



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“CINÉTICA DEL SECADO POR CONVECCIÓN DE LAS  
HOJAS DE GUAYUSA (*Ilex guayusa*)”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieras  
Agroindustriales

**Autoras:**

Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline

Licuy Grefa Mishy Nina

**Tutor:**

Rojas Molina Jaime Orlando

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline con cédula de ciudadanía No. 0504736638; y, Licuy Grefa Mishy Nina, con cédula de ciudadanía No. 2200285225; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “**CINÉTICA DE SECADO POR CONVECCIÓN DE LAS HOJAS DE GUAYUSA (*Ilex guayusa*)**”, siendo el Químico Mg. Rojas Molina Jaime Orlando, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 15 de agosto del 2024

Katherin Jacqueline Jaramillo Alvarez  
CC: 0504736638  
**ESTUDIANTE**

Mishy Nina Licuy Grefa  
CC: 2200285225  
**ESTUDIANTE**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **JARAMILLO ALVAREZ KATHERIN JACQUELINE**, identificada con cédula de ciudadanía **0504736638** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Cinética de secado por convección de la hoja de guayusa (*Ilex Guayusa*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico:**

Inicio de la carrera: octubre 2020 - marzo 2021

Finalización: abril 2024 – agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutora: Quim. Mg, Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: “Cinética de secado por convección de las hojas de guayusa (*Ilex Guayusa*)”.

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 15 días del mes de agosto del 2024.



Katherin Jacqueline Jaramillo Alvarez      Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema

**LA CEDENTE**

**LA CESIONARIA**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LICUY GREFA MISHY NINA**, identificada con cédula de ciudadanía **2200285225** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Cinética de secado por convección de las hojas de guayusa (*Ilex Guayusa*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

**Historial Académico:**

Inicio de la carrera: octubre\_2020-marzo\_2021

Finalización: abril 2024 – agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Quim. Mg, Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: “Cinética de secado por convección de las hojas de guayusa (*Ilex Guayusa*)”.

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 15 días del mes de agosto del 2024.



Mishy Nina Licuy Grefa  
**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“CINETICA DEL SECADO POR CONVECCION DE LAS HOJAS DE GUAYUSA (ILEX GUAYUSA)”**, de Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline y Licuy Grefa Mishy Nina, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 15 de agosto del 2024



Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

C.C: 0502645435

**DOCENTE TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

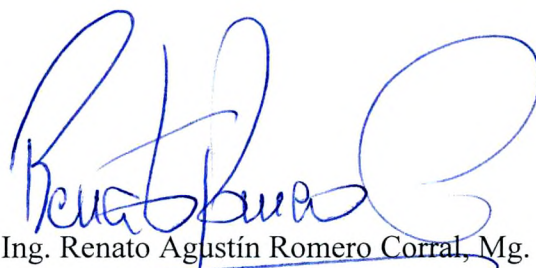
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline y Licuy Grefa Mishy Nina , con el título de Proyecto de Investigación: **“CINETICA DE SECADO POR CONVECCION DE LAS HOJAS DE GUAYUSA (ILEX GUAYUSA)”** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 15 de agosto del 2024



Ing. Franklin Antonio Molina Borja, Mg.  
C.C: 0501821433  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.  
C.C: 1717122483  
**LECTOR 2**



Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.  
C.C: 0502270937  
**LECTOR 3**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a mi madre, por todo el apoyo brindado durante toda mi trayectoria estudiantil, a mi esposo e hija que han sido el motivo principal de seguir adelante y en especial a mi abuelita que gracias a los consejos y enseñanzas he logrado cumplir mi sueño, gracias a mis compañeros que en el transcurso de estos años ha llegado a ser mi segunda familia con los cuales he compartido experiencias dentro y fuera de la Universidad, a todos y cada uno de los docentes de la carrera de Agroindustria por compartir sus conocimientos que gracias a ellos se pueden cumplir nuestros propósitos como personas y profesionales, a mi docente tutor Quim. Orlando Rojas Molina por guiarme y enseñarme en este trabajo de investigación.*

***Katherin Jacqueline Jaramillo Alvarez***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por darme la oportunidad de alcanzar todos mis sueños y ayudarme a superar los desafíos.*

*A mi padre y madre, como no también a mis hermanos quienes con su apoyo y amor incondicional me han permitido salir adelante, especial a mis padres por ser mis principales promotores, guiarme por este largo camino de estudio y por ser mi ejemplo a seguir.*

*A toda mi familia por el apoyo continuo a lo largo de mi carrera académica.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la oportunidad de recibir una excelente educación, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, y en especial a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Agradezco a mis docentes por compartir sus conocimientos, y en especial a mi tutor, el Químico Orlando Rojas quien fue mi guía en la elaboración del proyecto de investigación.*

***Mishy Nina Licuy Grefu***

## **DEDICATORIA**

*Primero a Dios y a la Virgencita por darme salud y vida para seguir cumpliendo con mis objetivos, por darme la fuerza y la capacidad moral de seguir intentándolo ante las dificultades que han aparecido en el transcurso de mi trayectoria académica. Dedico mi trabajo de tesis a toda mi familia, en especial a mi Madre que gracias a ella hoy en día puedo demostrarle que todo el esfuerzo que me brinda se convierte en la mejor recompensa que puede tener, a mi Abuelita Betsabé, a mi hija Eliana y a mi esposo Cristian que siempre me han apoyado y han sido el motivo por el cual he seguido adelante.*

***Katherin Jacqueline Jaramillo Alvarez***

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo de mi vida profesional principalmente a Dios, por ser mi guía y mi fuente inagotable de fuerza y sabiduría.*

*A mis padres Gerónimo y Fabiola, cuyos sacrificios, amor incondicional y enseñanzas han sido el pilar fundamental de mi vida, quiénes estuvieron a mi lado apoyándome incondicionalmente y creyendo en mí. Este triunfo se los dedico a ustedes gracias por ser el mejor ejemplo de superación.*

*A mis hermanos y hermana por siempre apoyarme e incentivar me en todo momento.*

*A mis familiares por ser un apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria y mi vida, también a mis amigos, por ser mi segunda familia, por las risas compartidas y por estar a mi lado en cada etapa de esta aventura.*

*A mis abuelos, por su apoyo y deseo de verme superar que siempre estuvieron para mí con una oración deseándome lo mejor para mi vida personal y profesional.*

**Mishy Nina Licuy Grefa**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**TÍTULO: “CINÉTICA DE SECADO POR CONVECCIÓN DE LAS HOJAS DE GUAYUSA (*Ilex guayusa*)”.**

**AUTORAS:**

Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline

Licuy Grefa Mishy Nina

**RESUMEN**

La guayusa (*Ilex Guayusa*), es una planta nativa de la Amazonia ecuatoriana, la cual contiene metabolitos secundarios, proporciona una equilibrada sensación de energía debido a la presencia de cafeína y teobromina. El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar la cinética del secado por convección de las hojas de guayusa. Para lo cual se realizó un tamizaje fitoquímico de los extractos etéreo, etanólico y acuoso de las hojas, donde se detectaron la presencia de alcaloides, compuestos fenólicos, flavonoides y catequinas. Del proceso de secado se estableció el modelo cinético, donde se realizó una regresión lineal entre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante el cual presentó datos en función al tiempo de secado por convección, empleando el  $R^2$  de la regresión lineal seleccionando los pseudo-órdenes de reacción y las constantes de velocidad. Al final del proceso de secado de los tres tratamientos de hojas de guayusa, se evaluó el contenido de polifenoles de (180,23 mg/g a 139,23 mg/g a t 60 °C), la capacidad antioxidante (0.5846  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ , a t 80 °C), contenido de cafeína en muestras húmedas (3,11 % a 80 °C), en muestras secas ( 3,53 % a 70 °C) y teobromina en muestras húmedas (0,05 a 60 °C) y en muestras secas (0,05 a 80 °C) evidenciando de este modo que no existe diferencia en contenido de teobromina en los tratamiento T1 y T3. Con los datos finales se realizó un análisis de varianza (ANOVA) donde se pudo comparar las medias de los tres tratamientos, en donde la humedad se presenta en muestra húmeda (53,3% a 80 °C) y en muestra seca (3,19 % a 80 °C). De este modo para preservar estos compuestos se recomienda llevar a cabo un proceso de secado de las hojas de guayusa a temperaturas más bajas, de preferencia a 60°C.

**Palabras claves:** Antioxidantes, degradación, cafeína, polifenoles, teobromina.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL**  
**RESOURCES**

**Title:** 'Kinetics of drying by convection of guayusa leaves (*Ilex Guayusa*)'.

**Authors:**

Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline

Licuy Grefa Mishy Nina

**ABSTRACT**

Guayusa (*Ilex Guayusa*), a plant native to the Ecuadorian Amazon, contains secondary metabolites and provides a balanced energy sensation due to caffeine and theobromine. This research project aimed to evaluate the kinetics of convection drying of guayusa leaves. For this purpose, a phytochemical screening of the ethereal, ethanolic, and aqueous extracts of the leaves was carried out, where the presence of alkaloids, phenolic compounds, flavonoids, and catechins was detected. A kinetic model of the drying process was established, where a linear regression was performed between polyphenol content and antioxidant capacity, which presented data as a function of convection drying time, using the R<sup>2</sup> of the linear regression, selecting the pseudo-orders of reaction and the rate constants. At the end of the drying process of the three guayusa leaves treatments, the polyphenol content was evaluated from (180.23 mg/g to 139.23 mg/g at t 60 °C), the antioxidant capacity (0.5846 μmol Fe<sup>2+</sup>/g, at t 80 °C), caffeine content in wet samples (3.11 % at 80 °C), in dry samples (3.53 % at 70 °C) and theobromine in wet samples (0.05 at 60 °C) and in dry samples (0.05 at 80 °C), thus showing that there is no difference in theobromine content in the T1 and T3 treatments. With the final data, an analysis of variance (ANOVA) was carried out to compare the means of the three treatments, where moisture is present in the wet sample (53.3% at 80 °C) and in the dry sample (3.19% at 80 °C). Thus, to preserve these compounds, it is recommended that the guayusa leaves be dried at lower temperatures, preferably at 60°C.

**Keywords:** Antioxidants, Degradation, Caffeine, Polyphenols, Theobromine.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA .....	xi
DEDICATORIA .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	2
1.1. Título de investigación.....	2
1.2. Fecha de inicio .....	2
1.3. Fecha de finalización.....	2
1.4. Lugar de ejecución .....	2
1.5. Institución.....	2
1.6. Facultad .....	2
1.7. Carrera que auspicia.....	2
1.8. Nombres de equipo de investigación .....	2
1.9. Área de conocimiento .....	2
1.10. Línea de investigación.....	2
2. DISEÑO DEL PROYECTO.....	3

2.1. Planteamiento del problema .....	3
2.2. Marco contextual.....	4
2.3. Formulación del problema .....	5
2.3.1. Justificación del proyecto.....	5
2.4. Objetivos .....	6
2.4.1. Objetivo general:.....	6
2.4.2. Objetivos específicos: .....	6
2.5. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados...	7
2.6. FUNDAMENTACIÓN TEORICA.....	8
2.6.1. Marco teórico .....	8
2.6.2. Marco conceptual .....	18
2.7. Metodología del proyecto de investigación .....	19
2.7.1. Tipos de investigación.....	19
2.7.1.3. Investigación cuantitativa.....	20
2.7.2. Técnicas de la investigación.....	21
2.7.3. Materiales y equipos: .....	22
2.7.4. Descripción del procedimiento .....	23
2.7.5. Identificar metabolitos secundarios de las hojas de guayusa mediante la metodología de tamizaje fitoquímico. ....	28
2.7.6. Evaluar el efecto de la temperatura del secado por convección de las hojas de guayusa en el contenido de cafeína, teobromina, polifenoles y capacidad antioxidante (FRAP). ....	32
2.7.7. Establecer los modelos cinéticos del secado por convección de las hojas de guayusa. ....	34
2.7.8. Diagrama de flujo.....	35
2.8. Hipótesis.....	36
2.8.1. Hipótesis nula.....	36
2.8.2. Hipótesis alternativa.....	36
2.9. Diseño experimental.....	36
2.9.1. Factores de estudio.....	36
2.10. Análisis y discusión de resultados.....	37

2.10.1.	Identificación de metabolitos secundarios de las hojas de guayusa mediante la metodología de tamizaje fitoquímico. ....	37
2.10.2.	Evaluar el efecto de la temperatura del secado por convección de las hojas de guayusa en el contenido de cafeína, polifenoles, humedad y capacidad antioxidante (FRAP). ....	40
2.10.3.	Establecer los modelos cinéticos del secado por convección de las hojas de guayusa. ....	42
3.	IMPACTOS DEL PROYECTO .....	51
3.1.	Técnicos .....	51
3.2.	Sociales .....	51
3.3.	Económicos .....	52
3.4.	Ambientales.....	52
4.	RECURSOS Y PRESUPUESTO .....	53
5.	CONCLUSIONES .....	55
6.	RECOMENDACIONES .....	57
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	58
8.	ANEXOS.....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.</i>	7
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación taxonómica de la guayusa (Ilex guayusa)</i>	9
<b>Tabla 3</b> <i>Composición química de la guayusa</i>	10
<b>Tabla 4</b> <i>Valor nutricional de la Guayusa (100g)</i>	11
<b>Tabla 5</b> <i>Uso de las hojas de la guayusa en la industria</i>	12
<b>Tabla 7</b> <i>Referencia de los métodos de los análisis de cafeína y teobromina por parte del INIAP</i>	32
<b>Tabla 8</b> <i>Factores de estudio para la cinética de secado de guayusa</i>	36
<b>Tabla 9</b> <i>Resultado del tamizaje fitoquímico de los extractos etéreo, etanólico y acuoso de las hojas de guayusa.</i>	37
<b>Tabla 10</b> <i>Caracterización de la teobromina y cafeína</i>	41
<b>Tabla 11</b> <i>Valores del índice del contenido de polifenoles</i>	42
<b>Tabla 12</b> <i>Comportamiento del índice de la capacidad antioxidante de los tratamientos T1 60°C, T2 70°C, T3 80°C</i>	44
<b>Tabla 13</b> <i>Degradación de polifenoles (CP) en mg/g a diferentes temperaturas (60 °C, 70 °C, 80 °C) durante tratamientos térmicos</i>	47
<b>Tabla 14</b> <i>Degradación de polifenoles (CA) en mg/g a diferentes temperaturas (60°C, 70°C, 80°C) durante tratamientos térmicos</i>	48
<b>Tabla 15</b> <i>Velocidad de reacción de los polifenoles y la capacidad antioxidante de las hojas de guayusa</i>	48
<b>Tabla 16</b> <i>Resultados finales del tratamiento de secado por convección.</i>	49
<b>Tabla 17</b> <i>Análisis de varianza de los tratamientos de secado por convección en función de los parámetros físicos y químicos.</i>	50
<b>Tabla 18</b> <i>Prueba de Tukey al 5 % para la capacidad antioxidante, contenido de polifenoles, humedad, teobromina y cafeína.</i>	50
<b>Tabla 19</b> <i>Presupuesto de la investigación</i>	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Provincias del Ecuador en las que se cultiva la guayusa .....	8
<i>Figura 2</i> Comportamiento del índice de polifenoles de los tratamientos t1 60 °C, t2 70°C, t3 80°C.....	43
<i>Figura 3</i> Comportamiento del índice de antioxidantes de los tratamientos t1 60°C, t2 70°C, t3 80°C.....	46

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1</i> Recolección de la hoja de guayusa .....	24
<i>Imagen 2</i> Selección de la hoja de guayusa.....	25
<i>Imagen 3</i> Desinfección de la hoja de guayusa .....	26
<i>Imagen 4</i> Secado de la hoja de guayusa .....	26
<i>Imagen 5</i> Obtención de la droga.....	27
<i>Imagen 6</i> Diluciones de la droga para sus posteriores análisis .....	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1</i> Datos informativos del docente tutor .....	68
<i>Anexo 2</i> Datos informativos de la estudiante Jaramillo Ketherin .....	69
<i>Anexo 3</i> Datos informativos de la estudiante Licuy Mishy .....	70
<i>Anexo 4</i> Análisis de Alcaloides.....	71
<i>Anexo 5</i> Análisis Fitoquímico.....	72
<i>Anexo 6</i> Recolección de la hoja de guayusa .....	73
<i>Anexo 7</i> Selección de la hoja de guayusa.....	73
<i>Anexo 8</i> Desinfección de la hoja de guayusa .....	74
<i>Anexo 9</i> Secado de la hoja de guayusa .....	74
<i>Anexo 10</i> Hojas secas de la Guayusa.....	75
<i>Anexo 11</i> Obtención de la droga.....	75
<i>Anexo 12</i> Diluciones de la droga para sus posteriores análisis .....	76
<i>Anexo 13</i> Análisis de polifenoles.....	76

## INTRODUCCIÓN

La guayusa (*Ilex guayusa*) es una especie vegetal que se distribuye en la región amazónica ecuatoriana y pertenece al género *Ilex*, el cual es el único género viviente de las 600 especies de la familia Aquifoliaceae (Chillerón, 2020). Está restringida al territorio amazónico de tres países: sur de Colombia, norte de Perú y, principalmente Ecuador.

La región Amazónica del Ecuador se caracteriza por su biodiversidad en múltiples dimensiones, incluyendo ecosistemas, especies, variabilidad genética y diversidad cultural. Este entorno ha sido tradicionalmente aprovechado por las comunidades locales, que han integrado sus recursos naturales en prácticas rituales y medicinales debido a sus propiedades estimulantes y curativas (Cadena et al., 2019). Entre las especies vegetales de interés en esta región se encuentra *Ilex guayusa*, una planta del género *Ilex* que ha captado atención tanto por su uso tradicional como por sus potenciales aplicaciones modernas. *Ilex guayusa* crece en una amplia gama altitudinal, desde los 0 hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar. Esta planta puede alcanzar alturas de hasta 10 metros y desarrollar diámetros de 50 a 80 cm a nivel del pecho. Su relevancia en la cultura local y su potencial en la industria de bebidas energéticas y en suplementos nutricionales son áreas de creciente interés, respaldadas por estudios recientes que exploran su composición química y beneficios potenciales para la salud (Montaño et al., 2019).

En las hojas de Guayusa se han identificado muchos compuestos fenólicos, como los ácidos clorogénicos y la quercetina, y alcaloides, como la cafeína y la teobromina. Juntos, se sabe que estos metabolitos proporcionan cantidades adecuadas de actividad antioxidante, antiinflamatoria y estimulante (Paladines, et al., 2021).

El método de secado por convección es uno de los métodos de deshidratación más usados en la industria y, de entre los diferentes fluidos utilizados, uno uso común es aire caliente, cuyas propiedades termodinámicas no deben ser tan elevadas, como es, su temperatura y velocidad, con el fin de evitar el deterioro de la materia prima durante el proceso de secado (Ocaña & Ortiz, 2021).

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **1.1. Título de investigación**

Cinética de secado por convección de la hoja de guayusa (*Ilex Guayusa*).

### **1.2. Fecha de inicio**

Abril 2024

### **1.3. Fecha de finalización**

Agosto 2024

### **1.4. Lugar de ejecución**

Provincia: Cotopaxi – Zona:3

Cantón: Latacunga

Parroquia: Salache Bajo

Barrio: Eloy Alfaro

### **1.5. Institución**

Universidad Técnica de Cotopaxi

### **1.6. Facultad**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

### **1.7. Carrera que auspicia**

Ingeniería Agroindustrial

### **1.8. Nombres de equipo de investigación**

#### **Tutor de investigación**

- Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

#### **Estudiantes:**

- Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline

- Licuy Grefa Mishy Nina

### **1.9. Área de conocimiento**

**Área:** Ingeniería, industria y construcción.

**Sub – área:** Industria y producción.

### **1.10. Línea de investigación**

**Línea:** Desarrollo y seguridad alimentaria.

**Sub - línea:** Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales.

## **2. DISEÑO DEL PROYECTO**

### **2.1. Planteamiento del problema**

A nivel mundial, existe una creciente demanda por productos naturales y funcionales, lo que ha incrementado el interés por la guayusa debido a sus antioxidantes y polifenoles (Salazar, et al., 2022). Sin embargo, la industria de la guayusa se enfrenta a dificultades significativas para competir en el mercado internacional. La falta de un proceso de secado estandarizado y eficiente afecta la calidad, así como su consistencia, lo cual limita su competitividad frente a otros productos similares. Esta situación pone en riesgo la expansión del mercado de guayusa y la capacidad de los productores para acceder a nuevos nichos, reduciendo el potencial de crecimiento económico y de exportación (Aguirre, 2021).

La falta de un modelo cinético de secado bien definido para la guayusa crea ineficiencias en los procesos productivos. Esto se traduce en un uso subóptimo de recursos energéticos y en costos elevados de producción (Silva, et al., 2022). La variabilidad en las condiciones de secado puede llevar a inconsistencias en la calidad del producto, como variaciones en el contenido de humedad, degradación de compuestos bioactivos y pérdida de características sensoriales (Mena, et al., 2016). Estas inconsistencias no solo afectan la estandarización y escalabilidad del proceso, sino que también pueden dar lugar a productos que no cumplen con los estándares de calidad esperados por los consumidores y regulaciones internacionales.

Los productores de guayusa enfrentan problemas específicos relacionados con la calidad del producto final. La falta de control preciso sobre el proceso de secado puede resultar en productos con niveles de humedad elevados, lo que aumenta el riesgo de contaminación microbiana y afecta la seguridad del producto (Proaño & Vélez, 2021). Además, la degradación de compuestos bioactivos durante el secado puede disminuir el valor nutricional y funcional de la guayusa, afectando su atractivo para los consumidores. La ausencia de un proceso de secado optimizado también implica una mayor incertidumbre para los pequeños productores, que pueden enfrentar pérdidas económicas debido a productos de calidad inferior y a la incapacidad de satisfacer las expectativas del mercado.

La problemática se presenta en diferentes niveles: a nivel macro, afecta la competitividad y expansión del mercado de guayusa; a nivel meso, genera ineficiencias y costos en la industria; y a nivel micro, impacta directamente a los productores y la calidad del producto final. El presente proyecto de investigación tiene la finalidad de evaluar la cinética de secado por convección de las hojas de guayusa (*Ilex Guayusa*), para determinar las condiciones óptimas de temperatura, velocidad del aire y tiempo de secado que maximicen la conservación de compuestos bioactivos y las propiedades sensoriales.

## **2.2. Marco contextual**

Manzano, et al., (2018) analizaron cómo el secado al aire (AD), en horno de convección (CO) y el secado solar (SOD) afectan las propiedades físicas y químicas de las hojas de *Ilex guayusa*. Evaluaron las cenizas: totales, insolubles en ácido, solubles en agua, humedad residual y contenido de cafeína. También investigaron la presencia de alcaloides, flavonoides, azúcares reductores, saponinas, esteroides, quinonas, grasas, fenoles y taninos en los extractos de hojas secas. Los resultados mostraron que las técnicas de secado no afectaron los parámetros físicos. Los extractos etanólicos y acuosos contenían la mayor cantidad de metabolitos secundarios. Las hojas secadas en horno de convección presentaron el mayor contenido de cafeína (3,71 %) y el menor tiempo de secado (13 h). En general, el secado en horno de convección demostró ser un método rápido que no altera los componentes bioactivos beneficiosos para la salud.

Castillo y su grupo de investigación (2019) analizaron las características de muestras de hojas de orégano, que inicialmente tenían un contenido de humedad del 80 % y finalmente del 9 %. Realizaron estudios de cinéticas de secado utilizando un secador tipo gabinete con y sin convección forzada, secado al aire libre y tecnologías de secado solar indirecto. Los modelos de Weibull, Logarítmico y Page mostraron el mejor ajuste con los resultados experimentales de las tecnologías indirectas, con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de 0,9969, 0,9968 y 0,9945, y valores de  $X^2$  de 0,0363, 0,0363 y 0,0599, respectivamente. Los resultados sugieren que el secado solar indirecto permite un mejor control de las condiciones operativas y ofrece mayor protección contra los efectos de la temperatura, lo que resulta en

una mejor calidad del producto seco. El tiempo necesario para alcanzar el contenido de humedad de equilibrio en todos los experimentos varió entre 375 y 600 minutos. Angeles y Rangel (2019) en su estudio experimental de la cinética del secado convectivo de hojas de *Minthostachys mollis* (muña) utilizando un secador de bandejas a temperaturas de 40 °C, 50 °C y 60 °C y velocidades del aire de 1 m/s y 2 m/s. Los resultados mostraron que el proceso de secado consta de tres etapas: inducción, velocidad constante y velocidad decreciente, siendo esta última la más prolongada. Se observó que la velocidad de secado aumenta con la temperatura y la velocidad del aire. La difusividad efectiva variaba de  $2.41 \times 10^{-9}$  a  $2.93 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s a 1 m/s, y de  $2.75 \times 10^{-9}$  a  $3.38 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s a 2 m/s. Esta difusividad sigue el modelo de Arrhenius, con una energía de activación de 14.70 kJ/mol a 1 m/s y de 14.07 kJ/mol a 2 m/s en el rango de temperaturas estudiado.

### **2.3. Formulación del problema**

¿De qué manera influye las variaciones de tiempo y temperatura de secado por convección de la hoja de guayusa en el contenido de cafeína, polifenoles, humedad u capacidad antioxidante y cuáles son los modelos cinéticos que mejor describen este proceso?

#### **2.3.1. Justificación del proyecto**

La producción de alimentos a nivel mundial es fundamental para determinar la calidad de vida de la población de un país, ya que garantiza la seguridad alimentaria, promueve la salud y contribuye al desarrollo económico (Salazar, Portugal, & Fierro, 2022). El Ecuador tiene abundancia de recursos naturales a pesar de enfrentar desafíos como el cambio climático y la necesidad de infraestructura mejorada; lo cual es una ventaja estratégica que puede ser aprovechada para mejorar la calidad de vida de su población.

La guayusa (*Ilex guayusa*) es una especie vegetal nativa que se distribuye en la región amazónica ecuatoriana es reconocida por sus compuestos bioactivos los cuales son beneficiosos para la salud del consumidor (Cadena, et al., 2019). Su creciente demanda en mercados internacionales ha incrementado la necesidad de optimizar procesos de producción. La investigación en la cinética de secado

permitirá mejorar la calidad del producto final, haciendo que sea más competitivo y atractivo en el mercado global.

El secado es un proceso de gran importancia en la producción de alimentos debido a que reduce el contenido de humedad hasta un nivel que impida el crecimiento de microorganismos, y evitar las reacciones asociadas al deterioro. El secado por convección es uno de los métodos de deshidratación más usados en la industria, generalmente usa el aire caliente, cuyas propiedades termodinámicas no deben ser tan elevadas, como es, su temperatura y velocidad, con el fin de evitar el deterioro de la fruta durante el proceso de secado

La Agroindustria busca nuevas tecnologías y procedimientos con los que se pueda reducir costos de producción y productos innovadores; la investigación de la cinética de secado de la guayusa mejorar la eficiencia del proceso de secado, preservando sus compuestos bioactivos, aumentara su valor comercial, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y económica de las comunidades productora. Además, proporcionará datos valiosos aplicables a otras plantas, esto puede abrir nuevas líneas de investigación y desarrollo en tecnología de alimentos, fomentando la innovación y mejorando las técnicas de procesamiento de productos naturales.

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivo general:**

- Evaluar la cinética de secado por convección de las hojas de guayusa (*Ilex Guayusa*).

### **2.4.2. Objetivos específicos:**

- Identificar metabolitos secundarios de las hojas de guayusa mediante la metodología de tamizaje fitoquímico.
- Evaluar el efecto de la temperatura del secado por convección de las hojas de guayusa en el contenido de cafeína, polifenoles, humedad y capacidad antioxidante (FRAP).
- Establecer los modelos cinéticos del secado por convección de las hojas de guayusa.

## 2.5. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

**Tabla 1**

*Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.*

<b>Objetivos</b>	<b>Actividad (Tareas)</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
<b>Objetivo 1</b>			
Identificar metabolitos secundarios de las hojas de guayusa mediante la metodología de tamizaje fitoquímico.	<i>Recolección, selección, limpieza, secado de las hojas. Obtención de la droga. Preparación de los extractos Análisis de laboratorio</i>	<i>Tamizaje fitoquímico Ensayos para identificar metabolitos secundarios</i>	<i>Identificación de metabolitos secundarios Tabla 9</i>
<b>Objetivo 2</b>			
Evaluar el efecto de la temperatura del secado por convección de las hojas de guayusa en el contenido de cafeína, polifenoles, humedad y capacidad antioxidante (FRAP).	<i>Llevar a cabo los ensayos de laboratorio para determinar el contenido de cafeína, polifenoles, humedad y capacidad antioxidante</i>	<i>Secado por convección Análisis del contenido de humedad, cafeína, polifenoles y la capacidad antioxidante</i>	<i>Relación temperatura – humedad Contenido de cafeína y polifenoles Capacidad antioxidante Tabla 10,11,12</i>
<b>Objetivo 3</b>			
Establecer los modelos cinéticos del secado por convección de las hojas de guayusa	<i>Determinación experimental. Introducir los valores obtenidos en el programa Design Expert. Efectuar el ensayo experimental con las condiciones optimizadas del secado.</i>	<i>Análisis de datos y ajuste del diseño experimental</i>	<i>Curvas de secado, modelos cinéticos de secado ajustados, optimización del proceso Tablas 13,14,15</i>

**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

## 2.6. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

### 2.6.1. Marco teórico

#### 2.6.1.1. *Guayusa (Ilex guayusa)*.

La guayusa es una planta originaria de la Amazonía, usada por las culturas indígenas ancestrales en forma de infusión por sus propiedades estimulantes y curativas, atribuibles a sus ingredientes bioactivos (Alvarado & Paredes, 2021).

En Ecuador, la guayusa se cultiva principalmente en las provincias de Napo, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, aunque también se encuentra en ciertas áreas subtropicales de la región andina (Macas, 2021).

#### Figura 1

*Provincias del Ecuador en las que se cultiva la guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

Crece en climas donde las temperaturas oscilan entre 26 y 28°C. Además, esta planta es capaz de tolerar precipitaciones anuales que varían entre 1000 y 3000 mm, lo que la hace adecuada para regiones con climas húmedos y lluviosos (Álvarez & Luna, 2020). Su capacidad de adaptarse a estas condiciones ambientales la

convierte en una especie ideal para el cultivo en diversas zonas tropicales y subtropicales. Se propaga a través de estacas leñosas que son sacadas de una planta madura (mayor a 4 años).

### 2.6.1.2. Botánica de la planta

La guayusa es un árbol ramificado que alcanza entre 10 y 25 m de altura, su tronco es degado y flexible con una corteza blanca y lisa (Álvarez & Luna, 2020). Sus hojas son alternas, coriáceas, de forma oblonga elíptica, con una longitud de 9.5 a 17 cm y un ancho de 3.8 a 7 cm; con un ápice acuminado y una base aguda, con márgenes simples o ligeramente dentados. Ambas superficies de las hojas son glabras y presentan un pecíolo corto de aproximadamente 1 cm de largo, con estípulas conspicuas.

Las inflorescencias se encuentran en las axilas de las hojas y son fasciculadas son de color blanco unisexuales, presentan un cáliz persistente con 4 a 5 lóbulos y una corola con pétalos obtusos. Los estambres son en número igual al de los pétalos, con anteras oblongas. El ovario es súpero y subgloboso, generalmente compuesto de 4 a 6 celdas, con un estigma sécil y capitado. (Naranjo & Tapia, 2019). Su fruto es una baya globosa de casi 1 cm de ancho de una tonalidad verde.

### 2.6.1.3. Clasificación taxonómica

**Tabla 2**

*Clasificación taxonómica de la guayusa (Ilex guayusa)*

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta (plantas con flor)</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Magnoliidae</i>
Orden	<i>Alquifoliales</i>
Familia	<i>Aquifoliacea</i>
Género	<i>Ilex</i>
Especie	<i>Guayusa</i>
Nombre científico	<i>Ilex guayusa</i>
Nombre común	<i>Guayusa, aguaysa, guayupa, guañusa, huayusa, wais, wayus, weisa</i>

**Fuente:** (Idrovo, 2022) ; **Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

#### 2.6.1.4. Composición química de la guayusa

La combinación de los compuestos químicos hace que la guayusa sea altamente valorada por sus efectos estimulantes además que ofrece una fuente natural de energía, Conjuntamente apoyan el bienestar general y la salud a largo plazo.

**Tabla 3**

*Composición química de la guayusa*

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
Alcaloides/Metilxantinas: - Cafeína - Teobromina - Teofilina	Se consideran alcaloides a algunas xantinas, aminas y estructuras donde el átomo de nitrógeno no es básico debido a su inclusión en un sistema heterocíclico. La cafeína pertenece a la familia de las metilxantinas, que también incluye la teofilina y la teobromina, compuestos con estructuras químicas similares.
Triterpenos derivados del Ácido clorogénico (5-cafeoilquinico) o cafeoilquinato	Es el derivado más importante del ácido cinámico presente en frutos, siendo a veces el compuesto fenólico simple predominante. Presenta una alta capacidad antioxidante gracias a su estructura fenólica.
Riboflavina	Es usado en dos coenzimas, flavina mono nucleótido (FMN) y flavina adenina dinucleótido (FAD), que participan ambas en reacciones de óxido reducción de la respiración celular y la fosforilación oxidativa. Estas dos enzimas también intervienen en el metabolismo de la piridoxina (vitamina B6).
Piridoxina	La piridoxina es la forma de éster de fosfato (en fosfato de piridoxal) funciona como coenzima en casi todas las reacciones involucradas en la degradación no oxidativa de los aminoácidos, por lo cual la piridoxina juega un papel vital en el metabolismo proteínico.
Ácido Nicotínico	La vitamina B3 (Ácido Nicotínico) es esencial en el metabolismo intermediario de todos los nutrientes.
Ácido Ascórbico	La vitamina C es un antioxidante hidrosoluble con un alto poder reductor; actúa como cofactor de numerosas enzimas implicadas en la biosíntesis de colágeno, carnitina y algunos neurotransmisores y puede "atrapar" una gran variedad de especies reactivas del oxígeno y del nitrógeno en medios acuosos.
Colina	Estimula el desarrollo mental y las funciones cerebrales. Es responsable de la formación de la acetilcolina, uno de los principales neurotransmisores del cerebro, involucrados en procesos de aprendizaje y memoria.

Antioxidantes	Eliminan los radicales libres, causantes de varias enfermedades degenerativas.
Vitaminas y aminoácidos	Calcio, Zinc, Magnesio, Vitaminas D y C.
Otros	Fenoles, Taninos, Carotenoides, Azúcares reductores, Terpenos, Flavonoides, Esteroides, Quinonas, Fitocomplejos, etc.

**Fuente:** (Calva, 2023)

La guayusa es rica en diversos compuestos bioactivos, como la cafeína que actúa como estimulante natural para mejorar la concentración y la memoria, mientras que la teanina ayuda a disminuir la ansiedad y mejorar el estado de ánimo estos mejoran el rendimiento cognitivo y reducen el estrés. Además, contiene polifenoles con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas, que pueden prevenir enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. Entre sus alcaloides, como la hipericina y la quercetina, destacan sus efectos antiinflamatorios y antioxidantes. La guayusa también es rica en vitaminas del grupo B, calcio, magnesio, hierro y zinc, y proporciona aminoácidos esenciales como la lisina, treonina y metionina (Duarte, 2020).

#### **Tabla 4**

*Valor nutricional de la Guayusa (100g)*

<b>Descripción</b>	<b>Valor nutricional</b>
Energía	1332 Kj/kcal
Proteína	15,1g
Hidratos de carbono	64,8g
Azúcares	5,2g
Grasas	7,8g
Fibra	35,8g
Sal	0,009g

**Fuente:** (Cañar, 2023)

### 2.6.1.5. Usos industriales

**Tabla 5**

*Uso de las hojas de la guayusa en la industria*

<b>Industria</b>	<b>Descripción</b>
Alimentaria	Preparación de bebidas energizantes y suplementos dietéticos debido a su alto contenido de cafeína. También se utiliza para dar sabor y aroma a diferentes productos alimenticios como pasteles, golosinas, etc.
Farmacéutica	Tratar trastornos del sueño, dolores de cabeza y otros problemas relacionados con la cafeína.
Cosmética y perfumería	Producción de productos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, para dar aroma fresco y suave a los productos.
Textil	Uso de las fibras de la guayusa para fabricar ropa y telas, debido a su resistencia y durabilidad.
Turismo	Tours para conocer su cultivo y su proceso de elaboración.

**Fuente:** (Jaguaco & Mena, 2023); **Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

### 2.6.1.6. Metabolitos secundarios

#### 2.6.1.6.1. Catequinas

Tienen un papel fundamental en el desarrollo y la interacción de las plantas con su entorno al igual que otros organismos. Estas moléculas no solo participan en la regulación del crecimiento vegetal, sino que también actúan como agentes de defensa contra patógenos y herbívoros. Posee potentes propiedades antioxidantes, que ayudan a proteger las células vegetales del daño oxidativo causado por los radicales libres (Pérez, y otros, 2020)

#### 2.6.1.6.2. Resinas

Las sustancias en cuestión son compuestos complejos que se caracterizan por su estabilidad química e inercia. Su estructura suele ser amorfa, en lugar de cristalina, y forman una secreción densa y viscosa que es difícil de modificar mediante ácidos o bases. Estas sustancias no se disuelven en agua ni en líquidos inorgánicos, pero muestran solubilidad en solventes orgánicos (Tech, 2021).

#### 2.6.1.6.3. Saponinas

Son compuestos naturales que se encuentran en una variedad de plantas y se caracterizan por su estructura química que incluye un aglicón (generalmente

esteroidal o triterpénico) unido a uno o más azúcares. Estas sustancias tienen la capacidad de formar espumas en contacto con el agua debido a su naturaleza anfipática, lo que significa que tienen una parte hidrofílica y una parte hidrofóbica en su estructura. Además de su propiedad espumante, las saponinas poseen una amplia gama de actividades biológicas, incluyendo efectos antimicrobianos, antioxidantes, antiinflamatorios y hemolíticos (Granja, 2022).

#### **2.6.1.6.4. Flavonoides**

Están presentes en muchas frutas, verduras y bebidas, como el té y el vino. Tienen una estructura básica de 15 átomos de carbono organizados en dos anillos bencénicos y un anillo heterocíclico. Estos compuestos influyen en el color de los alimentos y pueden formar complejos con azúcares, como se observa en las antocianinas (Villa, et al., 2020).

#### **2.6.1.6.5. Mucilagos**

Los polisacáridos son macromoléculas compuestas por cadenas de monosacáridos, que son unidades básicas de carbohidratos. Se caracterizan por su textura viscosa y su capacidad para aumentar de volumen al entrar en contacto con el agua, lo que les permite formar soluciones coloidales. A menudo, estos polisacáridos se confunden con gomas y pectinas, ya que todos se derivan de polisacáridos celulósicos. Sin embargo, se distinguen por sus propiedades físicas específicas, que dependen de la estructura y el número de unidades de azúcar que los componen (Villa, et al., 2020).

#### **2.6.1.6.6. Alcaloides**

Son compuestos heterocíclicos que contienen nitrógeno, se derivan de los aminoácidos, que son componentes esenciales en la biología de los seres vivos. Estos compuestos desempeñan un papel crucial en diversas funciones bioquímicas y estructurales. En la naturaleza, se presentan comúnmente como sales, combinados con varios ácidos orgánicos como el acético, láctico, málico, tartárico, cítrico y oxálico (González, et al., 2020). Estos ácidos contribuyen a la estabilidad y solubilidad de los compuestos heterocíclicos, facilitando su participación en reacciones biológicas y su integración en diferentes estructuras moleculares.

#### **2.6.1.6.7. Quinonas**

Estas moléculas son destacadas por su estabilidad y sus propiedades reactivas, que las hacen útiles en diversas aplicaciones químicas. En la naturaleza, se encuentran en algunas plantas y tienen roles en la biosíntesis de pigmentos y en la defensa de las plantas contra patógenos. Además, debido a su capacidad para participar en reacciones redox, se utilizan en la industria para la fabricación de tintes y en procesos de oxidación (González, et al., 2020).

#### **2.6.1.6.8. Principios amargos**

Son compuestos químicos que, a pesar de su diversidad estructural, comparten un sabor característicamente amargo. Estos compuestos pueden incluir fenoles, lactonas y cromonas (como cumarinas y cumaronas), cada uno con una estructura molecular y función específica. A menudo, estos principios se encuentran en plantas y alimentos, donde no solo influyen en el sabor, sino que también pueden tener propiedades medicinales como efectos antioxidantes y antiinflamatorios. Además, en muchas plantas, los compuestos amargos actúan como un mecanismo de defensa natural contra los depredadores (Waizel & Waizel, 2019).

#### **2.6.1.7. Actividad antioxidante**

En los alimentos de origen vegetal, esta capacidad se debe a la presencia de compuestos fenólicos, con especial énfasis en los flavonoides (Báez, et al., 2021). La actividad antioxidante de los flavonoides proviene de su capacidad para quelar hierro y neutralizar radicales libres (Surco, et al., 2020). Los antioxidantes son moléculas que pueden prevenir o retrasar la oxidación de biomoléculas como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Estos compuestos protegen al organismo de los efectos dañinos de los radicales libres, reduciendo procesos oxidativos, ralentizando el envejecimiento y disminuyendo el riesgo de desarrollar diversas enfermedades (Ibarra, 2022).

#### **2.6.1.8. Polifenoles**

Los polifenoles, que abarcan flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos, son los antioxidantes más potentes en los alimentos. Su capacidad antioxidante es diez veces mayor que la de la vitamina C y supera cien veces la de la vitamina E y

los carotenoides. Estos compuestos se destacan por su eficacia en la neutralización de radicales libres y la protección contra la oxidación (Granja, 2022).

#### **2.6.1.9. Secado de plantas**

Para la industria alimentaria, es fundamental realizar un estudio exhaustivo de las diversas tecnologías de procesamiento utilizadas para prolongar la vida útil de los alimentos. También busca garantizar que el valor nutricional de los productos se vea mínimamente afectado. Además, la implementación de estas tecnologías puede contribuir a la reducción de desperdicios, mejorar la seguridad alimentaria y satisfacer la creciente demanda de consumidores por productos más frescos y de alta calidad.

Las plantas secas deben conservarse en recipientes limpios y secos, ubicados en un lugar protegido de la luz solar, el calor y la humedad. Para su almacenamiento, se recomiendan envases específicos que garanticen su preservación. Los frascos de vidrio ámbar son ideales, ya que ofrecen una excelente protección contra los rayos UVA, permitiendo almacenar las plantas de uno a tres años según su tipo. Asimismo, los envases de cerámica son una buena opción debido a su resistencia a las variaciones de temperatura (Fetzner, 2019).

##### **2.6.1.9.1. Secado natural a la sombra**

El secado se realiza en un espacio amplio y cubierto, donde se mantiene un flujo constante de aire seco, así como también se protege contra los insectos con mosquiteros. Las plantas pueden ser extendidas o colgadas en ramos; es esencial moverlas regularmente para lograr un secado uniforme. El tiempo de secado depende del tipo de planta como de la humedad del aire, lo que requiere monitoreo, además de ajustes para asegurar la calidad del proceso. Asimismo, se debe mantener una ventilación adecuada y, por otra parte, evitar la acumulación de humedad, debido a que son factores cruciales para prevenir el moho, tanto como otros problemas durante el secado (Remache, 2020).

##### **2.6.1.9.2. Secado natural al sol**

Es un método que utiliza el calor de los rayos solares para secar las plantas de forma gradual, así como progresiva. Esta técnica facilita que la materia prima complete los cambios bioquímicos internos de manera efectiva, resultando en la preservación

de sus características sensoriales, como el aroma, sabor y color (Japa, 2022). También, este proceso es sostenible tanto como económico, puesto que no requiere de equipos sofisticados y además usa una fuente de energía natural y abundante. No obstante, es importante controlar factores como la humedad, así como también la ventilación para evitar el deterioro de la materia prima, aparte de garantizar un secado uniforme (Salvo & Franco, 2022).

#### **2.6.1.9.3. Secado mecánico**

Es una técnica fundamental que elimina la mayor cantidad de agua presente en la materia prima mediante el control de parámetros como la temperatura, humedad, velocidad igual que la circulación del aire. Este proceso es trascendental para preservar tanto como conservar los compuestos bioactivos y sensoriales de la planta; al ajustar estos parámetros de manera precisa, lo que es esencial para su uso posterior en diversas aplicaciones, como la medicina, alimentación, cosmética, entre otras industrias (Velásques y Uribe, 2019).

La transferencia de energía puede producirse a través de convección, conducción o radiación, o en ciertos casos, mediante una combinación de estos mecanismos:

##### **a. Convección:**

Este método es usado para secar partículas y alimentos en forma de láminas o pastas. La corriente de aire caliente no solo proporciona el calor necesario para la evaporación del agua, sino que también actúa como agente transportador del vapor de agua eliminado del sólido (Condori & Ticllacuri, 2022).

Diversos factores pueden influir en el secado convectivo con aire caliente de los alimentos, tales como la velocidad y temperatura del aire, la difusión del agua a través del material, la densidad de carga, el espesor, así como la forma del producto a secar. La eliminación rápida del agua puede reducir el valor nutricional como sensorial de los alimentos, provocar el endurecimiento y la contracción (Sandoval, 2020). Altas temperaturas pueden dañar la calidad, causando grietas en el interior del producto poroso debido a un secado no uniforme entre el núcleo y la superficie del producto.

Este proceso es eficiente para asegurar un secado uniforme y rápido, esencial en la industria alimentaria y otras aplicaciones donde la preservación de la calidad del producto es crucial. Además, el control adecuado de la temperatura y la velocidad del aire es fundamental para evitar la degradación de los nutrientes y compuestos sensibles al calor presentes en los alimentos.

**b. Conducción:**

Este método suministra el calor a través de superficies (fijas o móviles) calentadas que están en contacto directo con el material a secar. Este proceso generalmente se lleva a cabo utilizando vapor como fuente de calor. La eliminación del agua evaporada se realiza mediante una operación de vacío, lo que permite una rápida y eficiente extracción del vapor, mejorando así la eficiencia del secado (Condori & Ticllacuri, 2022).

**c. Radiación:**

Se basan en la transferencia de energía radiante a través del espacio mediante ondas para conservar y evaporar la humedad de la materia prima a secar. Este método es utilizado primordialmente para mantener los productos disponibles durante un período de tiempo determinado, preservando sus propiedades nutricionales e innovando los productos (Condori & Ticllacuri, 2022).

**2.6.1.10. Cinética de secado**

Estudia la pérdida de peso de una muestra a lo largo del tiempo, evaluando constantemente los mecanismos microscópicos, así como macroscópicos de transferencia de calor y masa a lo largo del proceso de secado. Esta cinética está determinada por las condiciones del secado (humedad del aire de secado), el tipo de secador y las propiedades específicas de los alimentos (actividad de agua) (Parra, 2020).

Se habla de cinéticas de secado cuando la disminución del contenido de humedad se grafica frente al tiempo de secado (Condori & Ticllacuri, 2022).

La cinética de secado se refiere a los modelos matemáticos utilizados para describir y entender el proceso de secado. Estos modelos permiten predecir cómo se comportará el material durante el secado, facilitando la optimización del proceso (Salazar, 2020).

### 2.6.2. Marco conceptual

- **Alginato:** Es una sal soluble de sodio o potasio. Son los polisacáridos más abundantes presentes en las algas marinas (Moya, 2020).
- **Antioxidantes:** son sustancias naturales o fabricadas por el hombre que pueden prevenir o retrasar algunos tipos de daños a las células (Gutiérrez, et al., 2023).
- **Cinética de secado:** Es la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo (Dueñas, et al., 2020).
- **Convección:** El calor se transfiere al sólido que se está secando por medio de una corriente de aire caliente u otro fluido (Condori & Ticllacuri, 2022).
- **Inflorescencias:** Son ramas del tallo, con crecimiento limitado, portadoras de flores (Galaussi, et al., 2020).
- **Muestra:** Porción de un producto o mercancía que sirve para conocer la calidad del género (Chillerón, 2020).
- **Polifenoles:** Sustancia que se encuentra en muchas plantas y le da su color a algunas flores, frutas y vegetales. Los polifenoles son antioxidantes (Alvarez & Arcos, 2021).
- **Propiedades termodinámicas:** Es una característica o una particularidad que permite los cambios de la sustancia de trabajo, es decir, cambios de energía.
- **Principios amargos:** Son compuestos químicos que, a pesar de su diversidad estructural, comparten un sabor característicamente amargo (Waizel & Waizel, 2019).
- **Terpenos:** Son metabolitos secundarios que dan las características organolépticas (aroma y sabor) de las plantas y que constituyen la mayor parte del aceite esencial producido por las plantas aromáticas. (Fundación CANNA, 2020)
- **Taninos:** Los taninos son compuestos fenólicos que se encuentran en muchas plantas, especialmente en las hojas, cortezas y frutos (Pujol, y otros, 2020).
- **Teobromina:** Es un compuesto químico que pertenece a la clase de los alcaloides y se encuentra principalmente en el cacao y sus derivados, como el chocolate (Montaño, Rosillo, Zhinín, & Pucha, 2019).

- **Capacidad antioxidante:** La capacidad antioxidante se refiere a la habilidad de una sustancia para neutralizar los radicales libres en el organismo (Zárate, Gonzáles, Ramírez, Robledo, & Juárez, 2021).
- **Acido gálico:** El ácido gálico es un compuesto orgánico que se encuentra en la naturaleza, particularmente en las gallas, las hojas de té, la corteza de diversos robles y otras plantas (Granja, 2022).
- **Cafeína:** La cafeína es un compuesto natural que se encuentra en diversas plantas, como el café, el té, el cacao y algunas bebidas energéticas (Montaño, Rosillo, Zhinín, & Pucha, 2019).

## **2.7. Metodología del proyecto de investigación**

El estudio se realizó en el laboratorio de la carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicado en el área de Salache Bajo, en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi. La Universidad Técnica de Cotopaxi es reconocida por su compromiso con la innovación y la excelencia académica, lo cual respalda la calidad de las investigaciones llevadas a cabo en sus instalaciones.

### **2.7.1. Tipos de investigación**

Permitió recolectar datos precisos sobre el proceso cinética de secado por convección de la hoja de guayusa, asegurando que las respuestas obtenidas sean apropiadas y cuenten con validez científica. Estas estrategias incluyen técnicas de búsqueda rigurosas con el propósito de garantizar la precisión y relevancia de la información recopilada. Esto incluye el uso de métodos de medición adecuados, la calibración de equipos, la consideración de variables clave como la temperatura, velocidad del aire y tiempo. Además, el análisis de datos mediante modelos matemáticos y estadísticos contribuye a una comprensión más profunda del proceso de secado, permitiendo optimizar las condiciones para lograr una mayor eficiencia y calidad del producto final.

#### **2.7.1.1. Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica es un método que permite acceder a un conocimiento y entendimiento más profundo sobre un tema específico a través de la compilación y análisis de la información de diversas fuentes confiables, como libros, artículos científicos, tesis, entre otros; proporciona una base sólida para desarrollar nuevas investigaciones (Pérez, 2022).

La cinética de secado por convección de la hoja de guayusa se fundamenta en una investigación bibliográfica exhaustiva. Este enfoque permitió obtener un conocimiento profundo y detallado sobre el tema, basado en la recopilación de información de fuentes confiables y datos previamente publicados por otros investigadores. Además, la revisión bibliográfica ayudó a identificar vacíos en el conocimiento existente, facilitando el desarrollo de una base teórica sólida.

Este enfoque asegura que los argumentos y metodologías empleados en el estudio estén respaldados por evidencia existente, lo que aumenta la fiabilidad y validez científica de los resultados.

#### ***2.7.1.2. Investigación descriptiva***

Puntualiza las características de la población de estudio de manera específica, ya que esta investigación no busca explicar el fenómeno, sino describirlo, de esta manera facilita el entendimiento detallado de las particularidades del fenómeno o grupo en estudio (Chillagana & Veloz, 2019).

El estudio de la cinética de secado por convección de la hoja de guayusa se fortaleció significativamente gracias a la investigación descriptiva. Este enfoque favoreció la construcción de un marco de conocimiento detallado y preciso, que a su vez apoyó la toma de decisiones informadas, así como el desarrollo de estrategias basadas en datos concretos y observables. A través de la caracterización de variables, lo cual permitió obtener datos empíricos esenciales para modelar y optimizar el proceso de secado. Esta base teórica y práctica, fundamentada en la observación y medición directa de los fenómenos involucrados, asegura que las estrategias implementadas sean efectivas y científicamente respaldadas, mejorando así la calidad y eficiencia del secado de la hoja de guayusa.

#### ***2.7.1.3. Investigación cuantitativa***

Proporciona un marco riguroso tanto como sistemático para la recolección y análisis de datos numéricos, permitiendo medir fenómenos de manera objetiva aparte de precisa; además, facilita la identificación de patrones y tendencias estadísticas (Chamba & Quispe, 2021).

La investigación cuantitativa permitió extrapolar los resultados obtenidos del estudio de la cinética de secado por convección de la hoja de guayusa, proporcionando una base sólida para hacer inferencias sobre su comportamiento

durante el proceso de secado. Además, ayudó a probar la validez de teorías existentes y a formular nuevas hipótesis basadas en datos empíricos. Al cuantificar variables clave, se pudo desarrollar el modelo matemático preciso que describió el proceso y optimizan las condiciones de secado. Este enfoque asegura que las conclusiones sean robustas, así como aplicables en diversas situaciones, mejorando así la eficiencia, igual que la efectividad del secado.

#### ***2.7.1.4. Investigación experimental***

Esta investigación somete al fenómeno de estudio a estímulos o tratamientos (variable independiente) para analizar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente), permitiendo controlar y manipular una o más variables para observar cómo afectan a las conductas. Una investigación experimental se considera exitosa cuando se confirma que un cambio en la variable dependiente es resultado directo de la manipulación de la variable independiente, estableciendo claramente la relación causa-efecto (Guevara, et al., 2020).

La investigación del secado por convección de la hoja de guayusa permitió establecer relaciones de causa y efecto entre las variables implicadas en el proceso. Este enfoque proporcionó un alto grado de control sobre los factores involucrados, reduciendo la influencia de elementos externos y aumentando la validez interna de los resultados, lo cual incrementó la confiabilidad de los hallazgos. Al probar sistemáticamente las hipótesis y teorías existentes, la investigación fomentó la innovación y contribuyó al desarrollo de nuevos conocimientos, así como de tecnologías. Esta metodología rigurosa aseguró que las estrategias de secado implementadas sean efectivas, optimizando el proceso y mejorando la calidad del producto final.

#### ***2.7.2. Técnicas de la investigación***

Se las empleo para recopilar, analizar e interpretar datos, permitiendo generar conocimientos y responder preguntas específicas en diversas áreas de estudio, proporcionando información confiable.

##### ***2.7.2.1. Observación***

Según Navarrete y Tapia (2022) la técnica de la observación permite obtener un registro del comportamiento en el momento en que sucede, lo que evita errores al

registrar la información. Además, reducen las desviaciones debidas al entrevistador, aunque no las eliminan completamente.

La observación fue aplicada en cada etapa del estudio, desde la formulación del problema hasta la verificación de la hipótesis y la elaboración de las conclusiones. Este enfoque observacional permitió monitorear, al igual que registrar de manera detallada datos relevantes que influyeron en el proceso de secado. Al observar estos factores a lo largo del estudio, se obtuvo una comprensión integral del comportamiento de la hoja de guayusa durante el secado, facilitando la validación de hipótesis y el desarrollo de conclusiones precisas que mejoran la eficiencia, así como la efectividad del proceso.

### ***2.7.3. Materiales y equipos:***

Los materiales y equipos usados para la cinética de secado por convección de la hoja de guayusa se detallan a continuación:

#### ***2.7.3.1. Material de laboratorio***

- Gradillas
- Matraz Erlenmeyer 100mL vidrio
- Micropipeta 100-1000 $\mu$ l Microlit volumen variable
- Pipeta de vidrio 10ml
- Punta 10 a 200 $\mu$ l con caja porta puntas amarillas
- Tubos de ensayo

#### ***2.7.3.2. Equipos***

- Balanza analítica de precisión de 3200 G desde 0,01g
- Espectrofotómetro (GENESYS 20, 0 ABS 100 % T)
- Deshidratador (Stainless steel Dehydrator)

#### ***2.7.3.3. Reactivos:***

- Agua destilada
- Carbonato de sodio
- Etanol 96 %
- Folin
- Hidróxido de Sodio Solución de hipoclorito de sodio 0,1 N
- Reactivo TPTZ

- Solución Tampón Acetato 20mM
- Solución Cloruro Férrico

#### ***2.7.3.4. Materiales***

- Bandeja de aluminio
- Cloro
- Fundas Ziploc
- Lava vajillas
- Limpión

#### ***2.7.3.5. Materia prima***

- Hojas de guayusa

### ***2.7.4. Descripción del procedimiento***

#### ***2.7.4.1. Recolección***

Las hojas de guayusa fueron recolectadas en la provincia de Orellana, específicamente en el cantón Loreto, parroquia San José de Dahuano. Utilizando tijeras de podar, se cortaron las hojas en la base de la planta para evitar dañarla y asegurar la continuidad del crecimiento de la planta. Para garantizar que la materia prima mantuviera una alta calidad, las hojas recolectadas se almacenaron cuidadosamente en costales de fibra vegetal que permitieron una ventilación adecuada. Durante el transporte, se tomaron medidas para proteger las hojas de la exposición directa a la luz solar y la humedad excesiva, lo que podía afectar su calidad, con el propósito de asegurar que las hojas llegaran en óptimas condiciones al lugar de procesamiento.

**Imagen 1** *Recolección de la hoja de guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

#### ***2.7.4.2. Selección***

Las hojas de guayusa fueron cuidadosamente verificadas y se eliminaron las hojas que presentaban manchas, desintegración o cualquier forma de contaminación para asegurar que solo las hojas de alta calidad fueran utilizadas en el proceso de secado. Este procedimiento de selección incluyó una inspección visual detallada para identificar cualquier signo de daño o enfermedad. Además, se implementaron protocolos de higiene y seguridad para prevenir la transferencia de contaminantes durante la selección. Este riguroso proceso de clasificación no solo asegura la calidad del producto final, sino que también contribuye a la efectividad del secado por convección, garantizando que el producto resultante tenga las mejores características posibles (Granja, 2022).

**Imagen 2** Selección de la hoja de guayusa



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

#### ***2.7.4.3.Desinfección***

Las hojas de guayusa fueron desinfectadas empleando una solución de hipoclorito de sodio al 0,1% (5ml/10L) para remover cualquier impureza. Seguidamente, se enjuagaron con abundante agua destilada para eliminar residuos del desinfectante, por otra parte; se escurrieron cuidadosamente para eliminar el exceso de agua absorbida durante el proceso de desinfección. Este método garantizó que las hojas estuvieran libres de contaminantes y listas para los siguientes pasos en su procesamiento, asegurando así la calidad y seguridad del producto final (Alvarez & Arcos, 2021).

**Imagen 3** *Desinfección de la hoja de guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

#### **2.7.4.4. Secado**

El secado de las hojas de guayusa se realizó con tres muestras distintas; cada una fue sometida a diferentes temperaturas, así como tiempos. La primera muestra se secó a 60 °C durante 6 horas, la segunda a 70 °C por 5 horas, y la tercera a 80 °C a lo largo de 4 horas. Este enfoque permitió evaluar cómo las distintas condiciones de secado afectan la calidad y las propiedades de las hojas de guayusa, asegurando un método óptimo para preservar sus características nutricionales y beneficiosas.

**Imagen 4** *Secado de la hoja de guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

#### **2.7.4.5.Molido**

Las hojas secas se pulverizaron usando un molino manual Corona (modelo L10000). Luego, el polvo resultante se tamizó para garantizar la obtención de partículas uniformes, así como libres de residuos de la planta. La droga cruda se empaquetó al vacío en bolsas de polipropileno; posteriormente se almacenó en un lugar fresco y oscuro, protegiendo así su composición química y la degradación de sus principios activos. Este proceso asegura que el producto final mantenga su calidad tanto como su eficacia durante el almacenamiento (Alvarez & Arcos, 2021).

#### **Imagen 5 Obtención de la droga**



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

#### **2.7.4.6.Preparación de muestras**

Llevamos a cabo un proceso de maceración usando 1 gramo de la droga cruda en 100 mL de etanol al 96% de concentración. Este procedimiento se realizó con agitación ocasional, aproximadamente cada 3 minutos, para asegurar una mejor disolución de los compuestos activos; para asegurar que los compuestos beneficiosos de la guayusa se transfirieran eficientemente al solvente el etanol

**Imagen 6** Diluciones de la droga para sus posteriores análisis



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

#### **2.7.5. Identificar metabolitos secundarios de las hojas de guayusa mediante la metodología de tamizaje fitoquímico.**

Este estudio facilitó la identificación de los compuestos químicos presentes en las hojas de guayusa. Los resultados de las pruebas se presentan como: (+) indica la presencia del metabolito correspondiente, mientras que (-) señala su ausencia. Además, estos análisis son fundamentales para comprender las propiedades bioquímicas de las plantas, lo que puede tener aplicaciones en áreas como la farmacología, la agricultura sostenible y la biotecnología.

##### **2.7.5.1. Compuestos grasos. Ensayo de Sudan**

Esta técnica es ampliamente utilizada en la bioquímica y en la investigación de alimentos para detectar la presencia de lípidos en muestras vegetales y otros productos biológicos. El colorante Sudán III es lipofílico, lo que significa que se une específicamente a las moléculas de grasa, proporcionando una forma visual clara de identificación. Este método es valioso no solo por su simplicidad y rapidez, sino también por su alta sensibilidad y especificidad en la detección de grasas y aceites.

A una alícuota del extracto se le agregó 1 ml de la solución de colorante Sudán III disuelta en agua. Posteriormente, el solvente se evaporó mediante un baño maría.

Si la muestra adquiere una coloración roja anaranjada (+) o presenta una apariencia escamosa (+-), se confirma la presencia de compuestos grasos (Cevallos, 2021).

#### ***2.7.5.2.Determinación de alcaloides. Ensayo de Dragendorff***

El solvente orgánico del extracto se evaporó utilizando un baño maría, y el residuo resultante se disolvió en 1 mL de ácido clorhídrico al 1% en agua. A la solución acuosa se le añadió una gota de ácido clorhídrico concentrado, luego se calentó suavemente y se dejó enfriar para mantener un pH ácido. Después, se adicionaron 3 gotas del reactivo de Dragendorff.

Los resultados se consideran positivos si se observan las siguientes características: opalescencia (+), turbidez definida (++), o precipitado (+++) (Cevallos, 2021).

El reactivo de Dragendorff, que contiene sales de bismuto y yoduro, reacciona con los alcaloides formando complejos insolubles que se manifiestan como opalescencia, turbidez o precipitados.

#### ***2.7.5.3.Agrupamiento lactónico. Ensayo de Baljet***

Se prepararon dos soluciones: una solución de hidróxido de sodio al 10% en agua y una solución de ácido pícrico al 1% en etanol. El solvente de la alícuota se evaporó utilizando un baño maría. A continuación, se mezclaron volúmenes iguales de las dos soluciones y se añadió 1 mL de esta mezcla a las muestras, las cuales se sometieron nuevamente al baño maría. La presencia de cumarinas se confirma si las muestras adquieren una coloración roja o presentan un precipitado rojo (++ y +++) (Pujol, et al., 2020).

Además, la detección de cumarinas es importante debido a sus propiedades anticoagulantes y su presencia en diversas plantas medicinales.

#### ***2.7.5.4.Triterpenos / Esteroides. Ensayo de Liberman – Burchard***

En esta técnica se adicionó 1 mL de anhídrido acético y se combinó bien, se dejó caer por la pared del tubo de ensayos 3 gotas de ácido sulfúrico concentrado sin agitar.

El ensayo es positivo si el cambio de coloración, de rosado a azul muy rápido (+++), verde intenso visible rápido (++) y verde oscuro-negro al final de la reacción (+) (Cevallos, 2021).

#### **2.7.5.5. Catequinas. Ensayo de Catequinas**

Encima del papel de filtro se aplicó una gota de cada extracto, después sobre la mancha se puso una gota de la disolución de  $\text{N Na}_2\text{CO}_3$  y la posterior visualización bajo luz UV es positiva si aparece una mancha verde-carmelita (Silva, 2022).

#### **2.7.5.6. Resinas. Ensayo de resinas**

Se incorporó 10 mL de agua a 2 mL de cada extracto. La prueba se considera positiva si se forma un precipitado (Silva, 2022).

#### **2.7.5.7. Azúcares reductores. Ensayo de Fehling**

El solvente de 1 mL del extracto etanólico fue evaporado, posteriormente se disolvió el residuo en 1-2 mL de agua, luego se añadió 2 mL del reactivo de Fehling, después calentamos la mezcla en un baño maría.

El resultado se consideró positivo si la solución se tiñó de verde-naranja (+) o si apareció un precipitado rojizo (+++) (Dueñas, et al., 2020).

#### **2.7.5.8. Saponinas. Ensayo de Espuma**

Una muestra del extracto se disolvió en agua, utilizando cinco veces su volumen, y se agitó vigorosamente durante 3 a 5 minutos. La presencia de espuma abundante, que persiste por más de dos minutos con un grosor de 2 mm, se considera indicativa de un resultado positivo (Pujol, et al., 2020).

#### **2.7.5.9. Compuestos fenólicos. Ensayo de Cloruro Férrico (III)**

Se añadió acetato de sodio a una alícuota para neutralizarla y se incorporaron 3 gotas de la solución de tricloruro férrico al 5% en solución salina fisiológica. La prueba se consideró positiva (+++) para compuestos fenólicos en general, si se observaba un cambio de color a rojo-vino; para taninos del tipo pirocatecólicos, una coloración verde intenso, para los taninos del tipo pirogalotánicos, una tonalidad azul (Pujol, et al., 2020).

#### **2.7.5.10. Aminoácidos libres / aminos. Ensayo de Ninhidrina**

Se mezclaron 2 mL de solución de ninhidrina al 2% en agua con una alícuota del extracto alcohólico y la dilución se calentó en un baño maría durante 5 a 10 minutos. La prueba se consideró positiva si se observaba una pigmentación azul violácea. (Dueñas, et al., 2020).

**2.7.5.11. Quinonas / Benzoquinonas. Ensayo de Bortranger**

Se evaporó el extracto alcohólico en baño María, en 1 mL de cloroformo se diluyó el residuo, a continuación, se adiciono 1 mL de hidróxido de sodio al 5% en agua, se perturbo las fases y se dejó reposar hasta la separación (Pujol, y otros, 2020). Si la fase acuosa alcalina (superior) se colora de rosado o rojo (+++) es positivo (Silva, 2022).

**2.7.5.12. Flavonoides. Ensayo de Shinona.**

Se añadió 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y la cinta de magnesio metálico en la alícuota del extracto, se dejó 5 minutos y se incorporó 1 mL de alcohol amílico. Si el alcohol amílico se tinto de naranja, rosa azul o violeta, carmelita o rojo intenso es positivo (+++) (Pujol, et al, 2020).

**2.7.5.13. Glucósidos cardiotónicos. Ensayo de Kedde**

Se unifico volúmenes iguales de disoluciones de ácido 3,5-dinitrobenzoico a 2% en metanol y de KOH al 5% en agua. En un 1 mL de la disolución reactiva se mezcló una alícuota del extracto etanólico, durante 5-10 minutos se lo dejo en reposo. Si hay una coloración violácea y que persista durante 1-2 horas en los ensayos es positivo (Cevallos, 2021).

**2.7.5.14. Mucílagos. Ensayo de Mucílagos**

A una temperatura de 0°C a 5°C se enfrió una alícuota del extracto. Es positivo (+++) el ensayo si la muestra es de una consistencia gelatinosa (Castañeda & Zavaleta, 2019).

**2.7.5.15. Principios amargos. Ensayo de Principios Amargos**

Se detectó el sabor de cada uno de estos principios mediante una degustación del extracto acuoso (Castañeda & Zavaleta, 2019).

**2.7.6. Evaluar el efecto de la temperatura del secado por convección de las hojas de guayusa en el contenido de cafeína, teobromina, polifenoles y capacidad antioxidante (FRAP).**

**2.7.6.1. Cafeína y teobromina**

Se llevó a cabo un análisis de la cafeína y teobromina en tres muestras de las hojas, secas de guayusa a diferentes temperaturas (60, 70, 80 °C), el cual incluyó la humedad. Estos análisis fueron realizados por el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la estación experimental Santa Catalina. Los resultados detallados de estos estudios, que certifican su ejecución en los laboratorios del INIAP, están documentados y adjuntos en los Anexos 4 y 5. Este análisis es crucial para asegurar la calidad de la hoja de guayusa seca, ya que proporciona datos precisos sobre su composición química y características nutricionales. Además, estos datos son esenciales para el control de calidad y pueden ser utilizados para mejorar los procesos de producción y asegurar que el producto final cumpla con los estándares establecidos.

**Tabla 6**

*Referencia de los métodos de los análisis de cafeína y teobromina por parte del INIAP*

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Método de referencia</b>
Humedad	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970
Teobromina	MO-LSAIA-30	AOAC 980,14-1998
Cafeína	MO-LSAIA-30	AOAC 980,14-1998

**Fuente:** (INIAP, 2024) **Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

**2.7.6.2. Polifenoles**

La preparación de la muestra implicó tomar 2 g de pulpa homogeneizada y someterla a centrifugación (MLW modelo T 52, Alemania) durante 10 min a 3500 rpm. Del sobrenadante obtenido, se extrajo 1 mL y se diluyó adecuadamente para su posterior análisis. Se mezclaron 50 µL de esta muestra con 2,5 mL de una solución acuosa de Folin-Ciocalteu diluida 1:10. La mezcla se agitó y se dejó reposar durante 5 min. Posteriormente, se añadieron 2 mL de una solución de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 7,5 % (m/v). Después de agitar nuevamente, la mezcla se dejó reposar durante 2 H y se midió la absorbancia a 765 nm. Se utilizó ácido gálico como

estándar en concentraciones entre 100 y 900 mg/L. El contenido de fenoles totales se expresó como ácido gálico en mg/100 g del extracto (Granja, 2022), utilizando la siguiente ecuación:

$$CF = \frac{\frac{(A-a)}{b \times V \times \frac{fd}{1000}}}{PM.} \quad \text{Ecuación 1}$$

**Donde:**

**CF:** Contenido de polifenoles totales.

**A:** Absorbancia.

**a:** Intercepto de la curva de calibración.

**b:** Pendiente de la curva de calibración.

**V:** Volumen total del extracto (mL).

**fd:** Factor de dilución de la muestra.

**PM:** Masa de la muestra.

### 2.7.6.3. Capacidad antioxidante

Se usó el procedimiento para medir la capacidad de la muestra para reducir el hierro férrico a ferroso. En un medio ácido (pH bajo), se colocó el complejo  $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ en la solución de reacción; este complejo, en presencia de agentes reductores, se convierte en  $\text{Fe}^{2+}$ -TPTZ, desarrollando una pigmentación azul intensa con un pico de absorción a 593 nm.

El reactivo FRAP está compuesto por 0,0078 g de TPTZ [2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina], al cual se le adicionó una gota de HCl (1:1) y 2,5 mL de HCl 40 mM, disolviéndose completamente. Luego, se agregaron 25 mL de buffer acetato (pH 3,6) y 2,5 mL de una solución de  $\text{FeCl}_3$  20 mM, dejándose incubar a 37 °C durante 15 minutos.

Para la determinación, se tomaron 50  $\mu\text{L}$  del extracto de la muestra y se añadieron a un tubo de ensayo de 10 mL de capacidad. Posteriormente, se adicionaron 1,5 mL del reactivo FRAP. La mezcla se mantuvo a 37 °C durante 30 minutos y se midió la absorbancia a 593 nm. La actividad antioxidante se calculó utilizando una curva de calibración de  $\text{Fe}^{2+}$ , empleando la sal de Mohr [ $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] como estándar (Granja, 2022), según la siguiente ecuación:

$$AAT = \frac{(A - a)}{b \times V \times fd} \quad \text{Ecuación 2}$$

**Donde:**

**AAT:** Actividad antioxidante total.

**A:** Absorbancia del extracto.

**a:** Intercepto de la curva de calibración.

**b:** Pendiente de la curva de calibración.

**V:** Volumen del extracto (mL).

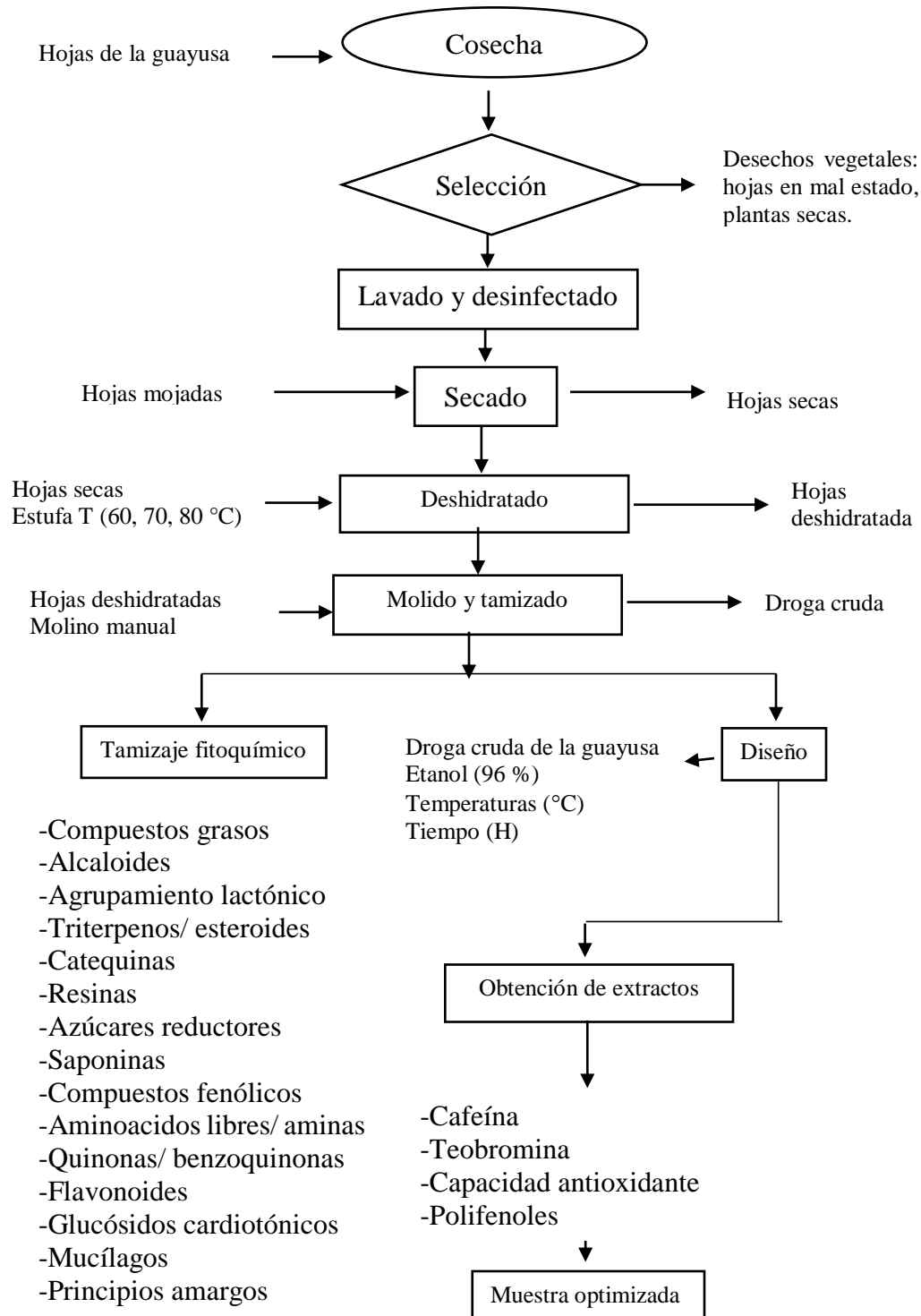
**fd:** factor de dilución de la muestra.

**P.M:** Masa de la muestra.

**2.7.7. Establecer los modelos cinéticos del secado por convección de las hojas de guayusa.**

El software InfoStat nos permitió identificar los factores, así como las interacciones que influyen de manera significativa en las variables dependientes, utilizando valores máximos y mínimos. Este programa estableció las corridas experimentales considerando tres concentraciones diferentes, tiempo temperatura de extracción. Al hacer esto, pudimos analizar cómo cada uno de estos parámetros y sus combinaciones impactan en los resultados finales del experimento, permitiéndonos optimizar el proceso de extracción para obtener los mejores resultados posibles. Además, el uso de este software facilita la interpretación de los datos experimentales y la visualización de los efectos de las variables controladas en las respuestas medidas.

### 2.7.8. Diagrama de flujo



Elaborado por: Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

## 2.8. Hipótesis

### 2.8.1. *Hipótesis nula*

**H<sub>0</sub>:** La temperatura y el tiempo de secado no tiene diferencias significativas en el contenido de polifenoles, capacidad antioxidante, cafeína y teobromina de la cinética de secado de las hojas de guayusa (*Ilex guayusa*).

### 2.8.2. *Hipótesis alternativa*

**H<sub>1</sub>:** La temperatura y el tiempo de secado tiene diferencias significativas en el contenido de polifenoles, capacidad antioxidante, cafeína y teobromina en la cinética de secado de las hojas de guayusa (*Ilex guayusa*).

## 2.9. Diseño experimental

Para la elección del modelo cinético se realizó una regresión lineal entre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en función al tiempo de secado por convección, empleando el  $R^2$  de la regresión lineal se seleccionó los pseudo-órdenes de reacción y las constantes de velocidad. Además, se obtuvo el modelo matemático que define el comportamiento del secado por convección de las hojas de guayusa. Al final del proceso de secado de los tres tratamientos de hojas de guayusa, se evaluó el contenido de polifenoles, capacidad antioxidante, cafeína, teobromina y humedad. Con estos datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) donde se pudo comparar las medias de los tres tratamientos. De igual manera, se empleó la prueba de Tukey para identificar que tratamientos tienen diferencias significativas entre sus medias. La información se analizó en el software estadístico InfoStat con un nivel de significancia del 5 %.

### 2.9.1. *Factores de estudio*

Se investigaron dos variables independientes: la concentración de polifenoles (Factor A) y la cantidad de antioxidantes (Factor B). La variable independiente del estudio fue el rendimiento de los parámetros del modelo diseñado para preservar estos compuestos bioactivos.

**Tabla 7***Factores de estudio para la cinética de secado de guayusa*

<b>FACTORES</b>	<b>U.M.</b>	<b>TIPO</b>
Tiempo	H	Numérico 0-4-5-6
Temperatura	°C	Numérico 60-70-80

**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)**2.10. Análisis y discusión de resultados****2.10.1. Identificación de metabolitos secundarios de las hojas de guayusa mediante la metodología de tamizaje fitoquímico.**

Se identificaron los metabolitos secundarios presentes en los extractos etéreo, alcohólico y acuoso del producto mediante una serie de reacciones y análisis químicos detalladamente descritos en la literatura. Este procedimiento tuvo como objetivo reconocer y comparar los compuestos químicos extraídos con cada disolvente de diferentes polaridades. Los resultados permitieron evaluar la eficacia de cada disolvente en la extracción de compuestos específicos y facilitaron la comparación de perfiles químicos, proporcionando información valiosa sobre la composición y potencial de cada extracto.

**Tabla 8***Resultado del tamizaje fitoquímico de los extractos etéreo, etanólico y acuoso de las hojas de guayusa.*

<b>Metabolito</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Extracto Etéreo</b>	<b>Extracto Etanólico</b>	<b>Extracto Acuoso</b>
Compuestos grasos	Sudan	++	-	-
Alcaloides	Drangendorff	+	++	+++
Agrupamiento lactónico	Baljet	+	+	-
Triterpenos / esteroides	Lieberman B.	++	++	-
Catequinas	Catequinas	-	++	-
Resinas	Resinas	-	-	-
Azúcares reductores	Fehling	-	+	+++
Saponina	Espuma	-	++	++
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico (III)	-	+++	+++
Aminoácidos libres/ aminas	Nihidrina	-	+	-

Quinonas/ benzoquinonas	Bortranger	-	++	-
Flavonoides	Shinoda	-	+++	+++
Glucósidos cardiotónicos	Kedde	-	-	-
Mucilagos	Mucilagos	-	-	++
Principios amargos	Principios amargos	-	-	++

+: Presencia    +-: Regular    -: Ausencia  
**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

En la tabla 9, se presentan los resultados del análisis de tamizaje fitoquímico de los compuestos bioactivos muestran diferencias notables en la composición de los extractos etéreo, etanólico y acuoso. El extracto etéreo es rico en compuestos grasos y triterpenos/esteroides, reflejando su naturaleza lipofílica. El extracto etanólico, en contraste, presenta una alta concentración de alcaloides, compuestos fenólicos, flavonoides y catequinas, lo que sugiere su capacidad para extraer estos compuestos en solventes orgánicos. Por último, el extracto acuoso destaca por su abundancia en alcaloides, azúcares reductores, compuestos fenólicos y flavonoides, así como la presencia de mucílagos y principios amargos, evidenciando su eficacia en la extracción de sustancias solubles en agua.

**Compuestos grasos:** Estos se detectaron únicamente en el extracto etéreo, con una intensidad marcada (++) que indica su solubilidad en disolventes no polares. No se encontraron en los extractos etanólico ni acuoso, lo que confirma que estos compuestos no son solubles en disolventes polares.

**Alcaloides:** Estos metabolitos fueron identificados en todos los extractos, pero en distintas concentraciones. El extracto etéreo mostró una presencia baja (+), mientras que los extractos etanólico y acuoso presentaron una presencia más alta (++) y (+++), respectivamente. Esto sugiere que los alcaloides son solubles en ambos tipos de disolventes polares y no polares. Según Lustre (2022) los alcaloides representan una estrategia evolutiva de las plantas para sobrevivir en un entorno lleno de posibles amenazas. Su diversidad y eficacia han hecho de estos compuestos un área de interés no solo en ecología y botánica, sino también en farmacología, donde se estudian por sus potenciales beneficios terapéuticos.

**El agrupamiento lactónico:** Se encontró en los extractos etéreo y etanólico, pero no en el acuoso. La presencia moderada en los extractos etéreo y etanólico (ambos

positivos) y su ausencia en el acuoso indica que estos compuestos son solubles en disolventes menos polares y en algunos disolventes polares.

Triterpenos/ esteroides: Estos metabolitos fueron detectados en los extractos etéreo y etanólico, con una intensidad similar (++) en ambos, pero no en el acuoso. Esto sugiere que los triterpenos y esteroides son solubles en disolventes no polares y moderadamente polares.

Catequinas: Estuvieron presentes en el extracto etanólico (++) pero no en el etéreo ni en el acuoso. Esto indica que las catequinas son solubles en etanol, pero no en disolventes no polares ni en agua.

Resinas: No se encontraron en ninguno de los extractos, lo que sugiere que no están presentes en las hojas de guayusa o no se extraen con los disolventes utilizados.

Azúcares reductores: Se identificaron principalmente en el extracto acuoso (+++), con presencia moderada en el etanólico (+). Esto indica que los azúcares reductores son solubles en agua y, en menor medida, en etanol.

Las saponinas se identificaron en los extractos etanólico y acuoso (++) en ambos, pero no en el etéreo. Esto sugiere que las saponinas son solubles en disolventes polares como el etanol y el agua.

Compuestos fenólicos: Estos compuestos se detectaron en alta concentración en los extractos etanólico y acuoso (+++), pero no en el etéreo. Esto indica que los compuestos fenólicos son altamente solubles en disolventes polares. Según Zárate, et al., (2021) los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios fundamentales para el crecimiento y reproducción de las plantas, y desempeñan un papel protector contra patógenos. Estas sustancias son cruciales desde el punto de vista fisiológico y morfológico, debido a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Además, existe una fuerte correlación entre el contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante.

Aminoácidos libres/ aminos: Solo se identificaron en el extracto etanólico (+), lo que sugiere que estos metabolitos son solubles en etanol, pero no en disolventes no polares ni en agua. Las quinonas/ benzoquinonas se encontraron en el extracto etanólico (++) pero no en los demás, indicando que tienen una solubilidad preferencial en etanol. Los flavonoides se identificaron en extractos etanólico y acuoso (+++), pero no en el etéreo. Esto sugiere que los flavonoides son altamente

solubles en disolventes polares. Los mucílagos son metabolitos fueron identificados solo en el extracto acuoso (++), lo que indica que son solubles en agua.

Principios amargos: Se encontraron únicamente en el extracto acuoso (++), indicando su solubilidad en agua. Están relacionados con procesos de cicatrización y acciones antisépticas. Estos compuestos están asociados con procesos de cicatrización y tienen propiedades antisépticas. Además, contribuyen a una acción tónica general y son efectivos para combatir diversos estados de debilidad, agotamiento y anemia, por lo que se les considera tónicos, aperitivos o digestivos (Waizel & Waizel, 2019).

Los resultados muestran cómo los distintos metabolitos se distribuyen en función de la polaridad del disolvente, proporcionando una visión clara sobre la solubilidad y presencia de los compuestos en los diferentes extractos de hojas de guayusa. Los metabolitos secundarios también pueden servir como filtro protector de los rayos ultravioleta del sol o les confieren herramientas para competir con otros organismos vegetales. Valencia, et al., (2020) en su estudio señalaron que ciertos compuestos fenólicos presentes en las plantas tienen propiedades antioxidantes que permiten capturar radicales libres, lo que genera un impacto positivo y beneficioso para la salud.

Al comparar los hallazgos obtenidos en el tamizaje fitoquímico con los datos de otros autores se puede corroborar la presencia de los metabolitos secundarios (Granja, 2022) en su estudio los ensayos del extracto etéreo arrojaron positivo a la presencia de compuestos grasos, agrupamiento lactónico y triterpenos / esteroides. El extracto etanólico contiene quinonas / benzoquinonas, saponinas, azúcares reductores y en cantidad regular las catequinas. El extracto acuoso presentó principios amargos, mucilagos y alcaloides.

### ***2.10.2. Evaluar el efecto de la temperatura del secado por convección de las hojas de guayusa en el contenido de cafeína, polifenoles, humedad y capacidad antioxidante (FRAP).***

#### ***2.10.2.1. Contenido de cafeína y teobromina***

En la tabla 10 se demuestra que la temperatura de secado tiene un impacto notable en la humedad de las muestras de la hoja de guayusa, con reducciones significativas a temperaturas más altas. La teobromina se mantiene relativamente constante, con

ligeras variaciones, mientras que la cafeína muestra una mayor sensibilidad a la temperatura, especialmente en muestras secas. Estos resultados son cruciales para optimizar los procesos de secado y asegurar la calidad del producto final, ajustando las condiciones de temperatura para lograr el balance deseado de los compuestos bioactivos.

**Tabla 9**

*Caracterización de la teobromina y cafeína*

<i>Análisis</i>	<i>UM</i>	<i>Muestra húmeda</i>			<i>Muestra seca</i>		
		60 °C	70 °C	80 °C	60 °C	70 °C	80 °C
<i>Humedad</i>	%	63,34	65,02	53,3	5,59	5,13	3,19
<i>Teobromina</i>	%	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05
<i>Cafeína</i>	%	3,10	3,0	3,11	3,02	3,53	3,41

Fuente: (INIAP, 2024) **Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

Los resultados de la humedad, teobromina y cafeína, tanto en estado húmedo como seco, revelando cómo varían las propiedades en función de la temperatura. En cuanto a la humedad, las muestras húmedas muestran una disminución notable al aumentar la temperatura de secado. A 60 °C y 70 °C, la humedad es de 63,34 % y 65,02 %, respectivamente, mientras que, a 80 °C, la humedad disminuye significativamente a 53,3 %. En las muestras secas, la humedad sigue una tendencia similar, con valores de 5,59 % a 60 °C, 5,13 % a 70 °C y una reducción más marcada a 3,19 % a 80 °C. Esto indica que temperaturas más altas son efectivas para eliminar el agua de las muestras.

En relación con la teobromina, la concentración en las muestras húmedas muestra ligeras variaciones con la temperatura: 0,04 % a 60 °C, 0,03 % a 70 °C y un incremento de 0,05 % a 80 °C. En las muestras secas, la teobromina es más constante, con valores de 0,05 % a 60 °C, 0,04 % a 70 °C y nuevamente 0,05 % a 80 °C. Esto sugiere que la teobromina no es significativamente afectada por el secado, aunque puede haber pequeñas fluctuaciones dependiendo de la temperatura. La concentración de cafeína en las muestras húmedas es relativamente estable, con 3,10 % a 60 °C, una ligera disminución a 3,0 % a 70 °C, y un leve aumento a 3,11% a 80 °C. Sin embargo, en las muestras secas, la cafeína muestra una mayor variabilidad: 3,02 % a 60 °C, un incremento considerable a 3,53 % a 70 °C, y una ligera disminución a 3,41 % a 80 °C. Esto indica que la cafeína puede ser más

sensible a las variaciones de temperatura durante el proceso de secado, especialmente en muestras que han perdido una mayor cantidad de agua.

la cafeína es sensible a las variaciones de temperatura durante un proceso de secado debido a factores como la descomposición térmica, evaporación y pérdida y reacciones químicas. Por lo cual la cafeína puede ser más sensible a las variaciones de temperatura durante el proceso de secado, especialmente en muestras que han perdido una mayor cantidad de agua (Montaño, et al., 2019).

### ***2.10.3. Establecer los modelos cinéticos del secado por convección de las hojas de guayusa.***

Los resultados de la tabla 11 muestran que el contenido de polifenoles disminuye con el tiempo a todas las temperaturas evaluadas, pero la tasa de pérdida aumenta significativamente con la temperatura. 60 °C (T1), el contenido de polifenoles disminuye de 180,23 mg/g a 139,23 mg/g en su primera muestra (M1) en 6 horas. A 70 °C, la reducción es más rápida, bajando de 184,53 mg/g a 84,22 mg/g. A 80 °C, la pérdida es aún más pronunciada, con el contenido disminuyendo de 182,65 mg/g a 41,23 mg/g en el mismo período. Estos resultados indican que las altas temperaturas aceleran la degradación de polifenoles, con una caída más rápida y significativa en comparación con las temperaturas más bajas.

**Tabla 10**

*Valores del índice del contenido de polifenoles*

*Contenido de polifenoles (mg/g)*

Hora	60 °C			70 °C			80 °C		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
0	180,23	183,87	181,32	184,53	183,45	184,59	182,65	183,47	183,24
1	171,76	170,01	171,35	150,13	152,34	151,56	136,34	137,01	136,31
2	163,56	162,56	163,78	136,41	135,82	136,34	90,23	92,34	91,64
3	162,76	163,85	163,21	112,84	113,93	112,45	64,54	64,89	65,02
4	151,05	150,34	152,76	89,23	88,84	88,45	41,23	41,34	41,98
5	142,22	141,24	141,34	84,22	84,34	84,56			
6	139,23	138,87	139,65						

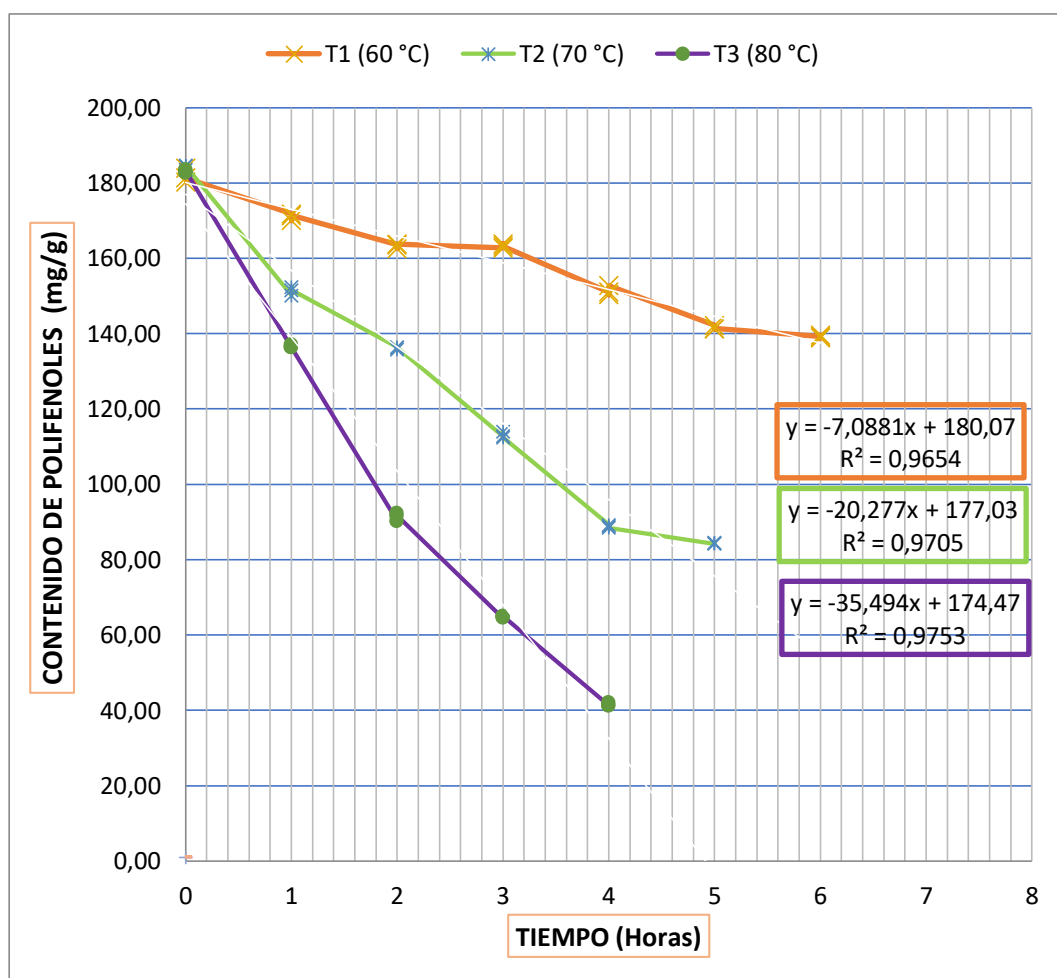
M1, M2, M3: Número de muestra

Elaborado por: Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

En la figura 2 se puede que el contenido de polifenoles disminuye con el tiempo a todas las temperaturas evaluadas, pero el ritmo de esta disminución varía según la temperatura. A 60 °C, el contenido de polifenoles muestra una disminución gradual desde aproximadamente 180 mg/g en la hora 0 hasta cerca de 139 mg/g en la hora 6. A 70 °C, la pérdida es más pronunciada, con una caída de aproximadamente 185 mg/g a 84 mg/g en el mismo período. A 80 °C, la degradación es aún más rápida, con el contenido reduciéndose de 183 mg/g a alrededor de 41 mg/g. Esto indica que las temperaturas más altas aceleran significativamente la degradación de polifenoles, evidenciando una relación directa entre la temperatura y la tasa de pérdida de estos compuestos.

**Figura 2**

*Comportamiento del índice de polifenoles de los tratamientos t1 60 °C, t2 70°C, t3 80°C*



Elaborado por: Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

Alvarez y Arcos (2021) manifiestan en su investigación que el nivel de polifenoles totales puede estar vinculado a las características intrínsecas del material vegetal empleado para la obtención de la droga cruda. Los polifenoles, compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, pueden variar en concentración según factores como la especie vegetal, las condiciones de cultivo y el proceso de extracción. Por lo tanto, la cantidad de polifenoles presentes en un material vegetal puede reflejar sus propiedades inherentes y su potencial para proporcionar beneficios terapéuticos o nutricionales.

La tabla 12 muestra la capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ) de una muestra a diferentes temperaturas (60 °C, 70 °C y 80 °C) durante un período de 6 días. Inicialmente, a 60 °C, la capacidad antioxidante se mantiene alta (alrededor de 845-847  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ), pero disminuye gradualmente con el tiempo, alcanzando valores cerca de 391  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$  al sexto día. A 70 °C, se observa una disminución más pronunciada desde el primer día (634-751  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ) hasta el final del período, con una capacidad de 267  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$  en el quinto día. A 80 °C, la capacidad antioxidante también disminuye de manera significativa desde los valores iniciales de 821-822  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ , llegando a 105  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$  al tercer día y manteniéndose en 101  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$  al cuarto día. Estos resultados indican que el aumento de la temperatura acelera la pérdida de capacidad antioxidante a lo largo del tiempo.

**Tabla 11**

*Comportamiento del índice de la capacidad antioxidante de los tratamientos T1 60°C, T2 70°C, T3 80°C*

*Capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ )*

Hora	60 °C			70 °C			80 °C		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
0	845,45	847,23	846,56	848,34	839,37	841,23	821,37	818,39	822,75
1	747,56	753,48	751,39	634,37	626,37	637,37	534,27	545,37	540,38
2	603,48	623,49	612,89	436,37	429,47	430,38	201,36	198,38	200,92
3	501,23	499,67	503,24	289,45	284,36	280,37	105,48	109,49	103,46
4	453,56	456,89	451,34	242,37	241,39	245,28	101,01	99,38	98,34
5	401,23	402,24	411,29	267,39	262,31	265,26			
6	391	394,47	390,23						

M1, M2, M3: Número de muestra

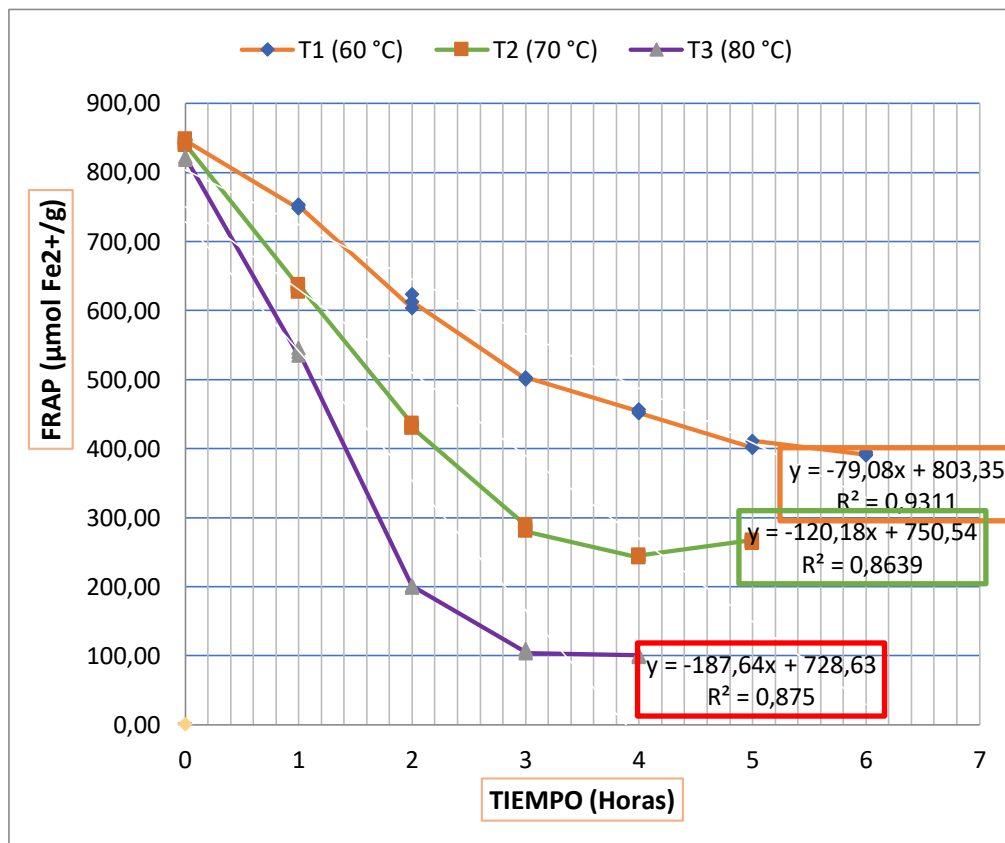
Elaborado por: Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

Según la investigación llevada a cabo por Jaramillo y Ojeda (2018), la guayusa es una planta con propiedades antioxidantes, las cuales se manifiestan tanto en su actividad primaria como en su capacidad preventiva (actividad antioxidante secundaria). Estas propiedades antioxidantes hacen que la I. guayusa sea valiosa para combatir el estrés oxidativo en las células, lo cual puede tener beneficios significativos para la salud, incluyendo la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como las enfermedades cardíacas y el cáncer.

La figura 3 muestra la variación de la capacidad antioxidante, medido como FRAP en  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{L}$ , en función de las horas para tres tratamientos a diferentes temperaturas: 60 °C (t1), 70 °C (t2) y 80 °C (t3). Los resultados indican que, a medida que la temperatura de tratamiento aumenta, la disminución del poder antioxidante ocurre de manera más rápida. Esto se refleja en las ecuaciones de las líneas de tendencia para cada tratamiento, con pendientes más negativas a mayor temperatura, destacando el efecto degradativo del calor sobre los compuestos antioxidantes. El tratamiento a 80 °C muestra la mayor reducción en el poder antioxidante, seguido por el de 70 °C y finalmente el de 60 °C. Los altos valores de ( $R^2$ ) para las ecuaciones de tendencia sugieren un buen ajuste de los datos experimentales a los modelos lineales utilizados, destacando la consistencia de los resultados obtenidos.

**Figura 3**

Comportamiento del índice de antioxidantes de los tratamientos  $t_1$  60°C,  $t_2$  70°C,  $t_3$  80°C



Elaborado por: Autoras (Jaramillo y Licuy, 2024)

Según Mena, et al., (2016) es una planta con propiedades antioxidantes, presentando actividad tanto primaria como secundaria (preventiva). Estas características antioxidantes le permiten neutralizar los radicales libres y proteger las células del daño oxidativo, lo cual es fundamental para la prevención de diversas enfermedades crónicas y el mantenimiento de la salud celular.

La tabla 13 muestra la degradación de polifenoles (CP) en mg/g bajo diferentes tratamientos térmicos (a 60, 70 y 80 °C). Se presentan modelos matemáticos para describir la degradación de polifenoles en función del tiempo (t) y se incluye la correlación (R²) de estos modelos para cada tratamiento.

**Tabla 12***Degradación de polifenoles (CP) en mg/g a diferentes temperaturas (60*

<b>CONTENIDO DE POLIFENOLES (mg/g)</b>			
<b>Tratamiento</b>	<b>Pseudo-orden de reacción</b>	<b>Modelo**</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
t1 (60 °C)	0	CP = -7,0881t + 180,07	0,9654
	1	Ln CP = -0,0448t + 5,1979	0,9658
t2 (70 °C)	0	CP = -20,277t + 177,03	0,9705
	1	Ln CP = -0,1625t + 5,2062	0,982
t3 (80 °C)	0	CP = -35,494t + 174,47	0,9753
	1	Ln CP = -0,3713t + 5,2506	0,9956

*°C, 70 °C, 80 °C) durante tratamientos térmicos***Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

A medida que aumenta la temperatura, los valores del coeficiente de la pendiente (que representa la velocidad de degradación) son mayores, lo que indica que la degradación de polifenoles es más rápida a temperaturas más altas. Los valores de R<sup>2</sup> son altos para todos los modelos, lo que sugiere una buena correlación entre los modelos propuestos y los datos experimentales. La pseudo-orden de reacción 1 parece ser ligeramente mejor en términos de ajuste (R<sup>2</sup> más alto) en comparación con la pseudo-orden 0, especialmente a las temperaturas más altas (70 y 80 °C).

Esto indica que los polifenoles se degradan más rápidamente con el aumento de la temperatura, y el modelo de pseudo-orden 1 puede ser más adecuado para describir esta degradación en estos tratamientos térmicos.

La tabla 14 presenta los resultados obtenidos indican que la capacidad antioxidante medida como FRAP ( $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ) en las hojas de guayusa disminuye con el tiempo bajo diferentes tratamientos térmicos (t1: 60 °C, t2: 70 °C, t3: 80 °C). Se evaluaron modelos de regresión de pseudo-orden cero y uno para describir esta disminución. En general, los modelos de primer orden mostraron un mejor ajuste, con coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) superiores en comparación con los de orden cero, destacando especialmente para el tratamiento a 60 °C con un R<sup>2</sup> de 0.9636.

Además, se observó que la constante de reacción aumenta con la temperatura, lo que sugiere una aceleración en la cinética de descomposición de la actividad antioxidante a mayores temperaturas, evidenciando una mayor sensibilidad del material a las condiciones térmicas más elevadas

**Tabla 13**

*Degradación de polifenoles (CA) en mg/g a diferentes temperaturas (60°C, 70°C, 80°C) durante tratamientos térmicos*

<b>FRAP <math>\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}</math></b>			
<b>Tratamiento</b>	<b>Pseudo-orden de reacción</b>	<b>Modelo**</b>	<b>R2</b>
t1 (60 °C)	0	CA = 79,08t + 803,35	0,9311
	1	Ln CA = -13,73t + 6,7107	0,9636
t2 (70 °C)	0	CA = -120,18t + 750,54	0,8639
	1	Ln CA = -0,2593t + 6,6448	0,9009
t3 (80 °C)	0	CA = -187,64t + 728,63	0,875
	1	Ln CA = -0,5846t + 6,6825	0,9394

**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

La tabla 15 muestra los resultados de tres tratamientos diferentes (T1, T2 y T3) en términos de velocidad de reacción, en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. Todos los tratamientos tienen un pseudo-orden de reacción de 1, lo que significa que la velocidad de reacción es directamente proporcional a la concentración de un solo reactivo. El tratamiento T3 tiene la mayor cantidad de polifenoles (0,3713 mg/g) y también la mayor capacidad antioxidante (0,5846  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ). El tratamiento T2 tiene la segunda cantidad más alta de polifenoles (0,1625 mg/g) y la segunda capacidad antioxidante más alta (0,2593  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ). El tratamiento T1 tiene la menor cantidad de polifenoles (0,0448 mg/g) y la capacidad antioxidante más baja (0,1373  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ).

**Tabla 14**

*Velocidad de reacción de los polifenoles y la capacidad antioxidante de las hojas de guayusa*

<b>VELOCIDAD DE REACCIÓN</b>			
<b>Tratamiento</b>	<b>Pseudo-orden de reacción</b>	<b>Polifenoles (mg/g)</b>	<b>Capacidad antioxidante (<math>\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}</math>)</b>
T1	1	0,0448	0,1373
T2	1	0,1625	0,2593
T3	1	0,3713	0,5846

**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

La industria alimentaria recurre a los antioxidantes para ralentizar los procesos de oxidación en los alimentos, evitando así su deterioro prematuro. Según la

Organización Mundial de la Salud (2018), el empleo de aditivos alimentarios está justificado siempre y cuando no represente un riesgo para la salud del consumidor y cumpla con una función tecnológica específica, como preservar la calidad nutricional de los alimentos o mejorar su estabilidad a lo largo del tiempo.

En un estudio, Castillo (2019) explica que los antioxidantes funcionan al donar electrones, lo que los convierte en radicales libres; sin embargo, estos radicales no son reactivos y, por lo tanto, no causan daño. Maldonado (2021) sostiene que el uso de aditivos es esencial en el procesamiento de alimentos, ya que permite la creación de nuevos productos y asegura su inocuidad, frescura, sabor, textura y apariencia.

Los resultados de la tabla 16 indican que los niveles de antioxidantes y polifenoles disminuyen significativamente a medida que aumenta la temperatura, sugiriendo una degradación térmica de estos compuestos. A 60°C, los antioxidantes y polifenoles son más altos (M1 391 AN - 139,23 PO, M2 394,47 AN 138,87 PO, M3 390,23 AN – 139,65 PO), pero disminuyen drásticamente a 70°C (M1 267,39 AN – 84,22 PO, M2 262,31 AN 84,34 PO, M3 265,26 AN – 84,56 PO), y aún más a 80°C (M1 101,01 AN – 41,23 PO, M2 99,38 AN - 41,34 PO, M3 98,34 AN – 41,98 PO). La humedad también se reduce con el aumento de temperatura, lo que es consistente con una mayor pérdida de agua. En contraste, los niveles de teobromina y cafeína se mantienen relativamente estables, mostrando ligeras variaciones que van de 0,03 a 0,06 TE y 3,01 a 3,55. Esto sugiere que, aunque la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles son sensibles al calor, la teobromina y la cafeína son más resistentes a las variaciones térmicas.

**Tabla 15**

*Resultados finales del tratamiento de secado por convección.*

<b>Temperatura °C</b>	<b>Tr</b>	<b>AN</b>	<b>PO</b>	<b>HU</b>	<b>TE</b>	<b>CF</b>
<b>60</b>	M1	391	139,23	5,59	0,05	3,02
	M2	394,47	138,87	5,57	0,06	3,01
	M3	390,23	139,65	5,61	0,04	3,03
<b>70</b>	M1	267,39	84,22	5,13	0,04	3,53
	M2	262,31	84,34	5,11	0,03	3,55
	M3	265,26	84,56	5,15	0,05	3,54
<b>80</b>	M1	101,01	41,23	3,19	0,05	3,41
	M2	99,38	41,34	3,17	0,04	3,42
	M3	98,34	41,98	3,21	0,04	3,40

**Tr:** Tratamiento, **M1, M2, M3:** Número de muestra, **AN:** Antioxidantes  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$   
**PO:** Polifenoles, **HU:** Humedad, **TE:** Teobromina, **CF:** Cafeína

**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

La tabla 17 presenta el análisis de varianza de los tratamientos de secado por convección en función de los parámetros fisicoquímicos. La capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ) tiene un coeficiente de variación (CV) del 0,84% y un valor p de  $<0,0001$ , lo que indica una variabilidad baja y una diferencia estadísticamente significativa. El contenido de polifenoles (mg/g) presenta un CV del 0,38% y un valor p de  $<0,001$ , también mostrando baja variabilidad y significancia estadística. En cuanto a la cafeína, el CV es del 0,43% con un valor p de  $<0,001$ , indicando consistencia y significancia. La teobromina tiene un CV considerablemente alto del 21,08%, pero no se reporta un valor p significativo (0,567), sugiriendo alta variabilidad y falta de significancia estadística en este caso. Estos resultados indican que, excepto por la teobromina, las otras características evaluadas tienen una baja variabilidad y diferencias significativas en los análisis realizados.

**Tabla 16**

*Análisis de varianza de los tratamientos de secado por convección en función de los parámetros físicos y químicos.*

Características sensoriales	CV (%)	Valor p
Capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ )	0,84	$<0,0001^{**}$
Contenido de polifenoles (mg/g)	0,38	$<0,001^{**}$
Humedad	0,43	$<0,001^{**}$
Teobromina	21,08	0,567
Cafeína	0,30	$<0,001^{**}$

\*\*Valor significativo para  $p \leq 0,05$ .

CV: Coeficiente de variación.

**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

La prueba de Tukey al 5% evidenciada en la tabla 18 para la capacidad antioxidante, contenido de polifenoles, humedad, teobromina y cafeína se presentan con las letras A, B y C, donde las medias que comparten la misma letra no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 17**

*Prueba de Tukey al 5 % para la capacidad antioxidante, contenido de polifenoles, humedad, teobromina y cafeína.*

Característica sensorial	T1	T2	T3
Capacidad antioxidante ( $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ )	A	B	C
Contenido de polifenoles (mg/g)	A	B	C
Humedad	A	B	C
Cafeína	C	A	B

T1: 60°C, T2: 70°C, T3 80°C

Medias con una letra igual no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

A, B, C, representa en orden decreciente la media de la capacidad antioxidante, contenido de polifenoles, humedad, teobromina y cafeína.

**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

La capacidad antioxidante es mayor a 60 °C (t1) y disminuye significativamente con el aumento de la temperatura. No hay diferencias significativas entre t1 y t2, ni entre t2 y t3, pero t1 es significativamente diferente de t3. El contenido de polifenoles es más alto a 60°C y disminuye significativamente con el aumento de la temperatura. t1 es significativamente diferente de t3, pero no hay diferencias significativas entre t1 y t2, ni entre t2 y t3. La humedad es mayor a 60°C y menor a 80°C, con diferencias significativas entre t1, t2 y t3. En el caso de la cafeína, la concentración es mayor a 70 °C (t2) y menor a 60 °C (t1), con diferencias significativas entre los tres tratamientos. t1 (60°C) y t3 (80°C) no son significativamente diferentes, pero ambos son significativamente diferentes de t2 (70°C).

### **3. IMPACTOS DEL PROYECTO**

#### **3.1. Técnicos**

La investigación sobre la cinética del secado por convección de las hojas de guayusa (*Ilex guayusa*) al controlar los parámetros del secado, como la temperatura y el tiempo, es posible preservar los compuestos bioactivos y las características sensoriales de la guayusa, que son esenciales para su uso en productos nutracéuticos y alimenticios. Además, un procedimiento de cinética de secado eficiente permitirá minimizar el consumo energético y reducir los costos operativos, lo que es vital para la viabilidad económica de la producción a escala industrial.

#### **3.2. Sociales**

La investigación sobre la cinética de secado por convección de la hoja de guayusa tiene un impacto significativo, especialmente en las comunidades agrícolas que dependen de este cultivo. Al controlar el proceso de secado, se incrementa la calidad del producto final, además preserva los compuestos bioactivos de las hojas, se potencia su valor nutracéutico, aumentando su demanda tanto a nivel nacional como internacional. Promoviendo la preservación del conocimiento tradicional y la diversidad biológica de la región, contribuyendo al bienestar social y cultural de las poblaciones involucradas.

### **3.3. Económicos**

La investigación sobre la cinética de secado por convección de la hoja de guayusa tiene un notable impacto económico, especialmente en las industrias agrícola y manufacturera, debido a que logra una producción más eficiente, reduciendo los costos energéticos y optimizando el tiempo, para obtener un producto de calidad y de esta manera comercializarlo a precios más competitivos, incrementando así las ganancias para los productores y procesadores. Además, un producto final con un mayor contenido de compuestos bioactivos puede acceder a nuevos mercados, impulsando la economía local y crea empleo en las zonas donde se cultiva guayusa.

### **3.4. Ambientales**

Al hacer el proceso más eficiente, se puede reducir el consumo de energía, lo que disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. A la eficiencia del proceso, se disminuye la generación de residuos, puesto que se aprovecha de mejor la materia prima, reduciendo la cantidad de desechos.

## 4. RECURSOS Y PRESUPUESTO

Tabla 18

Presupuesto de la investigación

Cantidad	Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO			
		H. uso	Valor Unitario \$	Depreciación de 120 días	
<b>Equipos</b>					
1	Estufa	120	0,0935	11,22	
1	Balanza analítica	20	0,2460	4,92	
1	Espectrofotómetro	15	0,1758	2,63	
1	Incubadora	80	0,1370	10,96	
				30,77	
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unitario \$	Valor \$	Total
<b>Materiales</b>					
15	Matraz Erlenmeyer 100 ml de vidrio	U	2,25	33,75	
12	Matraz Erlenmeyer 250 ml de vidrio	U	3,05	36,60	
3	Matraz aforado 100ml t/plástico	U	6,00	18,00	
1	Micropipeta Microlit 100-1000 µl volumen variable	U	90,00	90,00	
4	Pipeta 10 ml	U	5,00	20,00	
1	Piseta plástica 500ml	U	2,80	2,80	
1	Punta Microlit 1000 µl paquete	U	22,00	22,00	
1	Punta 10 a 200 µl con caja porta puntas amarillas	U	21,00	21,00	
4	Matraz aforado 50ml t/plástico	U	7,50	30,00	
2	Matraz aforado 10ml t/plástico	U	5,15	10,30	
3	Vasos de precipitación 250 ml	U	3,10	9,30	
1	Papel aluminio	U	2,10	2,10	
1	Limpión industrial	M	3,23	3,23	
1	Alcohol antiséptico	L	3,80	3,85	
2	Agua destilada	L	1,60	3,20	
1	Jabón liquido	L	1,90	1,90	
				308,03	
<b>Reactivos</b>					
6	Etanol	L	12	72,00	
1	TPTZ 3g	G	460	460,00	
1	Carbonato de sodio	G	68	68,00	

1	<i>Folin-Ciocalteu</i>	<i>Ml</i>	147	147,00
1	<i>Ácido Gálico</i>	<i>G</i>	1138	138,00
				885,00
	<b><i>Material Bibliográfico y fotocopias.</i></b>			
2	<i>Esferos.</i>	<i>U</i>	0,80	1,60
160	<i>Impresiones.</i>	<i>U</i>	0,05	8,00
300	<i>Computadora</i>	<i>U</i>	0,550	165,00
				174,60
	<b><i>Gastos varios</i></b>			
600	<i>Internet</i>	<i>Horas</i>	0,14	84,00
140	<i>Transporte</i>	<i>Días</i>	10,00	1400,00
100	<i>Alimentación</i>	<i>Días</i>	6	600,00
				2084,00
	<b><i>Materia prima</i></b>			
10	<i>Guayusa</i>	<i>Kg</i>	0.90	9,00
				9,00
	<b><i>Análisis de laboratorio</i></b>			
1	<i>Teobromina y cafeína</i>	<i>U</i>	400	245,00
				245,00
	<b><i>TOTAL</i></b>			3682,40

**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

## 5. CONCLUSIONES

- En el análisis del tamizaje fitoquímico de los compuestos bioactivos revelan diferencias notables en la composición de los extractos etéreo, etanólico y acuoso. El extracto etéreo se distingue por su riqueza en compuestos grasos y triterpenos/esteroides, lo que refleja su naturaleza lipofílica. Por otro lado, el extracto etanólico destaca por su alta concentración de alcaloides, compuestos fenólicos, flavonoides y catequinas, sugiriendo su capacidad para extraer estos compuestos en solventes orgánicos. Finalmente, el extracto acuoso sobresale por su abundancia en alcaloides, azúcares reductores, compuestos fenólicos y flavonoides, además de la presencia de mucílagos y principios amargos, lo que evidencia su eficacia en la extracción de sustancias solubles en agua.
- La humedad, la teobromina y la cafeína varían con la temperatura de secado. En las muestras húmedas, la humedad disminuye de 63,34 % a 60 °C y 65,02 % a 70 °C a 53,3 % a 80 °C. En las muestras secas, la humedad también baja, de 5,59 % a 60 °C a 3,19 % a 80 °C, indicando que temperaturas más altas eliminan más agua. La teobromina en muestras húmedas varía ligeramente: 0,04 % a 60 °C, 0,03 % a 70 °C y 0,05 % a 80 °C, mientras que en las muestras secas se mantiene constante (0,05% a 60 °C, 0,04 % a 70 °C y 0,05 % a 80 °C). La cafeína en las muestras húmedas se mantiene relativamente estable, con 3,10 % a 60 °C, 3,0 % a 70 °C y 3,11 % a 80 °C. En las muestras secas, la cafeína muestra más variabilidad, aumentando de 3,02% a 60 °C a 3,53% a 70 °C y luego disminuyendo a 3,41 % a 80 °C, lo que sugiere una mayor sensibilidad a la temperatura durante el secado.
- La capacidad antioxidante como el de polifenoles disminuyen notablemente con el aumento de la temperatura, indicando una degradación térmica de estos compuestos. A 60 °C, se observan los valores más altos de antioxidantes (391; 394,47; 390,23  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ) y polifenoles (139,23; 138,87; 139,65 mg/g). Sin embargo, estos niveles disminuyen drásticamente a 70 °C (267,39; 262,31; 265,26  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ) y se reducen aún más a

80 °C (101,01; 99,38; 98,34  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ). La humedad también disminuye con el aumento de temperatura, lo que coincide con una mayor pérdida de agua. En contraste, los niveles de teobromina (0,03-0,06 %) y cafeína (3,01-3,55 %) permanecen relativamente estables, con solo ligeras variaciones. Estos resultados sugieren que, mientras los antioxidantes y los polifenoles son sensibles al calor, la teobromina y la cafeína mantienen su estabilidad a diferentes temperaturas. Por lo tanto, para preservar de manera óptima los antioxidantes y los polifenoles, se recomienda utilizar temperaturas de secado más bajas, idealmente 60 °C.

## 6. RECOMENDACIONES

- Identificar las condiciones óptimas de temperatura, velocidad del aire y tiempo de secado para maximizar la retención de compuestos bioactivos en la hoja de guayusa, asegurando al mismo tiempo la eficiencia energética.
- Implementar sistemas de control y monitoreo en tiempo real durante el secado por convección. Esto incluye sensores de temperatura y humedad que permitan ajustes automáticos en el proceso, asegurando la uniformidad del secado y la calidad del producto final.
- Realizar análisis periódicos de las propiedades físicas y químicas de la guayusa después del secado, tales como contenido de humedad, actividad antioxidante y concentración de compuestos bioactivos, para garantizar que el proceso mantiene la integridad del producto.
- Investigar y adoptar tecnologías energéticamente eficientes, como el uso de fuentes de energía renovables o el desarrollo de técnicas de secado a baja temperatura, para maximizar el contenido de los compuestos bioactivos de la hoja de guayusa debido que a temperaturas elevadas se volatilizan.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, K. (2021). *Perspectiva del consumidor guayaquileño respecto a las certificaciones de productos orgánicos. [Tesis-Licenciatura de administración de empresas; Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19783>
- Alvarado , A., & Paredes, L. (2021). *Analisis de los principios activos y sus aplicaciones industriales de la guayusa (Ilex guayusa) y hierba luisa (Cymbopopon citratus ) en la Amazonía. [Tesis-Carrera de Ingeniería Agroindustrial; Universidad Estatal Amazónica]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/1261>
- Álvarez , R., & Luna, S. (2020). *Elaboración de un preparado hidrosoluble en forma de sólido pulverulento a partir de Ilex Guayusa Loes. [Tesis-Ingeniería Agroindustrial; Universidad Estatal Amazónica]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/864>
- Alvarez, P., & Arcos, E. (2021). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del sunfo (Clinopodium nubigenum Kuntze) ” en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10138>
- Angeles, C., & Rangel, F. (2019). *Cinética del secado convectivo de hojas de Minthostachys mollis (Muña). [Tesis-Maestría Ingeniería química; Universidad Nacional de callao]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12952/3365>
- Báez, M., Torres, E., Gruszycki, E., Valenzuela, G., & Gruszycki, M. (2021). *Actividad antioxidante y antiinflamatoria en extractos hidroalcohólicos de Kalanchoe daigremontiana Raym. -Hamet & H. Perrier. Scielo, 50(1), 86-99. doi:https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v50n1.95450*

- Baquerizo, A. (2023). *Modelado de la cinética de secado e isoterma de adsorción de agua de oca amarilla (Oxalis tuberosa variedad amarilla) y oca roja (Oxalis tuberosa variedad roja)*. [Tesis-Carrera de Alimentos; Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/37930>
- Cadena, S., Parolo, D., Bella, A., Bella, R., Müller, J., & Haiko, H. (2019). Actividad biológica de extractos de hojas de guayusa ( *Ilex guayusa* Loes.) obtenidos mediante CO<sub>2</sub> supercrítico y etanol como cosolvente. *Elsevier*(152). doi:<https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104543>
- Calva, C. (2023). *Desarrollo de gomitas a base de guayusa (Ilex guayusa) saborizada con frutas*. [Tesis-Química de los alimentos, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/32979>
- Cañar, J. (2023). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa para la elaboración de una bebida energizante con guayusa (Ilex guayusa) y pepino dulce (Solanum muricatum) en la Provincia de Tungurahua*. [Tesis-Carrera Ingeniería en Alimentos: UTA]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/39227>
- Castañeda, A., & Zavaleta, N. (2019). Optimización del proceso de extracción del mucílago de *Linum usitatissimum* utilizando un diseño secuencial. *SciELO*, 19-28. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.02>
- Castillo, B., Mejía, G., Castillo, M., Gutiérrez, J., & Quiroz, R. (2019). Modelado matemático del secado de hojas de orégano (*Plectranthus amboinicus*) utilizando tecnologías directas e indirectas. *Redalyc*, 23(3), 1-11. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/467/46761359007/html/>
- Castillo, E. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *SciELO*, 19(4), 95-100. doi:<http://dx.doi.org/10.25176/RFMH.v19i4.2351>
- Cevallos, E. (2021). *Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (Amaranthus spp.) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante*. [Tesis- Mestría en Agroindustria; UTC].

- Repositorio institucional. Obtenido de  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8125>
- Chamba , Y., & Quispe, S. (2021). *Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (origanum vulgare, l), mediante secado por aspersión. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8159>
- Chillagana, E., & Veloz, D. (2019). *Extracción acuosa y secado del mucilago de Yausabara (Pavonia sepium A. St-Hil. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6040>
- Chillerón, Z. (2020). *Optimización en la obtención de infusiones de guayusa (Ilex guayusa; Loes. 1901) con alto contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante. [Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos; Universidad Politécnica de Valencia]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/147816>
- Condori, B., & Ticllacuri, M. (2022). *Determinación de los parámetros óptimos para el secado – cocción de carne de alpaca (Vicugna pacos). [Tesis- Ingeniería Agroindustrial; Universidad Nacional de Huancavelica]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5386>
- Coronado, M., Vega, S., Rey, L., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Scielo*, 42(2), 206-212. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Duarte, H. (2020). *Exportación de té de guayusa con menta y jengibre al mercado de España. [Tesis - Ingeniería en Comercio Exterior; Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3975>
- Dueñas, A., Castañeda, R., Martín, L., Ojito, K., & Guerra, J. (2020). Estudio fitoquímico de la especie endémica cubana *Zanthoxylum pseudodumosum*, una planta con potencial actividad antifúngica. *SciELO*, 32(3), 406-419. Obtenido de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2224-54212020000300406](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-54212020000300406)

Dueñas, E., Burgos, G., Cedeño, U., & Munizaga, D. (2023). Coinética de secado para malta procesada y base cereal local para cerveza artesanal. *Scielo*, 50(4), 1-12. Obtenido de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612023000400045](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612023000400045)

Fetzner, A. (2019). *Plantas medicinales: Sanos gracias al poder de la naturaleza*. Babelcube Inc.

Fuenmayor, O., & Moya, K. (2020). “Estabilidad dimensional asociada al tiempo y conservación de impresiones dentales primarias entre dos tipos de alginatos”. [Tesis Odontología; ]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6562>

Gadsanfernando. (2021). *Ubicación Geografica*. Obtenido de <https://www.gadsanfernando.gob.ec/parroquia/ubicacion-geografica.html#:~:text=Geogr%C3%A1ficamente%20est%C3%A1%20localizada%20al%20occidente,%2043%22%20de%20latitud%20sur>

Galaussi, A., Moya, M., Gillij, Y., Prand, M., Marchese, F., & Hornos, M. (2020). Atributos de la inflorescencia y diseminulos de *Chascolytrum subaristatum* (Lam.) Desv. *Redalyc*, 43(2), 129-135. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/2691/269164290006/html/>

González, C., Cabezas, M., Pulido, V., & Celis, X. (2020). Amaryllidaceae: fuente potencial de alcaloides. *Actividades biológicas y farmacológicas. Uptc*, 17(3), 78-94. doi:<https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.11062>

Granja, D. (2022). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir de la guayusa (Ilex guayusa loes) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante*. [Tesis - Maestría en Agroindustrial, Mención Tecnología de Alimentos; Universidad]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8880>

Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-

- acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173. Obtenido de <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>
- Gutiérrez, M., Rodríguez, L., Alva, P., Abanto, F., Chávez, L., & Saavedra, S. (2023). Nivel de conocimiento de antioxidantes y su relación con el estilo de vida. *Scielo*, 21(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2023.e21122302>
- Ibarra, Z. (2022). Antioxidantes producidos por microorganismos acuáticos y terrestres con uso potencial en cosméticos. *Scielo*, 44(116), 1-19. doi:<https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v44n116a02>
- Idrovo, C. (2022). *Análisis de flavonoides en Ilex guayusa Loes. (guayusa) y cáscaras de Hylocereus undatus (pitahaya roja) con técnicas instrumentales para su posible aplicación en productos farmacéuticos. [Tesis-Ingeniería en Biotecnología de los Recursos Naturales]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23666>
- Intagri. (2018). Aminoácidos para la bioestimulación de cultivos hortofrutícolas. *Intagri*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/aminoacidos-para-la-bioestimulacion-de-cultivos-hortofruticolas>
- Jaguaco, G., & Mena, J. (2023). “Evaluación de la osmolalidad de la bebida energizante a base de tuna (*opuntia ficus-indica*) y guayusa (*ilex guayusa*). [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10949>
- Japa, L. (2022). *Efectos de los métodos de deshidratación de frutas sobre sus propiedades nutricionales y sensoriales. [Trabajo de titulación-Carrera Ingeniería en Alimentos; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34929>
- Jaramillo, X., & Ojeda, S. (2018). Actividad hipoglucemiante y antioxidante in vitro de algunas plantas medicinales utilizadas en el tratamiento de la diabetes en el sur de Ecuador. *Axioma*, 18, 23-36. doi:<https://doi.org/10.26621/XIV18.2018.06.A03.PUCESI.2550.6684>

- Lustre, H. (2022). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Unam*, 23(2), 1-8.  
doi:<http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>
- Macas, V. (2021). *Uso de extractos de Ilex guayusa como antioxidante en alimentos procesados. [Tesis-Bioquímico Farmacéutico; Universidad Técnica Particular de Loja]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/20.500.11962/27874>
- Maldonado, M. (2021). Nuevos desafíos para la industria alimentaria y los nuevos conocimientos acerca del tercer cerebro. *Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(4), 92-97. doi:<https://doi.org/10.35454/rncm.v4n4.326>
- Manzano, P., Quijano, M., Chóez, I., Barragán, A., Viteri, R., Martínez, D., . . . Miranda, M. (2018). Efecto de los métodos de secado sobre las propiedades físicas y químicas de las hojas de *Ilex guayusa*. *Scielo*, 71(3), 1-6. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472018000308617](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472018000308617)
- Martínez, K., Serna, J., Hernández, M., & Torres, L. (2019). Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Físicoquímicas. *Scielo*, 30(2), 189-200.  
doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200189>
- Mena, Y., Gonzáles, D., Valido, A., Pizarro, A., Castillo, O., & Escobar, R. (2016). Estudio fitoquímico de extractos de hojas de *Cnidioscolus chayamansa* Mc Vaugh (Chaya). *Cubana Plant Med*, 21(4), 1-15.  
Obtenido de <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/390/198>
- Montaño, J., Rosillo, E., Zhinín, H., & Pucha, D. (2019). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Ilex guayusa* Loes. *Unl*, 9(1), 31-45. Obtenido de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/583>
- Moya, K. (2020). “Estabilidad dimensional asociada al tiempo y conservación de impresiones dentales primarias entre dos tipos de alginatos”. [Tesis

- Odontología; Universidad Nacional de Chimborazo*]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6562>
- Naranjo, C., & Tapia, E. (2019). *Bebida energizante a base de los extractos de la planta SUNFO (clinopodium nubigenum), flores de Ñachag (bidens andícola) y hojas de Guayusa (ilex Guayusa)*. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8516>
- Navarrete, V., & Tapia, M. (2022). *Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (Eryngium foetidum), mediante secado por aspersion*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9358>
- Ocaña, A., & Ortiz, I. (2021). *Modelado del proceso de transferencia de calor y masa durante el secado por convección de frutas*. [Tesis-Área de energía; Universidad de Piura]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/4994>
- OMS. (2018). *Aditivos alimentarios*. Obtenido de Organización mundial de la salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>
- Paladines, G., Orellana, A., Sarmiento, G., Piloza, G., Zaruma, E., Ortíz, J., . . . Manzano Patricia. (2021). Toxicidad oral aguda de una novedosa bebida funcional a base de Ilex guayusa, Vernonanthura patens y cáscara de cacao. *Elsevier*, 8, 747-752.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.03.026>
- Parra, D. (2020). *Determinación de parámetros de osmódeshidratación y deshidratación convectiva de la variedad de piña samba de Chanchamayo (Ananas comosus L. mer cv. Samba de Chanchamayo)*. [Tesis de pregrado; Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6777>
- Pérez, C. (2022). *Microencapsulación de compuestos fenólicos de la planta de sunfo (Clinopodium nubigenum Kunth Kuntze), mediante secado por aspersion*. [Tesis - Maestría en Agroindustrial, Mención Tecnología de Alimentos; Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9076>

- Pérez, E., Castillo, V., Ortega, J., Sandoval, L., Medina, D., Ramírez, M., & Ettiene, G. (2020). Catequina y epicatequina en hojas de guayabo Criolla Roja. *Dialnet*, 37(3), 262-279. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7499572>
- Proaño, C., & Vélez, T. (2021). *Influencia de las alternativas de secado, temperatura y humedad relativa sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao. [Tesis-Ingeniería Agrícola]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1545>
- Pujol, A., Tamargo, B., Salas, E., Calzadilla, C., Acevedo, R., & Sierra, G. (2020). Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta *Sapindus saponaria* L que crece en Cuba. *Bionatura*, 5(3), 1209-1214. doi:<http://dx.doi.org/10.21931/RB/20120.05.03.7>
- Ramírez, J., Cortés, M., & Hincapié, C. (2019). Optimización del proceso de liofilización y comparación con el secado por convección de estragón ruso (*Artemisia dracunculoides* L.). *Scielo*, 68(3), 167-174. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122019000300167&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122019000300167&script=sci_arttext)
- Remache, L. (2020). *Diseño y construcción de un prototipo de deshidratador de flores y hierbas aromáticas, aplicando un control de temperatura y humedad. [Trabajos de titulación AEIRNNR; Universidad Nacional de Loja]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23596>
- Salazar, D., Portugal, E., & Fierro, D. (2022). Producción y consumo de manera responsable de alimentos y bebidas en la ciudad de Quito. *Ibbova*, 7(1), 140-165. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v7.n1.2022.1965>
- Salazar, E. (2020). *Modelado de la cinética de secado por convección forzada de la semilla de pajuro (Erythrina edulis Triana). [Tesis-Ingeniería en Industrias Alimentarias; Universidad Agraria de la Selva]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1823>
- Salvo, A., & Franco, J. (2022). Actualización del estado de arte del secado solar de alimentos a partir de una revisión bibliográfica latinoamericana.

- Redalyc*, 23(2), 101-124. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81373798003>
- Sandoval, J. (2020). *Modelación de la cinética de secado convectivo del arándano con pretratamiento osmótico. [Tesis-Maestría en Ciencias en Agrobiotecnología; Instituto Tecnológico de Tlajomulco]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/6046>
- Silva, J. (2022). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (Anethum graveolens) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante [Tesis - Maestría en Agroindustrial, Mención Tecnología de Alimentos; UTC]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8381>
- Silva, R., Mendoza, D., Eccoña, A., & Della, P. (2022). Secado de hojas de muña (*Mintostachys mollis*): modelado, cinética y propiedades termodinámicas. *Scielo*, 13(4), 60-74. Obtenido de <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.827>
- Surco, F., Ayquipa, H., Quispe, W., García, J., & Valle, M. (2020). Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante de extracto de semillas de uvas residuos de la producción de Piscos. *Scielo*, 2(86), 123-131.
- Tech. (2021). *Resinas y su aplicación*. Obtenido de Universidad digital del mundo: <https://www.techtitute.com/ar/farmacia/blog/resinas-aplicacion#>
- Valencia, D., Rueda, E., Leyva, M., Sergio, M., & Ortega, J. (2020). Compuestos bioactivos, actividad antioxidante y perfil de ácidos grasos en aceite de semilla de Mezquite (*Prosopis* spp). *Scielo*, 7(1), 50-60. doi:<https://doi.org/10.37527/2020.70.1.006>
- Villa, D., Osorio, M., & Villacis, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las ciencias*, 6(2), 503-524. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1181>
- Waizel, J., & Waizel, S. (2019). Las plantas con principios amargos y su uso edicinal. ¿Un futuro dulce? *Anales de otorrinolaringología Mexicana*,

202-228. Obtenido de <https://otorrino.org.mx/article/las-plantas-con-principios-amargos-y-su-uso-medicinal-un-futuro-dulce/>

Waizel, J., & Waizel, S. (2019). Las plantas con principios amargos y su uso medicinal. ¿Un futuro dulce? *Anales de Otorrinolaringología Mexicana*, 207. Obtenido de <https://otorrino.org.mx/article/las-plantas-con-principios-amargos-y-su-uso-medicinal-un-futuro-dulce/>

Zárate, W., Gonzáles, S., Ramírez, F., Robledo, A., & Juárez, A. (2021). Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Redalyc*, 32(3), 854-868. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43768194011/html/>

## 8. ANEXOS

### *Anexo 1 Datos informativos del docente tutor*

#### **DATOS PERSONALES**

APELLIDOS Y NOMBRES	:	Rojas Molina Jaime Orlando	
CÉDULA DE CIUDADANÍA	:	0502645435	
FECHA DE NACIMIENTO	:	15/10/1984	
ESTADO CIVIL	:	Divorciado	
CIUDAD	:	Latacunga	
DOMICILIO	:	La Merced, Quijano y Ordoñez y Juan Abel Echeverría 7-60	
TELÉFONO	:	(03)2802455 / 0999084592	
LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL	:	DOCENTE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
TELÉFONO	:	0322253162	
CORREO ELECTRÓNICO	:	rojas_orlando1984@hotmail.com	
CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	:	jaime.rojas@utc.edu.ec	

*Anexo 2 Datos informativos de la estudiante Jaramillo Katherin*

**Datos personales**

**Apellidos y nombres:** Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline

**Cédula de ciudadanía:** 050473663-8

**Fecha de nacimiento:** 11 de noviembre de 2000

**Estado civil:** Soltera

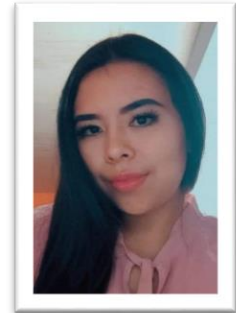
**Ciudad:** Latacunga

**Domicilio:** Barrio Taniolo, Sector Los Hornos

**Teléfono:** 0995374774

**Correo electrónico:** [katherinjaramillo94@gmail.com](mailto:katherinjaramillo94@gmail.com)

**Correo electrónico institucional:** katherin.jaramillo6638@utc.edu.ec



**Formación académica**

**Estudios primarios:** Escuela de Educación Básica “Rubén Darío”

**Dirección:** Santo Domingo de los Tsáchilas

**Estudios primarios:** Escuela de Educación Básica “Manuel Salcedo/Ana Páez”

**Dirección:** Latacunga

**Estudios secundarios:** Unidad Educativa “Luis Fernando Ruiz”

**Dirección:** Latacunga

**Estudios universitarios:** Universidad Técnica de Cotopaxi (octavo ciclo)

**Idiomas:** Suficiencia en inglés B1

**Cursos realizados**

- Cuarta jornada de Investigación Agroindustrial.
- Semana de la difusión del Centro de Emprendimiento UTC.
- Seminario Nacional de Innovación y Emprendimiento en Tiempos de Pandemia y Postpandemia “Emprender con Éxito”.
- II Congreso Internacional De Vinculación con la Sociedad, Impactos y Aprendizaje En El Contexto COVID.
- Seminario Internacional de Intercambio Científico.

*Anexo 3 Datos informativos de la estudiante Licuy Mishy*

**Datos personales**

**Apellidos y nombres:** Licuy Grefa Mishy Nina

**Cédula de ciudadanía:** 2200285225

**Fecha de nacimiento:** 11 de diciembre de 2001

**Estado civil:** Soltera

**Ciudad:** Latacunga

**Domicilio:** Ciudadela Los Molinos

**Teléfono:** 0967140851

**Correo electrónico:** [mishylicuy@gmail.com](mailto:mishylicuy@gmail.com)

**Correo electrónico institucional:** mishy.licuy5225@utc.edu.ec



**Formación académica**

**Estudios primarios:** Unidad Educativa Intercultural Bilingüe “Ávila”

**Dirección:** Loreto – San José de Dahuano

**Estudios secundarios:** Unidad Educativa Fisco-misional “Juan Pablo II”

**Dirección:** Loreto

**Estudios universitarios:** Universidad Técnica de Cotopaxi (octavo ciclo)

**Idiomas:** Suficiencia en inglés B1

**Cursos realizados**

- Cuarta jornada de Investigación Agroindustrial.
- Semana de la difusión del Centro de Emprendimiento UTC.
- Seminario Nacional de Innovación y Emprendimiento en Tiempos de Pandemia y Post-pandemia “Emprender con Éxito”.
- Facturación Electrónica.
- II Congreso Internacional De Vinculación con la Sociedad, Impactos y Aprendizaje En El Contexto COVID.
- Seminario Internacional de Intercambio Científico.

## Anexo 4 Análisis de Alcaloides

	<b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b> <b>ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b> <b>DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD</b> <b>LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS</b> Panamericana Sur Km. 1, CutuglaguaTifs, 2690691-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		<b>MC-LSAIA-2201</b> Rev. 9
---	--	---	--------------------------------


### INFORME DE ENSAYO N°: 24-0084

<b>**NOMBRE DEL PETICIONARIO:</b>	Sra. KATHERIN JACQUELINE JARAMILLO ALVAREZ	<b>**INSTITUCIÓN:</b>	PARTICULAR
<b>**DIRECCIÓN:</b>	BARRIO TANIALO SECTOR LOS HORNOS VÍA A PUJILI	<b>**ATENCIÓN:</b>	Sra. KATHERIN JACQUELINE JARAMILLO ALVA
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	24/07/2024	<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b>	12/07/2024
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	Del 12 al 24 de julio del 2024	<b>HORA DE RECEPCIÓN:</b>	10:52
<b>ANÁLISIS SOLICITADOS:</b>	(Alcaloides) Teobromina, Cafeína		

RESULTADOS DE ANÁLISIS						
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Hoja de guayusa Muestra húmeda 60°C	24-0468	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	63,34	%
TEOBROMINA Ω	Hoja de guayusa Muestra húmeda 60°C	24-0468	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	0,04	%
CAFEINA Ω	Hoja de guayusa Muestra húmeda 60°C	24-0468	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	3,10	%
HUMEDAD	Hoja de guayusa Muestra húmeda 70°C	24-0469	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	65,02	%
TEOBROMINA Ω	Hoja de guayusa Muestra húmeda 70°C	24-0469	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	0,03	%
CAFEINA Ω	Hoja de guayusa Muestra húmeda 70°C	24-0469	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	3,00	%
HUMEDAD	Hoja de guayusa Muestra húmeda 80°C	24-0470	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	53,3	%
TEOBROMINA Ω	Hoja de guayusa Muestra húmeda 80°C	24-0470	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	0,05	%
CAFEINA Ω	Hoja de guayusa Muestra húmeda 80°C	24-0470	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	3,11	%
HUMEDAD	Hoja de guayusa Muestra Seca 60°C	24-0471	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	5,59	%
TEOBROMINA Ω	Hoja de guayusa Muestra Seca 60°C	24-0471	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	0,05	%
CAFEINA Ω	Hoja de guayusa Muestra Seca 60°C	24-0471	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	3,02	%
HUMEDAD	Hoja de guayusa Muestra Seca 70°C	24-0472	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	5,13	%
TEOBROMINA Ω	Hoja de guayusa Muestra Seca 70°C	24-0472	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	0,04	%
CAFEINA Ω	Hoja de guayusa Muestra Seca 70°C	24-0472	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	3,53	%

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Hoja de guayusa Muestra Seca 80°C	24-0473	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	3,19	%
TEOBROMINA Ω	Hoja de guayusa Muestra Seca 80°C	24-0473	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	0,05	%
CAFEINA Ω	Hoja de guayusa Muestra Seca 80°C	24-0473	MO-LSAIA-30	AOAC 980.14-1998	3,41	%

**OBSERVACIONES:** Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en este documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. **NOTA DE DESCARGO:** Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con \*\* son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

RESPONSABLES DEL INFORME	
Nombre	PHD. Iván Samanillo, MSc.
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	
Fecha	2024-07-24

*Anexo 5 Análisis Fitoquímico*

Metabolito	Ensayo	Extracto Etéreo	Extracto Etanólico	Extracto Acuoso
Compuestos grasos	Sudan	++	-	-
Alcaloides	Drangendorff	+	++	+++
Agrupamiento lactónico	Baljet	+	+	-
Triterpenos / esteroides	Lieberman B.	++	++	-
Catequinas	Catequinas	-	++	-
Resinas	Resinas	-	-	-
Azúcares reductores	Fehling	-	+	+++
Saponina	Espuma	-	++	++
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico (III)	-	+++	+++
Aminoácidos libres/ aminos	Nihidrina	-	+	-
Quinonas/ benzoquinonas	Bortranger	-	++	-
Flavonoides	Shinoda	-	+++	+++
Glucósidos cardiotónicos	Kedde	-	-	-
Mucilagos	Mucilagos	-	-	++
Principios amargos	Principios amargos	-	-	++
+: Presencia    + -: Regular    -: Ausencia				

*Anexo 6 Recolección de la hoja de guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

*Anexo 7 Selección de la hoja de guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

*Anexo 8 Desinfección de la hoja de guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

*Anexo 9 Secado de la hoja de guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

*Anexo 10 Hojas secas de la Guayusa*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

*Anexo 11 Obtención de la droga*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

*Anexo 12 Diluciones de la droga para sus posteriores análisis*



**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

*Anexo 13 Análisis de polifenoles*




**Elaborado por:** Autoras (Jaramillo y Licuy; 2024)

## **AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL EXTERNO**

Yo **BLANCA GLADYS SÁNCHEZ AVILA**, con cédula de identidad número: 2100275375, Licenciada en Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-11-1068652; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“Cinética de secado por convección de las hojas de guayusa (*Ilex guayusa*)”** de: **Jaramillo Alvarez Katherin Jacqueline y Licuy Grefa Mishy Nina** de la carrera de **Agroindustria**, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 16 de agosto, 2024



.....  
Blanca Gladys Sánchez Avila  
CI: 2100275375  
Email: [sanchez\\_gladys12@hotmail.com](mailto:sanchez_gladys12@hotmail.com)  
Contacto: 0987992378