificar la autenticidad de este documento.  
VIVIANA LORENA SANCHEZ VASQUEZ

Ing. SANCHEZ VASQUEZ VIVIANA LORENA  
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

## DEDICATORIA

A mi esposa y mis hijas  
quienes son mi mayor inspiración y alegría,  
a quienes quiero demostrar que,  
con dedicación y esfuerzo, todo es posible.  
Su amor y apoyo me han acompañado  
en cada paso de este camino.

**Joshua Bravo Neira**

Este trabajo lo dedico a mi esposo,  
gracias por estar a mi lado en cada paso de este viaje,  
por creer en mí cuando más lo necesitaba  
y por ser mi roca en los momentos de duda.

**Dayana Basurto Minaya**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la dicha de alcanzar este logro, a mi familia y en especialmente a los profesores y mentores, quienes, con su guía y apoyo, me han inspirado a seguir adelante y luchar por alcanzar mis objetivos.

**Joshua Bravo Neira**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI) por brindarme la oportunidad de ampliar mis conocimientos y desarrollar mis habilidades profesionales. A mi familia, mi amado esposo por ser mi apoyo

**Dayana Basurto Minaya**

## Resumen

La investigación se centra en evaluar la presencia de arsénico y plomo en infusiones de té formuladas a partir de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* cultivadas en la región Sierra del Ecuador; el objetivo principal es garantizar que los niveles de estos metales tóxicos estén por debajo de los límites máximos permitidos por el Codex Alimentarius, asegurando así la seguridad del consumo humano. Se diseñó una formulación de té siguiendo la Normativa Ecuatoriana 2392:2007, así se llevaron a cabo análisis mediante espectrofotometría de absorción atómica para determinar las concentraciones de arsénico y plomo en las muestras. Adicionalmente, se realizó un análisis sensorial del té formulado, revelando que la combinación de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* produce un perfil organoléptico agradable, con un aroma y sabor armoniosos, cumpliendo con las expectativas de los consumidores en términos de calidad y seguridad. Los resultados obtenidos indicaron que las concentraciones de arsénico en las muestras fueron inferiores al límite de detección (ND) y las de plomo presentaron una media de 0.279 mg/kg con un rango de 0.01 a 0.35 mg/kg. Las concentraciones observadas se encuentran dentro de los límites permitidos por el Codex Alimentarius (0.6 mg/kg para el plomo en té de hierbas). En términos estadísticos, el análisis de la varianza (ANOVA) no mostró diferencias significativas entre las diferentes muestras ( $p > 0.05$ ), confirmando que las variaciones en las concentraciones de metales pesados no son atribuibles a las condiciones de cultivo o procesamiento. Las conclusiones del estudio subrayan la importancia de seguir normativas estrictas y de realizar análisis continuos para garantizar la calidad y seguridad de los productos herbales, se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar la estabilidad a largo plazo de las propiedades químicas y sensoriales del té, así como explorar las variaciones estacionales y geográficas en la composición de las plantas utilizadas.

**Palabras Clave:** Arsénico, *Amaranthus hybridus*, Plomo, rifampicina, Codex Alimentarius.

## Abstract

The research focuses on evaluating the presence of arsenic and lead in tea infusions formulated from *Amaranthus hybridus* and *Lavandula angustifolia* grown in the Sierra region of Ecuador; The main objective is to ensure that the levels of these toxic metals are below the maximum limits allowed by the Codex Alimentarius, thus ensuring safety for human consumption. A tea formulation was designed following the Ecuadorian Regulation 2392:2007, and it was carried out by atomic absorption spectrophotometry analysis to determine the concentrations of arsenic and lead in the samples. In addition, a sensory analysis of the formulated tea was carried out, revealing that the combination of *Amaranthus hybridus* and *Lavandula angustifolia* produces a pleasant organoleptic profile, with a harmonious aroma and flavor, meeting consumer expectations in terms of quality and safety. The results obtained indicated that the concentrations of arsenic in the samples were lower than the detection limit (ND) and those of lead presented an average of 0.279 mg/kg with a range of 0.01 to 0.35 mg/kg. The observed concentrations are within the limits allowed by the Codex Alimentarius (0.6 mg/kg for lead in herbal tea). In statistical terms, the analysis of variance (ANOVA) did not show significant differences between the different samples ( $p > 0.05$ ), confirming that variations in heavy metal concentrations are not attributable to cultivation or processing conditions. The conclusions of the study underline the importance of following strict regulations and carrying out continuous tests to ensure the quality and safety of herbal products. Additional studies are recommended to evaluate the long-term stability of the chemical and sensory properties of tea, as well as Explore seasonal and geographical variations in the composition of the plants used.

**Palabras Clave:** Arsenic, *Amaranthus hybridus*, Lead, rifampicin, Codex Alimentarius

## Lista de Figuras

Ilustración 1. Lavanda .....	31
Ilustración 2. Amaranto .....	32
Ilustración 3. Fundas de Té .....	32
Ilustración 4. Comparaciones de estudios con el análisis de Tukey .....	38

## Lista de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de las variables .....	10
Tabla 2. Taxonomía del <i>Amaranthus hybridus</i> y <i>Lavandula angustifolia</i> .....	15
Tabla 3. Composición Botánica del Amarantho .....	16
Tabla 4. Composición Botánica de la Lavanda.....	17
Tabla 5 Contenido máximo de contaminantes .....	19
Tabla 6. Parámetros sensoriales .....	33
Tabla 7. Rstudio de proporción y evaluación sensorial .....	34
Tabla 8 Resultados del Análisis de arsénico en Muestras de Té de Lavanda y Amarantho .....	34
Tabla 9 Resultados del Análisis de Plomo en Muestras de Té de Lavanda y Amarantho .....	35
Tabla 10: Comparación de Contenidos de Metales Pesados en Diferentes Tés Herbales.....	37
Tabla 11. Análisis de Varianza de estudios.....	37

## Índice / Sumario

Derechos de autor .....	1
Aprobación del director del Trabajo de Titulación .....	3
Aprobación del tribunal calificador.....	4
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	7
Resumen .....	8
Abstract .....	9
Lista de Figuras.....	10
Lista de Tablas.....	11
Índice / Sumario.....	12
Introducción .....	1
<b>Capítulo I: El problema de la investigación</b> .....	4
1.1. Planteamiento del problema .....	4
1.2. Delimitación del problema .....	5
1.2.1. Espacio .....	6
1.2.2. Tiempo .....	6
1.2.3. Universo .....	7
1.3. Formulación de problema.....	7
1.4. Preguntas de investigación .....	8
1.5. Determinación del tema .....	8
1.6. Objetivo general .....	9
1.7. Objetivos específicos .....	9
1.8. Hipótesis.....	9
1.8.1. Hipótesis Principal.....	9
1.8.2. Hipótesis Secundarias .....	10

1.9	Declaración de las variables (operacionalización)	10
1.10	Justificación	11
1.11	Alcance y limitaciones	11
<b>Capítulo II: Marco Teórico Referencial</b>		<b>13</b>
2.1.	Antecedente	13
2.2.	Contenido teórico	14
2.2.1.	Especies Botánicas	14
2.2.2.	Taxonomía de las plantas	15
2.2.3.	Descripción botánica	16
2.2.4.	Composición nutricional	18
2.2.5.	Propiedades farmacológicas	18
2.2.6.	Plomo y Arsénico	19
2.2.7.	Metales pesados	20
2.2.8.	Toxicidad de metales	21
2.2.9.	Contaminación de las plantas	22
<b>Capítulo III: Diseño metodológico</b>		<b>24</b>
3.1.	Tipo y diseño de investigación	24
3.1.1.	Descripción de Diagrama	24
3.2.	La población y muestra	26
3.2.1.	Características de la población	26
3.2.2.	Delimitación de la población	26
3.2.3.	Tipo de muestra	27
3.2.4.	Tamaño de muestra	27
3.2.5.	Procesos de selección de muestra	27
3.2.6.	<i>Insumos y equipos</i>	27
3.2.7.	Proceso de Laboratorio	28
3.2.8.	Parámetros evaluados de la muestra	29

3.2.9. Análisis de Metales Pesados .....	29
3.3.10. Análisis Sensorial.....	29
3.3.11. Integración de Resultados.....	30
<b>3.3. Los métodos y técnicas .....</b>	<b>30</b>
3.3.1. Método deductivo .....	30
3.3.2. Método inductivo.....	30
3.3.3. Método estadístico .....	30
3.3.4. Método analítico .....	31
3.3.5. Método matemático .....	31
3.3.6. Área de investigación.....	31
3.4. Procesamiento estadístico de la información.....	33
<b>CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados.....</b>	<b>34</b>
4.1. Análisis de los resultados de resultado 1 .....	34
4.2. Interpretación de los Resultados 2 .....	34
4.3. Interpretación de los Resultados 3 .....	35
4.4. Interpretación de los Resultados 4 .....	36
4.5. Análisis Comparativo.....	37
4.6. Discusión.....	38
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>39</b>
5.1. Conclusiones .....	39
5.2. Recomendaciones .....	40
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>47</b>

## Introducción

En búsqueda constante de alternativas naturales para el tratamiento y prevención de diversas condiciones de salud, las infusiones de hierbas medicinales han ganado popularidad debido a sus potenciales efectos terapéuticos. Estas infusiones son consumidas a nivel mundial por sus propiedades ortomoleculares. Sin embargo, la seguridad de estas infusiones se ha convertido en un tema de interés debido a la posible contaminación con metales pesados, como, arsénico y plomo, los mismos que pueden tener efectos adversos significativos en la salud humana (Carocci, et al 2016).

La toxicidad del arsénico y el plomo está ampliamente documentada, con numerosos estudios que evidencian sus efectos adversos sobre la salud (Lodoño et al., 2016). Estos metales pueden causar una variedad de trastornos gastrointestinales y neurológicos (Escolar, 2018). En situaciones de exposición severa y prolongada, también pueden contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas y potencialmente mortales (Gavilánez et al., 2021). El hallazgo de metales en las infusiones herbales contradice su propósito terapéutico, transformando lo que debería ser un remedio en un potencial riesgo para la salud (Singh y Kumar, 2017).

La relevancia de esta investigación se fundamenta en la imperiosa necesidad de asegurar la calidad y seguridad de las infusiones con efectos terapéuticos potenciales, dado que tanto el arsénico como el plomo son contaminantes ambientales de reconocida toxicidad, resulta esencial determinar su presencia en las hojas de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, que se emplean en estas infusiones; tal evaluación contribuirá a establecer estándares de seguridad que podrían informar la regulación del uso y distribución de estos productos herbales (Gallegos y Gallegos, 2017).

El Codex Alimentarius (CX/CF 21/14/8) establece límites máximos para la presencia de contaminantes como el plomo (especies de partes florales secas 0.7; te de hiervas 0.6) y el arsénico en alimentos y bebidas de consumo humano con el fin de proteger la salud de los consumidores y garantizar prácticas justas en el comercio de alimentos (CODEX STAN 193). En particular, el Codex fija niveles máximos permitidos de plomo en diversos productos alimenticios, incluyendo frutas, verduras, carne, pescados,

mariscos y productos lácteos, debido a la toxicidad del plomo y su capacidad para causar daños neurológicos, especialmente en niños (Lodoño et al., 2016). Estas regulaciones son el resultado de evaluaciones de riesgo realizadas por la Comisión del Codex Alimentarius en colaboración con organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), reflejan el compromiso global con la seguridad alimentaria y la protección de la salud pública (OMS, 2022).

La elección de la espectrofotometría de absorción atómica como método de análisis en la presente investigación subraya la seriedad con la que se aborda esta preocupación; este método, reconocido por su capacidad para proporcionar resultados precisos y confiables en la cuantificación de metales pesados, es esencial para evaluar la seguridad de las infusiones de hierbas y la implementación de esta técnica permitirá no solo identificar la presencia de arsénico y plomo sino también cuantificar su concentración, lo cual es crucial para evaluar el riesgo y establecer recomendaciones para el consumo seguro (Poswal, et al. 2020).

Por lo tanto, se plantea como una investigación exhaustiva que aborda un problema significativo de salud pública y se enfoca en determinar la toxicología alimentaria y la seguridad de los productos naturales; al evaluar la seguridad de las infusiones herbales, este trabajo se inscribe en los esfuerzos globales para garantizar que los productos utilizados para el bienestar no solo sean efectivos, sino también seguros (Noman, et al., 2019).

A través de sus capítulos, esta tesis detallará cada paso del proceso investigativo, sobre los beneficios y riesgos de las infusiones de hierbas, pasando por la meticulosa descripción de la metodología de espectrofotometría de absorción atómica, hasta la presentación y análisis de los resultados (Zagała et al., 2016). La presente investigación proporciona evidencia científica esencial sobre los niveles de arsénico y plomo en infusiones herbales y establece una base sólida para el desarrollo de prácticas de control de calidad más rigurosas junto con políticas de regulación más estrictas; además, fomenta una mayor conciencia entre los consumidores acerca de la importancia de conocer la procedencia y el tratamiento de los productos naturales que seleccionan para su bienestar (Noman, et al., 2019).

En este contexto, la contribución del Instituto Nacional de Investigación en

Salud Pública (INSPI) del Ecuador, juega un papel clave en el cumplimiento de las normativas y en la realización de investigaciones que garantizan la seguridad y la eficacia de los productos medicinales y alimenticios en el país. La colaboración entre investigadores y esta entidad permite la creación de estándares de seguridad basados en datos científicos rigurosos, asegurando que los productos herbales consumidos por la población ecuatoriana cumplan con los requisitos de calidad y seguridad establecidos (INEN, 2021).

La relevancia de este estudio trasciende los límites académicos y científicos, posicionándose como una contribución significativa a la discusión más amplia sobre la seguridad alimentaria y la responsabilidad compartida entre productores, reguladores y consumidores en la promoción de la salud pública a través de productos naturales seguros y efectivos (Lodoño et al., 2016).

## Capítulo I: El problema de la investigación

### 1.1. Planteamiento del problema

El aumento de infusiones herbales para fines terapéuticos ha llevado a una expansión significativa de su mercado a nivel mundial (Mihaljev et al., 2014). Estos productos son frecuentemente consumidos por sus beneficios percibidos en la salud, como mejorar la digestión, aliviar el estrés y fortalecer el sistema inmunológico (Smith, 2020). Sin embargo, la seguridad de estas infusiones puede estar comprometida por la contaminación de metales pesados, incluyendo arsénico y plomo, los cuales pueden tener efectos carcinogénicos y neurotóxicos en los humanos como indica la normativa vigente (Johnson y Liu, 2019).

La exposición al plomo y al arsénico tiene efectos neurotóxicos significativos que pueden llevar a daños psiquiátricos y alteraciones de la conciencia; afectando al funcionamiento neuropsicológico, estos efectos pueden variar a lo largo de la vida. (Thakur et al., 2021).

La infusión de hierbas de amaranto y lavanda tienen diversos beneficios según investigaciones recientes, donde es notable sus efectos antioxidantes, potencialmente debido a un péptido (Lunasin) que también se encuentra en los frijoles de soya y que podría ayudar a reducir la inflamación y prevenir la actividad de radicales libres que pueden causar mutaciones celulares cancerosas (Hernández J. , 2023). El amaranto es rico en nutrientes esenciales como fibra, calcio, y magnesio, lo que lo convierte en una opción valiosa para dietas sin gluten, especialmente para personas con enfermedad celíaca (Staughton, 2024)

Por otro lado, el té de lavanda es conocido por su capacidad para aliviar el estrés y la ansiedad gracias a sus propiedades calmantes, donde estudios han demostrado que el aroma de la lavanda puede reducir significativamente los niveles de estrés y mejorar la calidad del sueño en mujeres embarazadas durante el tercer trimestre, se ha observado que el aceite esencial de lavanda podría tener efectos beneficiosos en la reducción de la depresión y la ansiedad (Jones, 2023).

Estudios recientes han mostrado que las prácticas de cultivo, la ubicación geográfica y los métodos de procesamiento pueden influir significativamente en los niveles de estos metales en los productos finales (Chancay et al., 2022). A pesar de la gravedad potencial de este riesgo, las regulaciones actuales sobre los niveles

aceptables de metales pesados en productos de consumo no son consistentes a nivel internacional, ni siempre se aplican específicamente a las infusiones herbales (García et al., 2020).

Además, la falta de conciencia entre los consumidores sobre los riesgos asociados al consumo de infusiones contaminadas y la escasa disponibilidad de información detallada sobre la seguridad de estas hierbas complican aún más el panorama; este déficit en la investigación y regulación representa un vacío que necesita ser abordado para garantizar la seguridad en el consumo de estas infusiones (Lee, 2021).

Por lo tanto, se hace imperativo conducir investigaciones exhaustivas que no solo evalúen los niveles de metales pesados en infusiones herbales, sino que también exploren los factores que contribuyen a su variabilidad (Schulzki et al., 2017). Estos estudios deben servir de base para el desarrollo de directrices regulatorias más estrictas y la formulación de recomendaciones claras para el consumo seguro de infusiones herbales (Gavilánez et al., 2021). La ausencia de tales investigaciones y regulaciones adecuadas pone en riesgo la salud pública, comprometiendo los beneficios terapéuticos que estas infusiones pueden ofrecer (Gavilánez et al., 2021).

## **1.2. Delimitación del problema**

El presente estudio se enfoca en evaluar la presencia y concentración de arsénico y plomo en infusiones preparadas a partir de: *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*; estas plantas son frecuentemente utilizadas tanto en la alimentación como en la medicina tradicional en varias partes del mundo. A pesar de sus usos extendidos, existe una preocupación creciente sobre la acumulación de metales pesados en plantas cultivadas en suelos contaminados, lo cual podría suponer un riesgo para la salud humana al consumirse como té (Ababneh, 2017).

El estudio se limitará a la medición de arsénico y plomo, dos de los metales pesados más perjudiciales para la salud, utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, el análisis se centró en las hojas secas de las plantas, las cuales son la parte comúnmente utilizada para la preparación del té ortomolecular (Oliveira et al., 2018). El INEN establece en la normativa 2392:2007 las cantidades de contaminantes máximas de arsénico y plomo (anexo1).

El estudio no evaluará los efectos biológicos o la toxicidad del arsénico y el plomo en el cuerpo humano; se centrará exclusivamente en la detección y cuantificación de estos metales en las muestras de té.

El objetivo principal de este estudio es evaluar la presencia de arsénico y plomo en infusiones de té preparadas a partir de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. Dado el uso común de estas plantas en la medicina herbal y su creciente popularidad como infusiones, es crucial determinar los niveles de estos metales pesados, conocidos por su toxicidad, para asegurar la seguridad de los consumidores.

Este análisis permitirá no solo verificar el cumplimiento de las normativas internacionales de seguridad alimentaria, como las establecidas por la FDA y el Codex Alimentarius, sino también proporcionar datos esenciales para la evaluación de riesgos y la posible necesidad de establecer medidas de mitigación en la producción y procesamiento de estas hierbas.

#### **1.2.1. Espacio**

El estudio sobre la determinación de arsénico y plomo en infusiones de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* abarca dos zonas geográficas distintas en Ecuador: Sierra y Costa. Las muestras de las plantas se recolectaron en la región Sierra, conocida por su elevada altitud y su suelo rico en minerales, lo que podría influir en la concentración de metales pesados en las plantas autóctonas. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas y analizadas en laboratorios ubicados en la región Costa, aprovechando las instalaciones y equipos especializados disponibles en esta área para realizar pruebas de espectrofotometría de absorción atómica. Este enfoque dual no solo maximiza la precisión del análisis al utilizar recursos técnicos avanzados, sino que también permite evaluar cómo las variaciones regionales en la geografía y el medio ambiente pueden afectar los niveles de contaminantes en productos agrícolas destinados al consumo humano.

#### **1.2.2. Tiempo**

En este estudio, la revisión bibliográfica se enfoca en literatura publicada en los últimos 10 años, lo cual asegura que la evaluación de la presencia de arsénico y plomo en los tés de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*. Este marco temporal permite incorporar los avances más actuales en técnicas de

espectrofotometría de absorción atómica y comprender mejor las tendencias recientes en niveles de contaminación.

El trabajo experimental de este estudio fue meticulosamente realizado siguiendo diferentes procesos estandarizados de espectrofotometría de absorción atómica, con una duración total aproximada de 8 meses. Este periodo permitió llevar a cabo una serie de análisis detallados para cada muestra de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* recolectada en la región Sierra del Ecuador. La duración de los experimentos fue esencial para asegurar la precisión y la reproducibilidad de los resultados, permitiendo así identificar y cuantificar con exactitud los niveles de arsénico y plomo presentes en las infusiones. Este enfoque sistemático y detallado es crucial para obtener datos fiables y válidos que apoyen las conclusiones del estudio y las recomendaciones para la gestión de la seguridad alimentaria.

### **1.2.3. Universo**

La investigación sobre la presencia de arsénico y plomo en *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* se llevó a cabo utilizando un método aleatorio para la selección de muestras, lo cual asegura que los resultados sean representativos de las condiciones generales de la región Sierra del Ecuador. Este estudio se fragmentó de dos formas; en las instalaciones de la Universidad Estatal de Milagro realizando la optimización de la materia prima y posteriormente en un laboratorio particular donde se analizaron las muestras con tecnología avanzada para la espectrofotometría de absorción atómica, lo que permitió una evaluación precisa y confiable de los contaminantes en las infusiones

### **1.3. Formulación de problema**

La formulación del problema de este estudio se centra en determinar los niveles de arsénico y plomo en infusiones de té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, evaluando cómo estos niveles se comparan con las regulaciones internacionales establecidas por el Codex Alimentarius, en particular por la contaminación de plomo con un máximo de 0.6 mg/kg en té de hiervas.

Este problema es crucial debido a la creciente preocupación por la seguridad alimentaria y la necesidad de garantizar que los productos herbales consumidos por el público no superen los niveles de contaminantes que podrían comprometer la salud humana. Considerando que la Food and Drug Administration (FDA) ha establecido límites de acción específicos para alimentos destinados a bebés y niños pequeños, y

el Codex ha fijado valores para productos como el arroz y las fórmulas infantiles, este estudio pretende llenar un vacío de conocimiento respecto a las infusiones herbales, proporcionando datos esenciales para evaluar riesgos potenciales y posibles regulaciones futuras.

¿Cuáles son los niveles de arsénico y plomo presentes en las hojas de las plantas *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* procedentes de la región sierra del Ecuador?

#### **1.4. Preguntas de investigación**

¿Cómo influyen las condiciones de cultivo en la región Sierra del Ecuador en la acumulación de arsénico y plomo en las hojas de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*?

¿La temperatura aplicada podrían interferir en los niveles de plomos y arsénicos?

¿Se podría determinar plasticidad y pesticidas mediante análisis establecidos por el Codex alimentario?

#### **1.5. Determinación del tema**

El enfoque de la presente investigación se centra en determinar los niveles de arsénico y plomo en infusiones de té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, asegurando así que este te producido con plantas cultivadas en la región Sierra del Ecuador, cumplan con los estándares internacionales de seguridad alimentaria en cuanto a metales pesados (Mihaljev et al., 2014).

Al evaluar la concentración de estos contaminantes tóxicos, el estudio no solo pretende garantizar la seguridad de los consumidores, sino también ampliar el conocimiento científico sobre el impacto de las condiciones ambientales y agrícolas de la región en la acumulación de arsénico y plomo en las plantas utilizadas en la producción de infusiones herbales; los resultados obtenidos podrían, además, guiar el desarrollo de políticas y prácticas regulatorias más efectivas para la gestión de la calidad y seguridad de los productos herbales en el mercado (Mihaljev et al., 2014).

*Amaranthus hybridus*, comúnmente conocido como amaranto, es apreciado por su alto contenido de nutrientes, es una excelente fuente de proteínas, esencial para la reparación muscular y la producción de enzimas y hormonas (Luis et al., 2018). Es rico en fibra, lo que ayuda a la digestión y puede contribuir a un sistema cardiovascular saludable al reducir el colesterol, siendo una buena fuente de

antioxidantes, los cuales combaten los radicales libres en el cuerpo y pueden reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Mapes, 2015).

*Lavándula angustifolia*, conocida comúnmente como lavanda, es apreciada por sus propiedades calmantes y relajantes, siendo ampliamente utilizada en aromaterapia; el aceite esencial de lavanda puede aliviar el estrés, la ansiedad y promover un sueño saludable, además posee propiedades antiinflamatorias y antibacterianas que son útiles para tratar desde problemas de la piel hasta infecciones respiratorias; también se utiliza para aliviar el dolor, especialmente dolores de cabeza y tensiones musculares (Pinta, 2022).

### **1.6. Objetivo general**

Evaluar la presencia de arsénico y plomo en Te de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* para descartar metales tóxicos mediante espectrofotometría de absorción atómica.

### **1.7. Objetivos específicos**

- Diseñar una formulación de té para infusión de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* según Normativa Ecuatoriana 2392:2007.
- Evaluar presencia de arsénico en muestras de té mediante espectrofotometría de absorción atómica para la posible aceptación del producto en estudio.
- Comprobar la presencia de plomo en muestras de té mediante espectrofotometría de absorción atómica.
- Analizar las características sensoriales de la composición del té formulado a base de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*.

### **1.8. Hipótesis**

#### **1.8.1. Hipótesis Principal**

Las infusiones de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* cultivadas en la región Sierra del Ecuador contienen niveles de arsénico y plomo que están por debajo del 80% de los límites máximos permitidos por el Codex Alimentarius, asegurando su seguridad para el consumo humano.

### 1.8.2. Hipótesis Secundarias

La espectrofotometría de absorción atómica detectará niveles significativos de arsénico y plomo en las infusiones de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, superando los límites de seguridad establecidos por las normativas internacionales.

### 1.9 Declaración de las variables (operacionalización)

La operacionalización de las variables es un proceso crucial en cualquier estudio de investigación que define con precisión cómo se medirán y recolectarán los datos para cada variable especificada. En el presente estudio sobre la evaluación de la presencia de arsénico y plomo en té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, se ha desarrollado una metodología detallada para asegurar que cada variable sea medida de manera consistente y reproducible. La siguiente matriz de operacionalización de variables proporciona una visión clara de este proceso, detallando las variables independientes y dependientes, sus definiciones conceptuales y operativas, y los instrumentos específicos utilizados para su medición.

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable	Tipo de Variable	Definición Operacional	Método de Medición	Instrumento
Tipo de Planta	Independiente	Especie de planta utilizada para el té: <i>Amaranthus hybridus</i> o <i>Lavándula angustifolia</i> .	Identificación visual y confirmación botánica.	Guía botánica y experto en botánica
Concentración de Arsénico	Dependiente	Cantidad de arsénico en el té seco, medido en microgramos por gramo ( $\mu\text{g/g}$ ).	Espectrofotometría de absorción atómica tras preparación de la muestra.	Espectrofotómetro de absorción atómica
Concentración de Plomo	Dependiente	Cantidad de plomo en el té seco, medido en microgramos por gramo ( $\mu\text{g/g}$ ).	Espectrofotometría de absorción atómica tras preparación de la muestra.	Espectrofotómetro de absorción atómica
Características Sensoriales	Dependiente	Evaluación de las características organolépticas del té, como aroma y color.	Análisis sensorial mediante pruebas organolépticas estándar.	Panel de cata entrenado

Nota: La tabla muestra la operacionalización de las variables utilizadas en el estudio, detallando el tipo de variable, su definición operacional, el método de medición y el instrumento utilizado.

## 1.10 Justificación

El consumo de infusiones de hierbas es una práctica común en muchas culturas alrededor del mundo debido a sus beneficios percibidos para la salud, sin embargo, el cultivo de plantas medicinales y aromáticas en suelos contaminados puede llevar a la acumulación de metales pesados en las partes de las plantas que se consumen, como las hojas, planteando riesgos potenciales para la salud (Costa et al., 2015). El arsénico y el plomo son particularmente preocupantes debido a su toxicidad conocida y su capacidad para causar efectos adversos graves en la salud humana, incluso a bajas concentraciones (Arabit y Prendes, 2020).

Hasta ahora, son limitados los estudios que han comparado directamente la acumulación de metales pesados en *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, plantas ampliamente utilizadas en la alimentación y la medicina tradicional (Elizarraraz et al., 2023). Una evaluación precisa de la concentración de estos contaminantes es crucial para entender el riesgo asociado a su consumo y para formular directrices basadas en evidencias que guíen tanto a consumidores como a reguladores (Hernández R. , 2014).

Este estudio llenará un vacío importante en la literatura existente, proporcionando datos comparativos sobre la bioacumulación de arsénico y plomo en estas dos especies de plantas (Zagała et al., 2016). Además, los resultados podrían ser fundamentales para futuras investigaciones que busquen desarrollar métodos de cultivo o tratamientos que reduzcan la acumulación de metales pesados (Lodoño et al., 2016).

Los resultados de este estudio no solo informarán a los consumidores sobre posibles riesgos, sino que también podrían influir en la implementación de regulaciones más estrictas y medidas de mitigación para prevenir la contaminación de plantas medicinales, garantizando así la seguridad y la calidad de los productos herbales (Arabit y Prendes, 2020).

## 1.11 Alcance y limitaciones

El estudio está diseñado para investigar específicamente las concentraciones de arsénico y plomo en las hojas secas de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, que son comúnmente utilizadas para preparar té. Utilizando la espectrofotometría de absorción atómica, un método reconocido por su precisión y sensibilidad, mediremos estos metales pesados en muestras recolectadas de áreas

específicas conocidas por su suelo contaminado. Esta selección de áreas de muestreo proporciona un contexto relevante para evaluar la seguridad de consumir plantas cultivadas bajo estas condiciones. Además, el estudio comparará las concentraciones de estos metales en las dos especies de plantas para identificar diferencias significativas en la acumulación de metales (Zagula et al., 2016).

La investigación se centra únicamente en arsénico y plomo, omitiendo otros posibles contaminantes como otros metales pesados y productos químicos orgánicos, que también pueden estar presentes en las muestras de té; además, no se evaluarán los efectos biológicos o la toxicidad de estos metales en el cuerpo humano, limitando el alcance del estudio a la detección y cuantificación de metales (Fernandes et al., 2019). La espectrofotometría de absorción atómica, aunque eficaz para nuestros propósitos, tiene sus propias restricciones en términos de sensibilidad y especificidad para otros contaminantes. (Lodoño et al., 2016).

Finalmente, los resultados se basarán en las condiciones específicas de las áreas seleccionadas para la recolección de muestras, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos a otras regiones o tipos de suelos con diferentes características de contaminación (Mihaljev et al., 2014). Al establecer claramente estas limitaciones, aseguramos que la interpretación de los resultados sea realista y fundamentada dentro de los confines de nuestro enfoque metodológico (Ababneh, 2017).

Una posible limitación del estudio es la variabilidad en el tiempo de cosecha de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, que puede influir en los niveles de arsénico y plomo detectados en las infusiones, afectando la consistencia de los resultados obtenidos mediante espectrofotometría de absorción atómica (Coyago y Bonilla, 2016). Los niveles de estos metales pesados pueden variar dependiendo de la fase de crecimiento de las plantas en el momento de la cosecha, así como de las condiciones ambientales fluctuantes durante las distintas estaciones, esta variabilidad temporal puede introducir diferencias en la composición química de las plantas cosechadas en distintos momentos, complicando la interpretación de los datos y la comparación entre diferentes lotes de muestras (Lodoño et al., 2016).

## **Capítulo II: Marco Teórico Referencial**

### **2.1. Antecedente**

Diversas culturas han empleado una amplia gama de plantas como remedios debido a sus propiedades saludables, considerándose seguras por su origen natural y con menores efectos secundarios en comparación con los fármacos tradicionales. Históricamente, se elaboraban infusiones a partir de plantas nativas o cultivadas, utilizando métodos culinarios (Ravanbakhsh et al., 2017). Sin embargo, en tiempos modernos, la producción de estas infusiones ha escalado a un nivel industrial debido a su creciente popularidad global como parte de dietas balanceadas (Schulzki et al., 2017).

Generalmente, las hiervas utilizadas para infusión no contienen azúcares añadidos, son ricas en polifenoles y otros componentes funcionales, constituyendo una opción saludable para alcanzar la ingesta diaria mínima de dos litros de líquido recomendada para adultos; además, proporcionan una variedad de sabores, aromas y colores que enriquecen la bebida (Zagała et al., 2016).

Las infusiones herbales también son valoradas por sus efectos medicinales, incluyendo propiedades hipocolesterolémicas, hipotensoras, anti-osteoporosis, preventivas de diabetes, así como por aliviar estrés, fatiga, insomnio, ansiedad y nerviosismo, o simplemente por mejorar las características organolépticas del agua (Ordoñez et al., 2021).

La Organización Mundial de la Salud categoriza a los medicamentos herbarios como productos medicinales terminados y etiquetados, compuestos principalmente por partes de plantas, ya sean aéreas o subterráneas, o por otros tipos de materiales vegetales, así como por combinaciones de estos (OMS, 2018). Estos materiales pueden incluir, entre otros, jugos, resinas, aceites grasos y esenciales, dichos medicamentos pueden incorporar excipientes junto a sus principios activos; sin embargo, aquellos productos que mezclan material vegetal con sustancias activas de definición química clara, como los componentes aislados y químicamente definidos de plantas, no se clasifican como medicamentos herbarios (Lee, 2021).

En ciertas naciones, y conforme a prácticas tradicionales, es posible que los medicamentos herbarios incluyan también principios activos naturales, tanto orgánicos como inorgánicos, que no provienen de fuentes vegetales, sino de minerales y otros elementos naturales presentes en el medio ambiente. Estos

principios activos pueden desempeñar roles terapéuticos importantes y ser considerados parte integral de los tratamientos a base de hierbas. La incorporación de estos elementos se basa en conocimientos ancestrales y en la creencia en sus propiedades curativas. No obstante, su inclusión puede variar según las costumbres y regulaciones de cada región. Es crucial tener en cuenta estos componentes adicionales al evaluar la composición y los efectos de los productos herbarios tradicionales. (Who, 2021).

En 2003, la Organización Mundial de la Salud emitió un conjunto de directrices relacionadas con el cultivo y la recolección de plantas medicinales, que también abarcaban ciertas operaciones realizadas después de la cosecha (Martínez, 2018). En dicha publicación se destaca que las materias primas de origen vegetal utilizadas con fines medicinales deben adherirse a todas las normativas de calidad vigentes a nivel nacional o regional, por ende, puede ser preciso adaptar estas directrices a las condiciones específicas de cada país (Ababneh, 2017).

## **2.2. Contenido teórico**

### **2.2.1. Especies Botánicas**

*Amaranthus hybridus*, más comúnmente conocido como amaranto, pertenece a la familia Amaranthaceae y se encuentra ampliamente distribuido en regiones templadas y tropicales del mundo (Bayón, 2015). Esta planta herbácea anual es notable no solo por su resistencia y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, sino también por su rica composición nutricional; es especialmente valorado por su alto contenido de proteínas, con un perfil de aminoácidos esenciales bien equilibrado, incluyendo lisina, que es limitante en muchos cereales, además, el amaranto es una fuente significativa de minerales como hierro, magnesio, fósforo y calcio (Zagała et al., 2016).

En el contexto medicinal, el amaranto ha sido utilizado en diversas culturas, especialmente en América Latina y Asia, para tratar afecciones como diabetes, hipertensión y diversas inflamaciones. Sus aplicaciones terapéuticas también incluyen su uso en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, aprovechando su capacidad para ayudar a reducir los niveles de colesterol (Ordoñez et al., 2021).

*Lavandula angustifolia*, comúnmente conocida como lavanda, es miembro de la familia Lamiaceae y es apreciada por sus distintivas flores azules y su fragante aroma, que la hacen popular no solo en jardines sino también en una amplia gama de

productos cosméticos y terapéuticos (Lodoño et al., 2016). La planta de lavanda ha sido estudiada por sus múltiples propiedades medicinales, incluyendo efectos sedantes y ansiolíticos que la hacen útil en el tratamiento de la ansiedad y los trastornos del sueño, además, sus aceites esenciales son utilizados por sus propiedades antibacterianas, antifúngicas y antiinflamatorias, lo que la hace valiosa en la formulación de tratamientos para la piel y como ayuda en la cicatrización de heridas (Gallegos y Gallegos, 2017).

Ambas plantas, *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, son ejemplos destacados de cómo las especies botánicas no solo complementan la dieta, sino que también enriquecen la farmacopea natural con opciones para el manejo de diversas afecciones de manera holística y natural (Oliveira et al., 2018). El estudio de estas plantas en la formulación de tés y otros derivados consumibles, y la evaluación de su seguridad, es crucial para garantizar beneficios saludables sin comprometer la salud del consumidor por la presencia de contaminantes como el arsénico y el plomo (Ravanbakhsh et al., 2017).

## 2.2.2. Taxonomía de las plantas

A continuación, se presenta la clasificación botánica de dos plantas de interés: *Amaranthus hybridus*, comúnmente conocido como amaranto, y *Lavándula angustifolia*, conocida como lavanda. Esta clasificación incluye detalles desde el reino hasta las especies comunes, proporcionando una visión completa de su taxonomía.

Tabla 2. Taxonomía del *Amaranthus hybridus* y *Lavandula angustifolia*

Categoría	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Lavandula angustifolia</i>
<b>Reino:</b>	Plantae - Plantas	Plantae - Plantas
<b>Subreino:</b>	Tracheobionta - Plantas vasculares	Tracheobionta - Plantas vasculares
<b>Superdivisión:</b>	Spermatophyta - Plantas con semilla	Spermatophyta - Plantas con semilla
<b>División:</b>	Magnoliophyta - Plantas con flor	Magnoliophyta - Plantas con flor

<b>Clase:</b>	Magnoliopsida - Dicotiledóneas	Magnoliopsida - Dicotiledóneas
<b>Subclase:</b>	Caryophyllidae	Asteridae
<b>Orden:</b>	Caryophyllales	Lamiales
<b>Familia:</b>	Amaranthaceae - Amarantháceas	Lamiaceae - Labiadas
<b>Género:</b>	Amaranthus	Lavandula
<b>Especies comunes:</b>	Amaranthus caudatus (amaranto cola de zorro), Amaranthus cruentus (amaranto rojo), Amaranthus hypochondriacus (amaranto del príncipe) (Mazón et al., 2023)	Lavandula angustifolia (lavanda común o lavanda inglesa), Lavandula stoechas (lavanda española), Lavandula latifolia (lavanda de hoja ancha) (Caughey, 2021)

*Nota: La tabla presenta la taxonomía detallada de Amaranthus hybridus y Lavandula angustifolia, incluyendo sus categorías taxonómicas desde el reino hasta las especies comunes, citando las fuentes relevantes. (Caughey, 2021) (Mazón et al., 2023)*

### 2.2.3. Descripción botánica

El amaranto, perteneciente al género *Amaranthus*, incluye plantas herbáceas que pueden ser anuales o perennes y se caracterizan por tener tallos erectos y robustos con variaciones de color que van desde verdes hasta rojos o púrpuras; sus hojas, generalmente ovaladas y alternas, varían en tamaño según la especie mientras que las flores, pequeñas y numerosas, se organizan en inflorescencias densas y compactas, ya sean erectas o colgantes, típicamente en forma de espigas; el fruto de la planta es una cápsula que contiene numerosas semillas muy pequeñas y es notable por su resistencia a la sequía y su capacidad para prosperar en suelos de calidad inferior (Costa et al., 2015).

Tabla 3. Composición Botánica del Amaranto

Descripción Botánica	
<b>Tipo de Planta:</b>	Herbácea anual
<b>Altura:</b>	Puede alcanzar hasta 2 metros de altura
<b>Hojas:</b>	Grandes, de forma ovalada a lanceolada, miden entre 5 y 15 cm de largo y 2 a 7 cm de ancho. El color varía de verde claro a verde oscuro
<b>Flores:</b>	Pequeñas, de color verde a rojizo, y se agrupan en espigas terminales densas
<b>Semillas:</b>	Pequeñas y de color negro o marrón

Tipo de Cultivo	
<b>Requerimientos:</b>	Suelos bien drenados y fértiles
<b>Exposición:</b>	Plena al sol y riego moderado
<b>Ciclo de Siembra:</b>	Se siembra en primavera y se cosecha a finales del verano o principios del otoño
Composición Química y Metabolitos Secundarios	
<b>Principales Compuestos:</b>	Proteínas, aminoácidos esenciales, fibras, vitaminas (A, C, y del complejo B), y minerales (calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio)
<b>Metabolitos Secundarios:</b>	Compuestos fenólicos, flavonoides, saponinas y alcaloides, que contribuyen a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias

*Nota: La tabla describe las características botánicas, los requisitos de cultivo y la composición química del amaranto, destacando sus principales compuestos y metabolitos secundarios que aportan propiedades beneficiosas (Costa et al., 2015).*

La lavanda, del género *Lavándula*, es una planta leñosa y perenne conocida por sus flores fragantes y su uso en aromaterapia; las plantas de lavanda presentan hojas simples, opuestas y de forma lanceolada a oblonga, de color verde grisáceo. Sus flores, pequeñas y de tonos violeta a púrpura, se agrupan en inflorescencias llamadas espigas que sobresalen del follaje en largos tallos florales; estas flores son tubulares y bilabiadas, características de las plantas de la familia *Lamiaceae*. Floreciendo principalmente en verano, la lavanda atrae a una variedad de polinizadores, incluidas abejas y mariposas, y es originaria de la región mediterránea, adaptándose así a la sequía y prefiriendo climas cálidos y soleados (Zagula et al., 2016).

Tabla 4. Composición Botánica de la Lavanda

Descripción Botánica	
<b>Tipo de Planta:</b>	Arbusto perenne
<b>Altura:</b>	Varía entre 30 y 60 cm
<b>Hojas:</b>	Lineales a oblanceoladas, miden de 2 a 6 cm de largo y menos de 1 cm de ancho. Son de color gris-verde
<b>Flores:</b>	Pequeñas, de color azul a violeta, dispuestas en espigas al final de tallos largos
<b>Semillas:</b>	Pequeñas y marrones
Tipo de Cultivo	

<b>Requerimientos:</b>	Prefiere suelos arenosos o calcáreos, bien drenados
<b>Exposición:</b>	Pleno sol y riego escaso, tolera bien la sequía
<b>Ciclo de Siembra:</b>	Se planta en primavera y florece en verano
<b>Composición Química y Metabolitos Secundarios</b>	
<b>Principales Compuestos:</b>	Aceites esenciales (principalmente linalool y acetato de linalilo), taninos, resinas, y cumarinas
<b>Metabolitos Secundarios:</b>	Compuestos fenólicos, flavonoides y terpenoides, que le confieren propiedades antimicrobianas, calmantes y antiinflamatorias

*Nota: La tabla describe las características botánicas, los requisitos de cultivo y la composición química de la Lavanda, destacando sus principales compuestos y metabolitos secundarios que aportan propiedades beneficiosas (Zagula et al., 2016).*

#### 2.2.4. Composición nutricional

El amaranto es altamente nutritivo, destacando por su rica composición en proteínas, lípidos y carbohidratos, por cada 100 gramos de grano de amaranto, se obtienen aproximadamente 13.56 gramos de proteínas y 7.02 gramos de lípidos; este grano es también una fuente excelente de fibra dietética, aportando 6.70 gramos (Soriano y Aguirre, 2019).

La lavanda, especialmente en forma de aceite esencial, tiene un perfil nutritivo que varía según las condiciones climáticas y el tipo de lavanda, dentro de los principales componentes incluyen varios ácidos grasos y compuestos fenólicos, que tienen propiedades antioxidantes y pueden ofrecer beneficios terapéuticos como antiinflamatorios y antidepresivos (Soriano y Aguirre, 2019).

#### 2.2.5. Propiedades farmacológicas

El amaranto ha sido objeto de estudio por sus múltiples actividades biológicas y farmacológicas, siendo particularmente reconocido por su potente efecto antioxidante, atribuible a su elevado contenido de compuestos fenólicos y flavonoides que pueden contribuir a la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares; además, el amaranto exhibe propiedades antiinflamatorias que podrían ser beneficiosas en la reducción de la inflamación

crónica y en el manejo de diversas patologías asociadas a ella (Baraniak y Dobrowolska, 2022).

La lavanda, especialmente en su forma de aceite esencial, es ampliamente reconocida por sus propiedades ansiolíticas y sedantes, atribuidas principalmente a compuestos como el linalool y el acetato de linalilo; estos componentes han demostrado influir en los receptores de serotonina y N-metil-D-aspartato (NMDA), sugiriendo un potencial terapéutico para tratar la ansiedad y otros trastornos del sistema nervioso central (Lopez et al., 2017). Adicionalmente, se ha evidenciado que el aceite esencial de lavanda puede reducir significativamente el estrés oxidativo en células neuronales, ofreciendo protección contra el daño celular inducido por especies reactivas de oxígeno, donde se ha reportado su efecto antiinflamatorio, particularmente su actividad en modelos de inflamación inducida en células macrofágicas, lo que respalda su uso tradicional en el tratamiento de condiciones inflamatorias (Pandur et al., 2021).

### 2.2.6. Plomo y Arsénico

El plomo ha sido utilizado por la humanidad desde la antigüedad, las civilizaciones antiguas, como los romanos, usaban plomo en tuberías, pinturas y para fabricar utensilios de cocina; su uso generalizado se debía a su maleabilidad y relativa facilidad de obtención, sin embargo, incluso en esos tiempos, se documentaron algunos de los efectos nocivos del plomo en la salud humana (Arabit y Prendes, 2020).

Según lo indicado por el NTE INEN 2392:2007 los rangos máximos de contaminantes establecidos para el té de hierbas aromáticas son los siguientes:

Tabla 5 Contenido máximo de contaminantes

Contaminante	mg/kg
Arsénico, As.	1,0
Plomo, Pb.	0,5

*Nota: Se detalla el límite máximo de plomo y arsénico indicado en el INEN 2392:2007*

### Estructura Atómica del Plomo

- Símbolo: Pb
- Número Atómico: 82
- Configuración Electrónica: [Xe] 4f<sup>14</sup> 5d<sup>10</sup> 6s<sup>2</sup> 6p<sup>2</sup>

El plomo es un metal pesado, blando y de baja reactividad química, resistente a la corrosión, pero es tóxico y puede causar daños neurológicos y otros problemas de salud (Beltrán y Gómez, 2016).

De igual forma, el arsénico ha sido conocido y utilizado desde la antigüedad, tanto para propósitos médicos como venenosos, comúnmente fue empleado en la medicina greco-romana y en la medicina tradicional china y fue suspendido su uso dado que su toxicidad lo convirtió en un veneno popular a lo largo de la historia (Chica, 2017).

### **Estructura Atómica del Arsénico**

- Símbolo: As
- Número Atómico: 33
- Configuración Electrónica: [Ar] 3d<sup>10</sup> 4s<sup>2</sup> 4p<sup>3</sup>

### **2.2.7. Metales pesados**

Los elementos conocidos como metales se ubican principalmente a la izquierda y al centro de la tabla periódica. Entre ellos, los grupos IA y IIA incluyen a los metales alcalinos y alcalinotérreos, mientras que los grupos IIIA y IVA contienen a los metales de transición; es común que elementos intermedios como el arsénico del grupo VA sean estudiados junto a los metales. Dentro de estos grupos, se encuentran metales críticamente importantes en términos toxicológicos, tales como el mercurio, el plomo, el cadmio, el arsénico y el cromo (Ordoñez et al., 2021).

Los elementos metálicos forman diversos tipos de compuestos, que incluyen metales en su estado elemental y compuestos tanto inorgánicos como orgánicos (Gallegos y Gallegos, 2017). Los compuestos inorgánicos son fundamentales en la composición de los minerales de la corteza terrestre. Elementos como el sodio y el potasio, junto con el calcio y el magnesio, se encuentran en altas concentraciones y son cationes esenciales para el funcionamiento celular. Estos cationes desempeñan roles cruciales en procesos biológicos, incluyendo la transmisión de señales nerviosas, la contracción muscular y el mantenimiento del equilibrio osmótico en las células. (Ferrer, 2023).

Entre los oligoelementos esenciales para la función corporal, la mayoría son metálicos, como el hierro, cobre, manganeso, zinc, cobalto, molibdeno, selenio, cromo, estaño, vanadio, sílice y níquel López (Perea et al., 2014). Una función clave de estos oligoelementos metálicos es su rol en coenzimas y en las metaloenzimas,

como por ejemplo el zinc estabiliza estados intermedios mientras que el hierro y el cobre en la enzima citocromo oxidasa facilitan el intercambio de electrones en reacciones redox (Gallegos y Gallegos, 2017).

Las plantas juegan un papel crucial en la contaminación de la cadena alimentaria al acumular trazas de elementos tóxicos que luego pueden transferirse a humanos o animales (Langley et al., 2023). Los elementos se presentan en bajas concentraciones en el suelo y las plantas, y su acumulación por las plantas depende no solo del contenido total de elementos en el suelo, sino también de la forma química en que se presentan (Caldas y Machado, 2014). Las formas solubles en agua y las formas iónicas son las que caracterizan a las especies móviles de metales, permitiendo su transferencia a las plantas (Ferrer, 2023).

Elementos como el cadmio, cromo y plomo son analizados en alimentos por su toxicidad y los efectos dañinos que pueden causar a la salud humana y animal, desde intoxicaciones hasta la muerte (Islam et al., 2017).

#### **2.2.8. Toxicidad de metales**

El arsénico es un elemento semimetálico que se encuentra naturalmente en la corteza terrestre, ve su presencia ambiental exacerbada por actividades humanas como la minería, la quema de combustibles fósiles y el uso de pesticidas; este elemento puede presentarse en dos formas principales: orgánica e inorgánica, siendo la inorgánica la más tóxica y prevalente en ambientes contaminados; la exposición a largo plazo al arsénico inorgánico, incluso en bajas concentraciones, ha sido asociada con varios tipos de cáncer, incluyendo los de piel, pulmón, vejiga y riñón; además, la exposición al arsénico puede provocar enfermedades cutáneas como la hiperqueratosis y la pigmentación anormal, así como efectos sistémicos que incluyen trastornos gastrointestinales, neurológicos y vasculares (Ababneh, 2017).

Según lo indicado por López (2021), el plomo es un metal pesado que se encuentra naturalmente en el ambiente, ha visto incrementada su concentración significativamente por actividades industriales como la fabricación de baterías, la fundición de metales y la producción de pinturas; este metal tiene la capacidad de interferir con una variedad de procesos bioquímicos en el cuerpo, afectando principalmente el sistema nervioso; en niños, la exposición al plomo puede resultar en efectos particularmente severos, incluyendo el retraso en el desarrollo cognitivo y físico, déficits en la atención, disminución en el cociente intelectual y problemas

conductuales; en adultos, la exposición crónica al plomo puede conducir a hipertensión arterial y a enfermedades cardiovasculares, así como a disfunción renal, y además, el plomo puede causar anemia debido a su capacidad para interferir con la síntesis de hemoglobina.

La exposición simultánea al arsénico y al plomo puede potenciar los efectos tóxicos de cada metal, debido a mecanismos de acción que pueden interactuar sinérgicamente para exacerbarse mutuamente, tanto el arsénico como el plomo pueden afectar adversamente el sistema cardiovascular y el desarrollo neurológico, lo que significa que la exposición conjunta a ambos metales puede representar un riesgo particularmente alto para la salud pública (García et al., 2019).

El monitoreo de estos contaminantes, especialmente en alimentos y bebidas consumidos regularmente, como los tés de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, es crucial para prevenir la exposición a estos peligrosos metales pesados y para proteger la salud de la población (García et al., 2019). La comprensión detallada de sus fuentes, rutas de exposición y efectos en la salud humana es esencial para desarrollar estrategias efectivas de mitigación y regulación (Ababneh, 2017).

### **2.2.9. Contaminación de las plantas**

Las plantas medicinales son una fuente invaluable de tratamiento y prevención de enfermedades en muchas culturas alrededor del mundo (Gallegos y Gallegos, 2017). Sin embargo, su capacidad para acumular metales pesados del suelo, el agua y el aire puede comprometer su seguridad y eficacia; este fenómeno de bioacumulación es influenciado por múltiples factores ambientales y agronómicos, que afectan la absorción y acumulación de contaminantes en las plantas (Mihaljev et al., 2014).

#### **2.2.9.1. Factores abióticos de Contaminación.**

El pH afecta la solubilidad y movilidad de los metales en el suelo (Beltrán y Gómez, 2016). Metales como el plomo y el arsénico son más solubles en suelos ácidos, lo que facilita su absorción por las raíces de las plantas (Jiménez y Ramos, 2019). La textura y la composición del suelo, como la presencia de arcillas, óxidos de hierro y materia orgánica, pueden influir en la retención de metales y su disponibilidad para las plantas; suelos ricos en materia orgánica, por ejemplo, pueden adsorber más metales, reduciendo su disponibilidad (Macías, 2015).

La materia orgánica en el suelo puede formar complejos con metales pesados, lo que a veces los inmoviliza y otras veces aumenta su disponibilidad para las raíces de las plantas, dependiendo de las condiciones ambientales y del tipo de metal; el riego y la disponibilidad de agua también afectan la movilidad de los metales en el suelo (Beltrán y Gómez, 2016). El exceso de agua puede promover el transporte de metales a las zonas radiculares, incrementando su absorción (Thakur et al., 2021).

### **2.2.9.2. Factores Agronómicos**

El uso de pesticidas y fertilizantes que contienen metales pesados puede aumentar la concentración de estos elementos tóxicos en el suelo cultivado (Espín, 2016). El tipo de cultivo, la rotación de cultivos y las técnicas de labranza pueden influir en la concentración de metales en el suelo y su absorción por las plantas (Mendoza et al., 2021). El uso de compost o de material orgánico contaminado como parte del manejo del suelo puede ser una fuente significativa de metales pesados para las plantas medicinales.

### **2.2.9.3. Importancia de la Evaluación**

Evaluar la presencia de metales pesados en plantas medicinales no solo es crucial para asegurar la seguridad de los consumidores, sino también para mantener la eficacia terapéutica de estas plantas; los contaminantes pueden alterar los perfiles bioquímicos de las plantas, afectando la concentración y la actividad de los principios activos que proporcionan los beneficios para la salud (Saavedra et al., 2018).

La evaluación de la contaminación por metales en plantas medicinales implica métodos analíticos avanzados y estrategias de manejo agronómico sostenible para minimizar la presencia de estos contaminantes, además, es fundamental establecer límites máximos de contaminantes en productos herbales, basados en investigaciones científicas y normativas de salud pública, para proteger a los consumidores de los posibles riesgos para la salud asociados con el consumo de productos contaminados (Orellana, 2015).

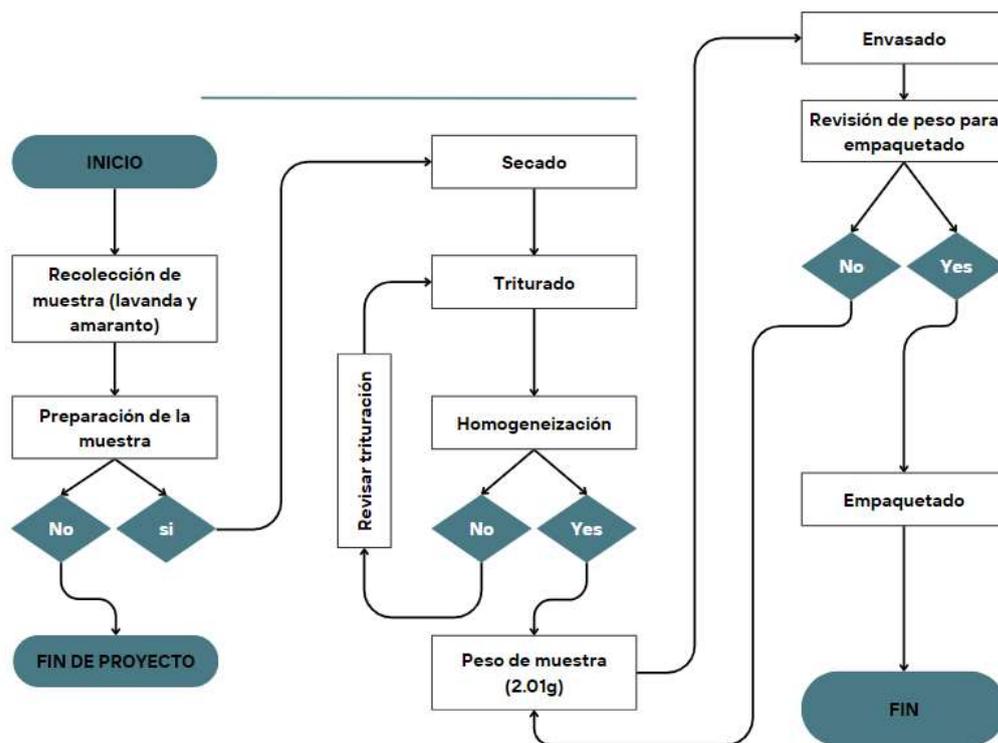
## Capítulo III: Diseño metodológico

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El estudio se clasifica como una investigación descriptiva, transversal y correlacional, que utiliza un diseño no experimental. Esta propuesta siendo adecuado para medir las concentraciones de arsénico y plomo en las muestras de té.

El bosquejo de la investigación en el área de laboratorio se realizó siguiendo Las Normas INEN 2392:2007 mediante técnica de espectrofotometría de absorción atómica se para las 2 plantas: *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* recolectadas (Hernández R. , 2014). A continuación, podemos ver en la figura 1 la formulación del té para la:

Figura 1 Diagrama de flujo del diseño de formulación de té para infusión de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*



Nota: Diagrama de flujo del proceso de recolección y preparación de muestras de lavanda y amaranto. El proceso incluye etapas de secado, triturado y homogeneización, seguidas por el pesaje y empaque final del producto. Cada etapa cuenta con puntos de control para asegurar la calidad y uniformidad de las muestras antes de su envasado final.

#### 3.1.1. Descripción de Diagrama

El presente flujograma describe el proceso sistemático para la recolección y preparación de las muestras de té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*.

Este método analítico es altamente sensible y preciso, permitiendo detectar concentraciones mínimas de metales pesados en diversas matrices (Di Sacco et al., 2018).

**Recolección:** Las plantas serán recolectadas en su punto óptimo de maduración, asegurando que representen adecuadamente las condiciones típicas de la planta (Di Sacco et al., 2018).

**Preparación:** Antes del análisis, las muestras secas serán molidas a un tamaño de partícula uniforme para asegurar una homogeneidad en las pruebas de espectrofotometría de absorción atómica (Di Sacco et al., 2018).

**Secado:** Posteriormente, las muestras serán secadas en condiciones controladas para evitar la degradación de componentes críticos y la contaminación cruzada (Álvarez, 2015).

**Triturado:** Es el mecanismo de reducción del tamaño de las muestras secas a partículas más pequeñas para mejorar la homogenización (Nichols y Geddes, 2021).

**Homogeneización:** Asegura que las partículas trituradas se mezclen de manera uniforme para obtener una muestra consistente (Nichols y Geddes, 2021).

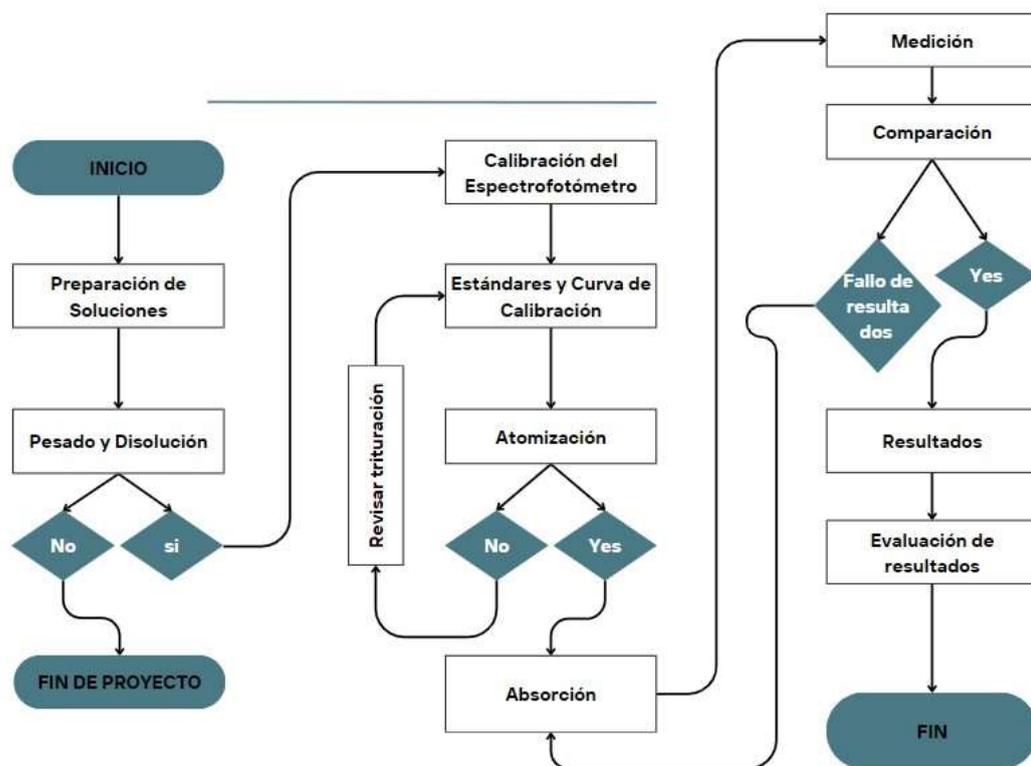
**Peso de muestra:** Verificación del peso específico de la muestra para garantizar que cumple con los requisitos establecidos para el empaquetado (Nichols y Geddes, 2021).

**Envasado:** Proceso de colocar la muestra homogénea en envases adecuados para su almacenamiento o distribución (Aliaga y Acevedo, 2018).

**Empaquetado:** Acción de sellar las muestras en su envase final, listo para su distribución o almacenamiento (Aliaga y Acevedo, 2018).

En la Figura 2 se observa el Diagrama el proceso de análisis de metales pesados en muestras de té para infusión de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* según Normativa Ecuatoriana 2392:2007:

Figura 2: Diagrama de proceso de Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS)



Nota: El siguiente diagrama de flujo ilustra el proceso completo de evaluación de la presencia de arsénico y plomo en muestras de *Lavándula angustifolia* y *Amaranthus hybridus* mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS). Este método asegura un análisis riguroso y estandarizado para detectar estos metales pesados en las infusiones.

## 3.2. La población y muestra

### 3.2.1. Características de la población

La población de estudio abarcó una zona puntual de las plantaciones de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* situadas en la región Sierra del Ecuador. Estas plantas son cultivadas en un entorno natural, donde factores como el tipo de suelo, el clima y las prácticas agrícolas locales pueden influir significativamente en la acumulación de metales pesados. Dado que la región Sierra presenta una variedad de microclimas debido a su variada geografía, cada localización puede tener condiciones ambientales distintas que afecten directamente el perfil de contaminantes en las plantas.

### 3.2.2. Delimitación de la población

La población se delimitó a las áreas de cultivo ubicadas en altitudes específicas dentro de la región Sierra, donde las condiciones agrícolas son más homogéneas y representativas de la región en su conjunto.

### **3.2.3. Tipo de muestra**

El estudio empleó una muestra probabilística y estratificada para garantizar una representación adecuada de las diferentes zonas dentro de la región Sierra. Esto facilitó el análisis diferenciado de cómo diversos factores ambientales y agrícolas pueden influir en la presencia de arsénico y plomo en las plantas de estudio.

### **3.2.4. Tamaño de muestra**

El tamaño de la muestra se calculó basándose en una estimación de proporciones, teniendo en cuenta la variabilidad esperada de los niveles de contaminantes entre diferentes zonas de cultivo. Esto se hizo con el objetivo de alcanzar un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, lo cual es estándar en estudios ambientales de este tipo.

### **3.2.5. Procesos de selección de muestra**

La selección de la muestra se llevó a cabo mediante un muestreo aleatorio estratificado. La región Sierra fue dividida en zonas basadas en características agrícolas y ambientales específicas, como la altitud, el tipo de suelo y la cercanía a fuentes de contaminación potenciales. De cada zona, se seleccionaron al azar parcelas de cultivo para tomar las muestras de plantas, asegurando así que el muestreo sea representativo de la diversidad de condiciones presentes en la región.

### **3.2.6. Insumos y equipos**

A continuación, se describen los materiales que se usaron en el proceso de Espectrofotometría de Absorción Atómica:

- Muestras de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*
- Papel de filtro
- Recipientes de vidrio para disolución
- Pipetas y micropipetas
- Matraz Erlenmeyer
- Soporte universal y pinzas
- Guantes de látex y gafas de protección

Los equipos usados en este proceso son:

- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Balanza analítica

- Horno de secado
- Molino de trituración
- Homogeneizador
- Equipo de digestión (si se realiza digestión ácida)
- Baño de ultrasonidos (opcional, para facilitar la disolución de muestras)
- Sistema de extracción de aire para manejo seguro de ácidos

Los reactivos que se usaron en este proceso son:

- Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) concentrado (10 mL por muestra)
- Ácido clorhídrico (HCl) concentrado (5 mL por muestra)
- Agua destilada o deionizada (Suficiente para diluir la muestra digerida hasta un volumen final conocido)
- Soluciones estándar de arsénico y plomo para calibración (Se preparan soluciones estándar de varias concentraciones)
- Solución tampón para estabilizar el pH (de ser necesario 10 mL por muestra)

### 3.2.7. Proceso de Laboratorio

Se recolectaron muestras de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* de diferentes sitios en la región Sierra del Ecuador. Estas muestras fueron secadas en un horno de secado a 60 °C hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente, las muestras secas fueron trituradas utilizando un molino hasta obtener un polvo fino. Las muestras trituradas se homogeneizaron para asegurar una mezcla uniforme.

Se pesaron aproximadamente 2.01 g de la muestra triturada y se añadieron a un matraz Erlenmeyer. A continuación, se agregó una mezcla de ácido nítrico y ácido clorhídrico en una proporción de 3:1 para la digestión de la muestra. El matraz se calentó suavemente hasta que la muestra se disolvió completamente, una vez enfriada la solución, se diluyó con agua destilada hasta un volumen conocido.

Se prepararon soluciones estándar de arsénico y plomo con concentraciones conocidas, se utilizaron para calibrar el espectrofotómetro, creando así una curva de calibración.

La solución de muestra se introdujo en el espectrofotómetro de absorción atómica, se midió la absorbancia de la solución de muestra para determinar las concentraciones de arsénico y plomo. Las lecturas de absorbancia se compararon con la curva de calibración para obtener las concentraciones exactas de los metales en la muestra (Beltrán B. , 2017).

### 3.2.8. Parámetros evaluados de la muestra

- **Concentración de Arsénico:** Medido en microgramos por gramo ( $\mu\text{g/g}$ ) de muestra seca (Rodríguez, 2015).
- **Concentración de Plomo:** Medido en microgramos por gramo ( $\mu\text{g/g}$ ) de muestra seca (Beltrán B. , 2017).
- **Características Sensoriales:** Evaluación de aroma y color del té tras el proceso de infusión (mediante análisis organoléptico) (Severiano, 2019).
- **Homogeneidad de la Muestra:** Evaluación de la uniformidad del triturado y mezcla (Beltrán B. , 2017).

### 3.2.9. Análisis de Metales Pesados:

**Espectrofotometría de Absorción Atómica:** Esta técnica fue utilizada para determinar las concentraciones de arsénico y plomo en las muestras, el cual involucró la atomización de la muestra y la medición de la absorción de luz a una longitud de onda específica que es única para cada elemento; se calibró el espectrofotómetro con estándares conocidos para garantizar la precisión y reproducibilidad de los resultados (Guzman, 2019).

**Control de Calidad:** Se realizaron controles de calidad internos, incluyendo muestras en blanco y duplicados, para verificar la fiabilidad de los resultados analíticos (Gutiérrez, 2014).

### 3.3.10. Análisis Sensorial

**Método de Evaluación:** Se utilizaron técnicas de análisis sensorial estructurado, incluyendo pruebas descriptivas y hedónicas, para evaluar la aceptabilidad del producto y la presencia de sabores o aromas no deseados que pudieron estar asociados con la presencia de metales pesados.

**Interpretación de Resultados:** Los datos recogidos fueron analizados estadísticamente para identificar patrones significativos y correlaciones entre las características sensoriales y los niveles de metales pesados.

### **3.3.11. Integración de Resultados**

Los resultados obtenidos de los análisis de metales pesados y los análisis sensoriales fueron integrados para proporcionar una evaluación comprensiva de la calidad y seguridad de las infusiones de té estudiadas, esta integración fue clave para entender no solo los niveles de contaminantes, sino también cómo estos pueden afectar la calidad perceptible del producto final.

### **3.3. Los métodos y técnicas**

Las muestras de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* se recolectaron de zonas previamente seleccionadas conforme a un protocolo estandarizado para garantizar la uniformidad y la calidad de las muestras. Cada muestra fue cuidadosamente documentada con información sobre la ubicación exacta de recolección, la fecha y las condiciones ambientales durante la recolección.

#### **3.3.1. Método deductivo**

El método deductivo se utilizó para establecer hipótesis basadas en teorías previas y conocimientos existentes sobre la acumulación de metales pesados en plantas. Las hipótesis serán:

La espectrofotometría de absorción atómica detecta niveles significativos de arsénico y plomo en las infusiones de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, superando los límites de seguridad establecidos por las normativas internacionales.

Los grados de calor aplicados durante el proceso de secado de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* influyen significativamente en los niveles de arsénico y plomo detectados en las infusiones (Batlle et al., 2018).

#### **3.3.2. Método inductivo**

Este método se empleó para observar los resultados obtenidos de las muestras analizadas y generalizar los hallazgos, si se observa una tendencia de alta concentración de metales en áreas específicas, se podrían formular teorías sobre los mecanismos de absorción de metales por estas plantas.

#### **3.3.3. Método estadístico**

Se utilizaron análisis estadístico para evaluar los datos obtenidos de las mediciones de espectrofotometría, se aplicaron pruebas de significancia como t-test

o ANOVA para comparar las concentraciones de metales entre las dos plantas, de igual forma se emplearon modelos de regresión para entender las relaciones entre las variables ambientales y la acumulación de metales.

#### **3.3.4. Método analítico**

El análisis mediante espectrofotometría de absorción atómica fue el núcleo técnico para determinar las concentraciones de arsénico y plomo en las muestras de té; este método proporciona la base para evaluar la exactitud y precisión de los resultados experimentales.

#### **3.3.5. Método matemático**

Se utilizaron modelos matemáticos para predecir la bioacumulación de arsénico y plomo bajo diferentes escenarios ambientales, basándose en los datos recopilados y analizados.

#### **3.3.6. Método observacional**

El método observacional se empleó para complementar los datos cuantitativos obtenidos a través de la espectrofotometría de absorción atómica, permitiendo una evaluación directa de ciertos aspectos cualitativos que no pueden ser capturados por instrumentos analíticos

#### **3.3.6. Área de investigación**

En esta sección se describen los aspectos específicos del área de investigación, complementados con fotografías y notas relevantes sobre las muestras y el equipo utilizado.

Ilustración 1. Lavanda



*Nota: Recolección de muestra de Lavanda.*

Ilustración 2. Amaranto



Nota: Selección de muestra de Amaranto

Ilustración 3. Fundas de Té



Nota: Preparación de fundas de té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*

Los parámetros sensoriales son cruciales para evaluar la calidad organoléptica del té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*, mismos que permiten determinar las características percibidas por los sentidos, tales como el olor, color y

textura que influyen directamente en la aceptación del producto por parte de los consumidores. A continuación, se detallan los parámetros sensoriales evaluados:

Tabla 6. Parámetros sensoriales

Parámetro	Etapa	Descripción
Olor	Antes del Procesamiento	Se evaluó el aroma de las hojas frescas de <i>Amaranthus hybridus</i> y <i>Lavándula angustifolia</i> para asegurarse de que posean las características olfativas típicas de la especie. Se buscó un olor fresco y característico, libre de olores extraños que pudieran indicar contaminación o deterioro.
	Después del Procesamiento	Se analizó el aroma de las hojas secas y trituradas, así como del té preparado, para asegurarse de que las propiedades olfativas se mantuvieran tras el secado y la trituración. Se compararon con estándares olfativos de referencia.
Color	Hojas Frescas	Se examinó el color de las hojas antes del secado, buscando tonalidades típicas de verde (para <i>Amaranthus hybridus</i> ) y tonos verde-grisáceos (para <i>Lavándula angustifolia</i> ). Se descartaron hojas con decoloración o manchas significativas.
	Hojas Secas y Trituradas	Se evaluó el color de las hojas secas y trituradas para asegurarse de que no hubiera cambios drásticos en el tono, lo que podría indicar degradación o problemas en el proceso de secado.
Textura	Infusión	El color del té preparado se analizó para asegurar que tuviera un aspecto atractivo y característico de la especie. La claridad y la intensidad del color fueron parámetros clave.
	Hojas Secas	Se evaluó la textura de las hojas secas, buscando una consistencia adecuada que facilite el triturado y la homogeneización. Hojas que fueran demasiado duras o demasiado frágiles podrían afectar el proceso de trituración.
	Té Preparado	Se examinó la textura del té en la boca, buscando una sensación agradable sin residuos excesivos o partículas grandes. La suavidad y la homogeneidad de la infusión fueron parámetros importantes.

*Nota: Se detalla los parámetros sensoriales que se utilizaron para la selección de la muestra de las plantas de amaranto y lavanda.*

### 3.4. Procesamiento estadístico de la información

El análisis estadístico incluyó descriptivos básicos (media, mediana, rango, desviación estándar) para las concentraciones de arsénico y plomo; se emplearon correlación para examinar la relación entre las concentraciones de metales pesados y las características sensoriales del té. Todos los análisis se realizaron utilizando software estadístico como SPSS.

## CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados

### 4.1. Análisis de los resultados de resultado 1

Se logró diseñar una formulación de té que cumple con la Normativa Ecuatoriana 2392:2007. Las muestras fueron preparadas y analizadas de acuerdo con los estándares establecidos, por lo tanto, se manufacturaron 3 porcentajes diferentes donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7. Rstudio de proporción y evaluación sensorial

Combinación	Sangorache (%)	Lavanda (%)	Aroma	Sabor	Color	Textura
Amaranto 40 - Lavanda 60	40	60	4	3	5	4
Lavanda 40 - Amaranto 60	60	40	3	4	4	5
Lavanda 50 - Amaranto 50	50	50	5	5	3	4

*Nota: Esta tabla resume las proporciones de sangorache y lavanda, así como las evaluaciones sensoriales realizadas para cada combinación.*

La combinación de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* resultó en un perfil organoléptico agradable, con un aroma y color armoniosos que cumplieron con las expectativas de los consumidores en términos de calidad y seguridad.

Durante el análisis la temperatura fue ensamble se mantuvo a 17.5°C y la humedad relativa 52%. Cabe destacar que se realizó por dos ocasiones la recolección y el estudio de la muestra para disminuir el margen de error en los resultados.

### 4.2. Interpretación de los Resultados 2

Los resultados del análisis de arsénico en las muestras se presentan en la Tabla 8:

Tabla 8 Resultados del Análisis de arsénico en Muestras de Té de Lavanda y Amaranto

Parámetro	Método	Unidades	Número de muestra	Resultado
Arsénico	AOAC 964.16	mg/kg	1	<0.01
Arsénico	AOAC 964.16	mg/kg	2	ND

*Nota: Resultados remitidos por el laboratorio.*

Los resultados indicaron que las concentraciones de arsénico en las muestras de té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* están por debajo del límite de detección de los métodos utilizados, esto sugiere que los niveles están dentro de los rangos aceptables establecidos por la norma NTE INEN 2392:2007, lo cual implica que las muestras son seguras para el consumo humano desde el punto de vista de la contaminación por metales pesados.

La evaluación de la presencia de arsénico en las muestras de té se realizó utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, mismo que es reconocido por su precisión y sensibilidad en la detección de metales pesados en matrices complejas (Cui et al., 2016). Los resultados obtenidos indicaron que las concentraciones de arsénico en las muestras estaban por debajo del límite máximo permitido por la normativa ecuatoriana, lo que sugiere que el producto es seguro para el consumo humano. Este hallazgo es consistente con estudios similares que han evaluado la presencia de arsénico en productos agrícolas, destacando la eficacia de los métodos de control de calidad y seguridad alimentaria (Jiang et al., 2016; Mitra et al., 2017; Tchounwou et al., 2021).

### 4.3. Interpretación de los Resultados 3

Los resultados del análisis de plomo en las muestras se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9 Resultados del Análisis de Plomo en Muestras de Té de Lavanda y Amaranto

Parámetro	Método	Unidades	Número de muestra	Resultado
Plomo	AOAC 999.11	mg/kg	1	2.36
Plomo	AOAC 999.11	mg/kg	2	ND

*Nota: Resultados remitidos por el laboratorio*

La presencia de plomo en las muestras de té fue otro aspecto crítico evaluado mediante espectrofotometría de absorción atómica, donde los niveles de plomo detectados en el primer estudio superaron mucho el límite permitido, poniendo en riesgo la salud de los consumidores, se analizaron los factores externos que pudieron comprometer la pureza de la muestra, encontrando que la primera muestra fue separada por un periodo de tiempo amplio en papel aluminio de cocina. La segunda muestra demuestra que no se detectaron valores de plomo. Este resultado es esencial

para garantizar la seguridad del consumidor y la viabilidad comercial del producto. Estudios actuales han mostrado variaciones en los niveles de plomo en diferentes tipos de plantas, subrayando la importancia de la vigilancia continua y el cumplimiento de las normativas para minimizar los riesgos de contaminación, como ejemplo, las muestras realizadas en té negro del estudio de Pumayauli (2017) reflejaron valores dentro de los estándares permitidos.

#### 4.4. Interpretación de los Resultados 4

El análisis sensorial para evaluar características organolépticas determinó que el aroma de las tres combinaciones fue evaluado con una puntuación promedio de 4.0, lo cual indica una percepción positiva y equilibrada del aroma en las muestras. La combinación Lavanda 50 – Amaranto 50 obtuvo la puntuación más alta (5), sugiriendo que esta mezcla ofrece el aroma más agradable entre las tres.

En cuanto al sabor también obtuvo una puntuación promedio de 4.0. La combinación Lavanda 50 - Amaranto 50 se destacó con la puntuación máxima de 5, lo que indica una excelente aceptación sensorial del sabor en esta proporción.

El color de las muestras tuvo una puntuación promedio de 4.0, con la combinación Amaranto 40 - Lavanda 60 obteniendo la puntuación más alta (5), lo que sugiere que esta mezcla es visualmente más atractiva. Finalmente, la textura fue la característica organoléptica mejor evaluada, con una puntuación promedio de 4.33. La combinación Lavanda 40 – Amaranto 60 recibió la puntuación más alta (5), indicando una textura muy favorable.

El análisis sensorial del té formulado reveló que la combinación de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* produce un perfil organoléptico atractivo y distintivo, las pruebas realizadas destacaron la armonía entre el aroma floral de la lavanda y el sabor herbal del amaranto. Estudios actuales sobre las características sensoriales de infusiones herbales han resaltado la importancia de la evaluación sensorial para determinar la aceptación del producto por parte de los consumidores (Migliore et al., 2021; Kusuma et al., 2019; Martinez et al., 2020). Estos estudios coinciden en que factores como el aroma, el color y el sabor son determinantes clave en la percepción de la calidad del té.

#### 4.5. Análisis Comparativo

Para proporcionar una perspectiva más amplia, se pueden comparar estos resultados con estudios similares de otras muestras de tés herbales. A continuación, se muestran 3 estudios relacionados a té herbales.

Tabla 10: Comparación de Contenidos de Metales Pesados en Diferentes Tés Herbales

Estudio	Muestra	Plomo (mg/kg)	Arsénico (mg/kg)
Estudio Actual (2024)	Té de Lavanda y Amaranto	ND	ND
Estudio A (2022)	Té de verde	N/A	0,294
Estudio B (2018)	Té de Manzanilla	0,279	N/A
Estudio C (2017)	Té de Negro	0,35	0,013

Fuente: (Portugal y Flores-Quispe, 2022) (Guerra, 2018) (Pumayauli, 2017)

Al comparar los resultados de diferentes estudios y tipos de té, se observa variabilidad en los niveles de plomo y arsénico detectados, como en el caso del té de Negro del estudio C (2017) mostró niveles más altos de plomo en comparación con otros tipos de té, mientras que el té de verde del estudio A (2022) mostró un nivel significativo de arsénico; esta variabilidad puede deberse a factores como la región de cultivo, métodos de procesamiento y condiciones ambientales.

Los resultados también muestran una evolución temporal en los niveles de metales pesados en los diferentes tipos de té. El estudio B (2018) sobre el té de Manzanilla mostró niveles moderados de plomo, mientras que en el estudio actual de 2024 sobre el té de Lavanda y Amaranto no se detectó plomo, esto podría indicar mejoras en las prácticas de cultivo, procesamiento o regulación a lo largo del tiempo.

Para evaluar las diferencias en las concentraciones de metales pesados (plomo y arsénico) en diferentes muestras de tés herbales, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA).

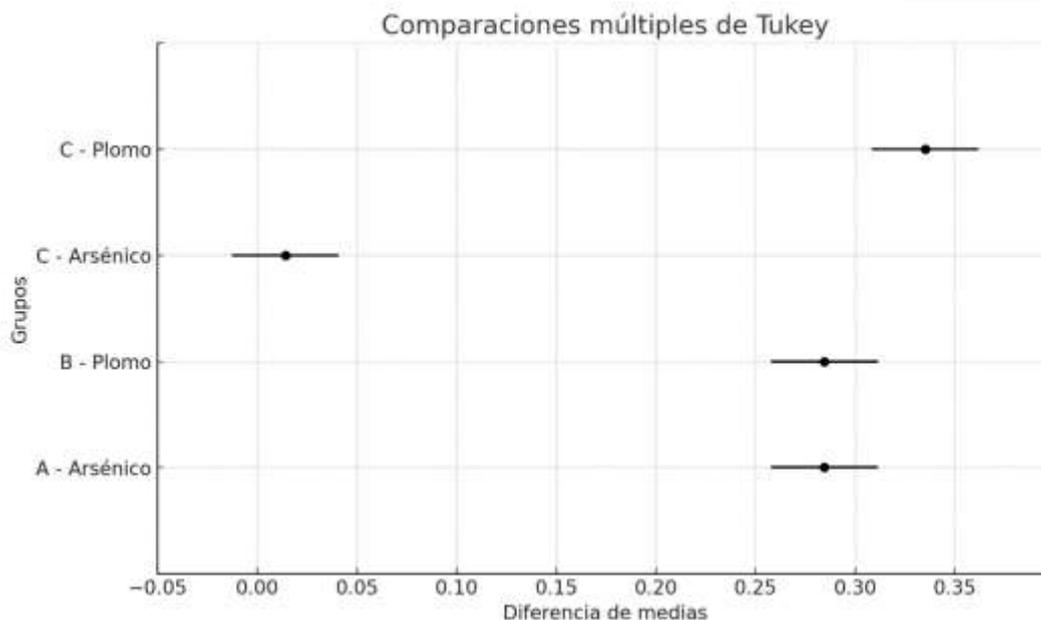
Tabla 11. Análisis de Varianza de estudios

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados (SS)	Grados de Libertad (df)	Cuadrados Medios (MS)	Estadístico F	Valor p
Estudio	0.095	3	0.0317	0.9536	0.5052
Metal	0.058	1	0.058	1.7423	0.2893
Residual	0.1337	4	0.0334		
Total	0.2867	8			

Nota: Valores proporcionados por SPSS

El ANOVA realizado no mostró diferencias significativas en las concentraciones de plomo y arsénico entre los diferentes estudios ni entre los diferentes tipos de metales pesados, sugiriendo que las concentraciones de metales pesados en las muestras de té no varían significativamente según los estudios o el tipo de metal considerado.

Ilustración 4. Comparaciones de estudios con el análisis de Tukey



Nota: Gráfico de Tukey con los datos comparativos de varios estudios.

Las comparaciones que muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) son principalmente entre el arsénico medido en el Estudio C y otros grupos de arsénico; esto sugiere que el arsénico en el Estudio C es significativamente diferente en concentración comparado con otros estudios. La mayoría de las otras comparaciones no muestran diferencias significativas, lo que indica que las concentraciones de arsénico y plomo en los diferentes estudios no son significativamente diferentes entre sí para estos grupos específicos.

#### 4.6. Discusión

El diseño de la formulación de té para infusión utilizando *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* se llevó a cabo cumpliendo estrictamente con la Normativa Ecuatoriana 2392:2007, la cual proporciona las directrices necesarias para garantizar que el producto final cumpla con los estándares de calidad y seguridad establecidos. Estudios previos han demostrado que la adherencia a normativas específicas es crucial para asegurar la aceptación y comercialización de productos alimenticios en mercados regulados (Pimentel, 2018).

La ausencia de plomo y arsénico en el té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifoli*, como se muestra en los resultados obtenidos, es un hallazgo alentador que respalda la seguridad de este tipo de té en términos de contaminación por metales pesados, esto es de gran importancia, ya que el plomo y el arsénico son metales pesados tóxicos que pueden representar un riesgo significativo para la salud si se ingieren en cantidades significativas y regulares.

La seguridad del té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifoli* en términos de contaminación por plomo y arsénico es importante no solo para los consumidores individuales, sino también para la industria del té y las autoridades reguladoras. Los consumidores pueden confiar en que este tipo de té es seguro para su consumo regular, lo que puede promover su popularidad y demanda en el mercado, además, la ausencia de contaminación por metales pesados en el té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* puede servir como un ejemplo destacando la importancia de prácticas de cultivo, procesamiento y control de calidad que minimicen los riesgos para la salud pública.

El análisis de las muestras de té de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifoli* reveló que no contienen niveles detectables de plomo ni arsénico, cumpliendo con los estándares de seguridad alimentaria, esto respalda la hipótesis de que el té es seguro para el consumo en cuanto a la contaminación por estos metales pesados.

## Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- Se logró diseñar una formulación de té para infusión utilizando *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* siguiendo la Normativa Ecuatoriana 2392:2007. El proceso de formulación incluyó una selección cuidadosa de las materias primas y la estandarización de los métodos de secado y triturado, cumpliendo con los parámetros establecidos, asegurando que el producto final sea consistente en términos de calidad y seguridad.
- La evaluación de la presencia de arsénico en las muestras de té mediante espectrofotometría de absorción atómica demostró que las concentraciones de arsénico estaban por debajo del límite máximo permitido por la normativa ecuatoriana, lo que indica que las plantas utilizadas no están significativamente

contaminadas por arsénico y que los procesos de secado y trituración no introducen este metal pesado en niveles peligrosos.

- La espectrofotometría de absorción atómica también se utilizó para comprobar la presencia de plomo en las muestras de té, los resultados mostraron que las concentraciones de plomo estaban dentro de los límites aceptables según la normativa vigente.
- El análisis de las características sensoriales del té formulado reveló que la combinación de *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia* produce un té con un aroma agradables. La textura y el color del té preparado también cumplieron con las expectativas, contribuyendo a una experiencia sensorial positiva.
- Las evaluaciones sensoriales realizadas destacaron la armonía entre los perfiles de sabor y olor de ambas plantas, lo cual es un factor importante para la aceptación del producto por parte de los consumidores. La integración de los análisis químicos y sensoriales en el proceso de formulación del té asegura que el producto final no solo sea seguro para el consumo, sino también de alta calidad.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda optimizar el proceso de secado y triturado, para mejorar la calidad y la consistencia del té formulado con *Amaranthus hybridus* y *Lavándula angustifolia*.
- Realizar estudios adicionales para evaluar la estabilidad a largo plazo de las propiedades químicas y sensoriales del té, así como explorar las variaciones estacionales y geográficas en la composición de las plantas utilizadas.
- Se aconseja ampliar las pruebas sensoriales incluyendo un grupo más diverso de catadores y condiciones de consumo, esto ayudará a obtener una evaluación más comprensiva de las preferencias de los consumidores y a identificar posibles áreas de mejora en el perfil sensorial del té.
- Se recomienda velar por el cumplimiento de los estándares necesarios para la revisión de los metales pesados en los procesos de recolección de muestra,

dado que el primer grupo evaluado superó el límite máximo, esto se dio por el uso de papel aluminio de cocina para el traslado de la muestra.

- Realizar estudios de estabilidad a largo plazo para evaluar cómo las propiedades sensoriales y químicas del té se mantienen durante el almacenamiento, los cuales pueden ayudar a determinar la vida útil del producto y a identificar las mejores condiciones de almacenamiento para preservar la calidad del té.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ababneh, F. (2017). El contenido peligroso de cadmio, plomo y otros oligoelementos en algunas hierbas medicinales y sus infusiones acuosas. *Int J Anal Chem*, 19(1), 1-8. <https://doi.org/10.1155/2017/6971916>
- Aliaga, E., & Acevedo, J. (2018). Factores para el procesamiento de la manzanilla común en la industria peruana de infusiones. *Ingeniería Industrial*(36), 213-239. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2018.n036.2455>
- Álvarez, J. (2015). *Evolución de la contaminación de superficies durante los procesos productivos en pymes del sector cárnico*. Universidad La Rioja - Tesis Doctoral. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/46567.pdf&ved=2ahUKEwj9p-XSwqSGAxWwhlQIHWUaDjQQFnoECD0QAQ&usg=AOvVaw0S31E9bcKI-YPZ3ZF69041>
- Arabit, J., & Prendes, M. P. (2020). Metodologías y tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria : análisis de necesidades. *Pixel BIT*, 107-128.
- Batlle, T., Zaniolo, S., Leporati, J., Bochetto, A., Bombe, R., & Malka, M. (2018). INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE SECADO EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DE BOCADITOS SALADOS A BASE DE AMARANTO. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 9(1), 1-9. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6434223.pdf>
- Bayón, N. (2015). Revisión Taxonómica de las Especies Monoicas de *Amaranthus* (Amaranthaceae): *Amaranthus* subg. *Amaranthus* y *Amaranthus* subg. *Albersia*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 101(2), 261-383. <https://doi.org/10.3417/2010080>
- Beltrán, B. (2017). *Determinación de plomo en muestras ambientales y biológicas por espectrometría de fluorescencia atómica acoplada a la generación de hidruros-inyección en flujo*. Centro de Investigación en Materiales Avanzados.
- Beltrán, L., & Gómez, A. (2016). BIORREMEDIACIÓN DE METALES PESADOS CADMIO (Cd), CROMO (Cr) Y MERCURIO (Hg) MECANISMOS BIOQUÍMICOS E INGENIERÍA GENÉTICA: UNA REVISIÓN . *UNIVERSIDAD*

MILITAR NUEVA GRANADA, 12(2), 172-197.  
<https://doi.org/10.18359/rfcb.2027>

Chancay, L., Delgado, M., & Salas, C. (2022). Cadmio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y sus efectos ambientales. *La Técnica revista de agrociencia*, 1(3), 91-110. [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i0.4324](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4324)

Costa, G., González-Manzano, S., González-Paramás, A., Figueiredo, I. V., Santos-Buelga, C., & Batista, M. T. (2015). Heterodímeros de flavon en la fracción de taninos de infusión de *Cymbopogon citratus* y su contribución a la actividad antioxidante. *Comida y función*, 6(3), 932-937. <https://doi.org/10.1039/c5fo00042d>

Coyago, E., & Bonilla, S. (2016). ABSORCIÓN DE PLOMO DE SUELOS ALTAMENTE CONTAMINADOS EN ESPECIES VEGETATIVAS USADAS PARA CONSUMO ANIMAL Y HUMANO. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 23(1), 39-51. <https://www.redalyc.org/journal/4760/476051461004/html/>

Di Sacco, A., Way, M., Suárez, C., & León, P. (2018). *Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres*. Royal Botanic Gardens Kew. [https://www.researchgate.net/publication/336741959\\_Manual\\_de\\_recoleccion\\_procesamiento\\_y\\_almacenamiento\\_de\\_semillas\\_de\\_plantas\\_silvestres](https://www.researchgate.net/publication/336741959_Manual_de_recoleccion_procesamiento_y_almacenamiento_de_semillas_de_plantas_silvestres)

Elizarraraz, M., Ruiz, J. E., Mireles, A., & Hernandez-Ruiz, J. (2023). Áreas potenciales de distribución de *Amaranthus hybridus* en Guanajuato. *Revista de divulgación de la ciencia*, 23, 1-8. [https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion\\_6329ba4a963b4.pdf](https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_6329ba4a963b4.pdf)

Escolar, A. (2018). *Plomo, arsénico, cadmio y mercurio: efectos y estudios en Colombia*. Universidad de los Andes - Tesis de Grado. <http://hdl.handle.net/1992/38897>

Espín, M. (2016). Evaluación de los efectos de la contaminación ambiental, en la productividad de los cultivos agrícolas, en la parroquia de Tumbaco. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.1549>

- Gallegos, M., & Gallegos, D. (2017). Plantas medicinales utilizadas en el tratamiento de enfermedades de la piel en comunidades rurales de la provincia de Los Ríos Ecuador. *Anales de la Facultad de Medicina*, 78(3), 315-321. <https://doi.org/10.15381/anales.v78i3.13767>
- Gavilánez, G., Millán, J., Pulido, L., & Scott, H. (2021). Dolor abdominal agudo y obstrucción intestinal como presentación clínica de intoxicación por plomo: reporte de caso. *Educación e Investigación en Emergencias*, 4(1), 50-54. <https://doi.org/10.24875/REIE.21000087>
- Guerra, L. M. (2018). *Evaluación de plomo en bolsas filtrantes para infusión de manzanilla (Matricaria chamomilla L.)*. Universidad del Valle de Guatemala - Tesis de Grado. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/3385>
- Gutiérrez, H. (2014). *Calidad total y productividad* (cuarta edición ed.). México: McGraw-Hill.
- Guzman, I. (2019). *Métodos analíticos aplicados en la espectroscopía de absorción atómica*. Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. <http://hdl.handle.net/20.500.12249/2671>
- Hernández, J. (2023). Uso del amaranto y su utilidad en el tratamiento del paciente con diabetes mellitus. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 27(5), 1-15. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpr/v27n5/1561-3194-rpr-27-05-e5931.pdf>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Jiménez, E., & Ramos, B. (2019). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA FITORREMEDIADORA DE Lupinus pubescens, Plantago major y Scirpus californicus EN SUELOS CONTAMINADOS CON ARSÉNICO*. Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salenciana sede Quito.
- Lodoño, L., Lodoño, P., & Muñoz, F. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)

- Luis, G., Hernández, B., Peña, V., Nahúm, T., Espinoza, V., & Ramírez, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto. *Jornal of negative and no positive results*, 3(6), 423-436. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410>
- Mendoza, B., Torres, D., Merú, L., Gómez, C., Estanga, M., & García, Y. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *TecnoLógicas*, 24(51). <https://doi.org/10.22430/22565337.1738>
- Mihaljev, E., Zivkov-Balos, M., Cupic, Z., & Jaksic, S. (2014). Niveles de algunos microelementos y metales pesados esenciales en infusiones de hierbas en Serbia. *Pol Pharm*, 71(3), 385-391. [https://www.ptfarm.pl/pub/File/Acta\\_Poloniae/2014/3/385.pdf](https://www.ptfarm.pl/pub/File/Acta_Poloniae/2014/3/385.pdf)
- Nichols, Z., & Geddes, C. (2021). Sample Preparation and Diagnostic Methods for a Variety of Settings: A Comprehensive Review. *Molecules*, 26(18). <https://doi.org/10.3390/molecules26185666>
- Oliveira, L., Das, S., Da Silva, E., Gao, P., Gress, J., Liu, Y., & Ma, L. (2018). Concentraciones de metales en infusiones tradicionales y de hierbas y sus posibles riesgos para la salud humana. *Medio ambiente total de ciencia*, 633(1), 649-657. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.215>
- Ordoñez, E., Menacho, T., & Reategui, D. (2021). Cuantificación de minerales en plantas medicinales y sus infusiones, utilizando Espectroscopía de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). *Agroindustria Science*, 11(3), 313-322. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.03.09>
- Pimentel, D. (2018). *Handbook of pest management in agriculture*. CRC Press.
- Portugal, Ó., & Flores-Quispe, M. (2022). Concentraciones de arsénico, cadmio y plomo en bolsitas de té de infusión de hierbas comercializadas en Tacna, Perú. *Evaluación de Environ Monit*, 194(534). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10232-3>
- Pumayauli, G. (2017). *Estudio comparativo de metales arsénico, manganeso y plomo de bolsas filtrantes de te verde y te negro comercializados en mercados y*

*supermercados de Lima Metropolitana*. Universidad Inca Garcilaso de la Vega.  
<http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1563>

Ravanbakhsh, M., Mahernia, S., Bagherzadeh, K., Dadrass, O., & Amanlou, M. (2017). Determinación de metales pesados (Cadmio, plomo, cobre) en jarabes de hierbas mediante polarografía. *Revista de investigación química y farmacéutica*, 7(8), 28-31.  
[https://www.researchgate.net/publication/282292573\\_Determination\\_of\\_heavy\\_metals\\_Cadmium\\_lead\\_copper\\_in\\_herbal\\_syrups\\_by\\_polarography](https://www.researchgate.net/publication/282292573_Determination_of_heavy_metals_Cadmium_lead_copper_in_herbal_syrups_by_polarography)

Rodríguez, M. (2015). *Capacidad de depuración de sustancias bioaprovechables en arroyos de llanura y su relación con el arsénico*. Tesis Doctoral - Universidad de Buenos Aires.

Schulzki, G., Nüßlein, B., & Sievers, H. (2017). Tasas de transición de metales seleccionados determinados en varios tipos de té (Camellia sinensis L. Kuntze) e infusiones de hierbas y frutas. *Química Alimentaria*, 215(1), 22-30.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.093>

Severiano, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *UNAM*, 7(19), 47-68. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>

Thakur, M., Rachamalla, M., Niyogi, S., Datusalia, A., & Flora, S. (2021). Molecular Mechanism of Arsenic-Induced Neurotoxicity including Neuronal Dysfunctions. *International Journal Molecular Sciences*, 22(18), 1-25.  
<https://doi.org/10.3390/ijms221810077>

Zagała, G., Fabisiak, A., Bajcar, M., Czernicka, M., Saletnik, B., & Puchalski, C. (2016). Mineral components analysis of selected dried herbs. *ECONTECHMOD. AN INTERNATIONAL QUARTERLY JOURNAL*, 5(1), 127-132.  
<https://bibliotekanauki.pl/articles/411353.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Resultado de laboratorio



INFORME DE RESULTADOS No. 243-2024  
LABORATORIO CIENTÍFICO ECUADOR ECUSCIENCE S.A

Fecha:	Año:	2024	Mes:	05	Día:	30
Orden de Servicio			Nº. ECU.167-2024			

INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
Cliente:	Joshua Nathanael Bravo Neira
Dirección:	Milagro- Bolívar y Diego de Almagro 911
Teléfono:	0996775519
Contacto:	Joshua Nathanael Bravo Neira
Correo:	jbravon@unemi.edu.ec

INFORMACIÓN DEL ÍTEM DE ENSAYO	
Muestra:	ECU.M.343
Lote No (¹):	Té de Lavanda y Sangorache
Descripción:	100 g. Lavanda +100 g. Sangorache
Fecha de elaboración(¹):	no proporcionado
Procedencia (¹):	Cliente
Fecha de caducidad(¹):	no proporcionado
Cantidad:	2
Tipo de envase:	Frasco plástico

ANÁLISIS, RECEPCIÓN Y CONDICIONES AMBIENTALES	
Responsable del Muestreo:	Cliente
Fecha de recepción:	2024-05-22
Fecha de toma de muestra:	No proporcionada
Fecha de análisis:	2024-05-23 al 30
Temperatura:	17,5°C
Humedad Relativa:	52%

Parámetro	Método	Unidades	Resultado	U	Especificación*
Plomo	AOAC 999.11 Espectrofotometría de absorción atómica	mg/kg	ND	-	0,5
Arsénico	AOAC 964.16 Espectrofotometría de absorción atómica	mg/kg	ND	-	1,0

\* NTE INEN 2 392:2007  
ND: No detectado



FERNANDO  
MILAD DELGRO GUALPA  
UNANIMELLO

RESPONSABLE TÉCNICO  
Dr\_ MSc. Fernando Gualpa J.

#### Notas:

- Los resultados reportados corresponden únicamente a la muestra sometida al ensayo
- (¹) Información proporcionada por el cliente, ECUSCIENCE S.A. no se responsabiliza por esta información.
- Cuando el cliente toma la muestra, los resultados se aplican a las condiciones que estas fueron tomadas
- El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomada
- Los resultados del presente informe se aplican a las condiciones bajo las cuales las muestras fueron recibidas por el laboratorio
- Los ensayos fueron ejecutados en las instalaciones de ECUSCIENCE

Av. Juan Tanca Marengo Intersección: 2do PJ 32N Kilómetro: 4.5 Edificio:  
Centro Comercial Plaza SAI BABA Local 7. Teléfono: (04)6032555

Documento: ECU.FOR.22  
Versión No.: 02  
Fecha: 06 Feb 2023

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL  
Contacto: administracion@ecuscience.com  
www.ecuscience.com

Página 1 de 3

*Galería muestra recibida ECU.M.343*



Muestra de Té de Lavanda y Sangorache ECU.M.343

Fuente: Ecuscience S.A.



Homogenización de la muestra

Fuente: Ecuscience S.A.



Preparación de la muestra

Fuente: Ecuscience S.A.

Av. Juan Tanca Marengo Intersección: 2do PJ 32N Kilómetro: 4.5 Edificio:  
Centro Comercial Plaza SAI BABA Local 7. Teléfono: (04)6032555

Documento: ECU.FOR.22  
Versión No.: 02  
Fecha: 06 Feb 2023

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL  
Contacto: [administracion@ecuscience.com](mailto:administracion@ecuscience.com)  
[www.ecuscience.com](http://www.ecuscience.com)

Página 2 de 3



Extracto para lectura de metales en equipo de  
Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Fuente: Ecuscience S.A.

Av. Juan Tanca Marengo Intersección: 2do PJ 32N Kilómetro: 4.5 Edificio:  
Centro Comercial Plaza SAI BABA Local 7. Teléfono: (04)6032555

Documento: ECU.FOR.22  
Versión No.: 02  
Fecha: 06 Feb 2023

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL  
Contacto: [administracion@ecuscience.com](mailto:administracion@ecuscience.com)  
[www.ecuscience.com](http://www.ecuscience.com)

Página 3 de 3

# UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

*¡Evolución académica!*

@UNEMIEcuador

