UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

TÍTULO

"POLIFENOLES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE *Ilex guayusa*. UNA REVISÓN BIBLIOGRÁFICA"

AUTOR

Shakira Anahí Chávez López

Daniela Jazmin Naula Villafuerte

DIRECTOR DE TRABAJO

Ing. Vicente Fabricio Domínguez Narváez MSc.

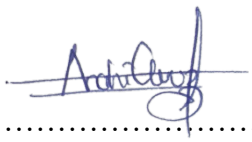
Puyo – Ecuador

Enero 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Quienes suscriben Shakira Anahí Chávez López con C.I 1501044489 y Daniela Jazmin Naula Villafuerte con C.I 1600849101, hacen constar que son autores del Trabajo de Integración Curricular titulado: **"POLIFENOLES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE *Ilex guayusa*. UNA REVISÓN BIBLIOGRÁFICA"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc Vicente Fabricio Domínguez Narváez. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 29 días del mes de enero del 2021



…….

Shakira Anahí Chávez López

C.I: 1501044489



……

Daniela Jazmin Naula Villafuerte

C.I: 1600849101

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación/ trabajo de Integración Curricular aprueba el proyecto de investigación/ trabajo de Integración Curricular titulado: “POLIFENOLES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE *Ilex guayusa*. UNA REVISÓN BIBLIOGRÁFICA”



Msc. Edwin Fernando Basantes Basantes

Presidente del Tribunal



Msc. Aida Salomé Romero Vistín

Miembro del Tribunal



Msc. Santiago Nicolás Aguiar Novillo

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 28-SAU-UEA-2021

Puyo, 18 de febrero de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a las estudiantes: CHÁVEZ LÓPEZ SHAKIRA ANAHÍ con C.I. 1501044489; y NAULA VILLAFUERTE DANIELA JAZMIN con C.I. 1600849101, con el Tema: **"POLIFENOLES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE *Ilex guayusa* UNA REVISÓN BIBLIOGRÁFICA"**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director de la investigación Ing. Vicente Dominguez Narváez MSc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 17 de febrero de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DERECHOS DE AUTOR

©2020, Shakira Anahí Chávez López y Daniela Jazmin Naula Villafuerte

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

DEDICATORIA

A Dios por darme sabiduría e inteligencia y sobre todo salud y fortaleza para culminar esta etapa importante en mi vida.

A mis padres Marco Chávez y Delma López quienes con su trabajo, sacrificio, cariño y paciencia me han brindado el apoyo incondicional durante la formación de mi carrera profesional y guiarme durante el transcurso de mi vida.

A mi tutor MSc. Vicente Domínguez y al Dr. Matteo Radice por ser mis guías, dedicar su tiempo y conocimientos para realizar el trabajo.

Shakira Anahí Chávez López

DEDICATORIA

A Dios, por regalarme salud y vida para poder culminar esta etapa, por ser mi guía y soporte en todos los momentos.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades y me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos; a mi esposo e hija que fueron mi motivo para salir adelante y no rendirme.

A mi tutor MSc. Vicente Domínguez y al Dr. Matteo Radice por ser mis guías, dedicar su tiempo y conocimientos para realizar el trabajo.

Daniela Jazmin Naula Villafuerte

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus bendiciones diarias, por ser el padre que guía y da fuerzas, a mis padres y hermanos por ser el pilar fundamental para culminar mis estudios y realizar mis logros académicos.

A la Universidad Estatal Amazónica, por darme la oportunidad de obtener una profesión, a todos los docentes de la Facultad Ciencias de la Tierra quienes han sido nuestra guía durante mi formación académica.

De manera especial expreso mi gratitud a mi tutor MSc. Vicente Domínguez y al Dr. Matteo Radice, quien nos ha brindado y compartido su conocimiento, confianza, ayuda y apoyo incondicional, siendo así, una guía para culminar con éxito el trabajo.

A mis amigos Zamira, Cristina, Jhomira, Lucia, Daniela, David, Nixon y futuros colegas que siempre me ayudaron de manera desinteresada, gracias infinitas por brindarme todo el apoyo y su valiosa amistad.

Shakira Anahí Chávez López

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de tu infinita bondad y amor.

Con mucho cariño a mis padres Luis Naula y Nancy Villafuerte que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento.

A mi esposo Edison Tumailla y a mi hija Andrea Tumailla por creer en mí, agradezco de todo corazón que siempre han estado a mi lado y nunca han dudado de mi capacidad y han sido un gran apoyo en mi vida.

A la Universidad Estatal Amazónica, por darme la oportunidad de obtener una profesión, a todos los docentes de la Facultad Ciencias de la Tierra quienes han sido nuestra guía durante mi formación académica.

De manera especial expreso mi gratitud a mi tutor MSc. Vicente Domínguez y al Dr. Matteo Radice, quien nos ha brindado y compartido su conocimiento, confianza, ayuda y apoyo incondicional, siendo así, una guía para culminar con éxito el trabajo.

Daniela Jazmin Naula Villafuerte

RESUMEN

La guayusa (*Ilex guayusa*) es una planta nativa de la Amazonía ecuatoriana, de mayor interés a nivel mundial, en sus hojas contiene una alta concentración de cafeína y antioxidantes de los polifenoles. En la actualidad se ha evidenciado la necesidad de generar productos con valor agregado a partir de la biodiversidad nativa, a pesar de la presencia en el mercado de varios productos basados en el aprovechamiento de la guayusa. El objetivo principal del presente trabajo fue, investigar bibliográficamente los polifenoles y la actividad antioxidante de *Ilex guayusa*, para poder identificar la información científica y relacionada a los estudios y poder proponer posibles aplicaciones de los extractos de la especie. En la investigación se utilizó el método descriptivo en el cual se da a conocer a detalle la estructura y clasificación de los polifenoles y antioxidantes de la guayusa, el método documental, con investigaciones cualitativas las cuales están basadas en fuentes secundarias y el método analítico que divide el estudio en el análisis y la síntesis de cada una de las partes. Según los resultados obtenidos dentro de los polifenoles de la guayusa se destacó que mediante el proceso de blanqueado se obtuvo mejores resultados con un valor de 106,62 mg GAE/g MS que es casi el doble de los valores obtenidos con otros tratamientos de las hojas. En los antioxidantes utilizaron diferentes métodos, el que arrojó mejores resultados fue el método de ORAC, teniendo mayor concentración con un valor de 156,75 mmol L-1 Trolox100 g-1ª. Se concluyó que la especie *I. guayusa* resulta beneficiosa para la salud humana, debido a la concentración de polifenoles y su actividad antioxidante.

Palabras clave: *Ilex guayusa*, Polifenoles, Actividad Antioxidante.

ABSTRACT

The guayusa (*Ilex guayusa*) is a native plant to the Ecuadorian Amazon, of greatest interest worldwide, its leaves contain a high concentration of caffeine and antioxidants from polyphenols. Currently, the need to generate value-added products from native biodiversity has become evident, despite the presence in the market of several products based on the use of guayusa. The main objective of this work was to research bibliographically the polyphenols and antioxidant activity of *Ilex guayusa*, to be able to identify scientific information related to studies and to propose possible applications of species extracts. The research used the descriptive method in which the structure and classification of polyphenols is made known in detail and antioxidants of guavusa, the documentary method, with qualitative research which is based on secondary sources and the analytical method that divides the study into the analysis and synthesis of each of the parties. According to the results obtained within the polyphenols of guayusa it was emphasized that through the bleaching process better results were obtained with a value of 106.62 mg GAE / g DM, which is almost double the values obtained with other leaf treatments. in the antioxidants they used different methods, the one that yielded the best results was the ORAC method, having the highest concentration with a value of 156.75 mmol L-1 Trolox100 g-1ª. It was concluded that the species *I. guayusa* is beneficial for human health, due to the high concentration of the antioxidant activity of the polyphenols that the plant possesses.

Keywords: *Ilex Guayusa*, Polyphenols, Antioxidant Activity

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1 : INTRODUCCIÓN 1

1.1 Planteamiento del problema 2

1.2 Objetivos 2

1.2.1 Objetivo general: 2

1.2.2 Objetivos específicos: 2

1.3 Justificación 3

Capítulo 2 : FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4

2.1 *Ilex guayusa*. 4

2.1.1 Características de I. guayusa 4

2.1.2 Datos Taxonómicos 5

2.2 Polifenoles. 6

2.2.1 Principales polifenoles en I. guayusa 6

2.2.2 Estructura de los polifenoles 8

2.2.3 Método de extracción para determinar el contenido total de polifenoles . 10

2.3 Actividad antioxidante. 10

2.3.1 Características de los antioxidantes 12

2.3.2 Clasificación de los antioxidantes 12

2.3.3 Métodos de extracción para determinar la actividad antioxidante 13

2.4 Función de los antioxidantes en la salud humana. 13

2.5 Aplicación de los extractos de *I. guayusa*. 14

Capítulo 3 : METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 16

3.1 Diseño de Investigación. 16

3.2 Métodos de investigación. 16

Capítulo 4 : ANÁLISIS DE RESULTADOS 18

4.1 Resultados. 18

4.1.1 Contenido total de polifenoles 18

4.1.2 Determinación de la actividad antioxidante 20

4.1.3 Aplicación de los extractos de I. guayusa 21

4.2 Conclusiones 22

4.3 Recomendaciones 23

REFERENCIAS 24

Apéndices 29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 *Datos Taxonómicos de Ilex guayusa Loes.*..... 6
Tabla 4-1 *Contenido total de polifenoles (CTP), obtenido con el método Folin-Ciocalteu, en diferentes estudios sobre I. guayusa.* 18
Tabla 4-2 *Actividad antioxidante por el método de DPPH.* 20
Tabla 4-3 *Actividad antioxidante por el método de ORAC.* 21
Tabla 4-4 *Actividad antioxidante por el método de ABTS.*..... 21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Árbol de guayusa (*I. guayusa* L.)..... 5
Figura 2-2 Estructura del ácido clorogénico..... 8
Figura 2-3 Estructura molecular de los polifenoles de *I. guayusa*..... 10

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Glosario 29

CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

La Amazonia Andina se caracteriza por su riqueza en biodiversidad de flora y fauna, fuente de alimentos, medicinas y cosméticos, dentro de esta gran variedad de especies tenemos a la guayusa (*Ilex guayusa*), perteneciente al género *Ilex* de la familia Aquifoliaceae, que tiene alrededor de 600 especies en el mundo, en Sudamérica se la puede encontrar en Colombia, Ecuador, Perú Bolivia, Chile y Argentina (Dueñas, Jarrett y Logan-Hines, 2016).

Ilex guayusa es una planta autóctona de la región amazónica del Ecuador, de gran importancia en la biodiversidad del ecosistema, sobre todo desde el punto genético y étnico cultural, considerada sagrada dentro de las comunidades indígenas del oriente ecuatoriano (Montaño, Rosillo, Zhiñin y Pucha-Cofrep, 2019). En los pueblos Kichwas el consumo de guayusa es en forma de una bebida preparada por las familias a las primeras horas de la mañana, esta infusión tiene múltiples beneficios en la salud humana, de tal manera que puede prevenir el envejecimiento y ciertas enfermedades (Montaño et al., 2019), además, por siglos los aborígenes de las comunidades autóctonas lo consumían en eventos importantes como rituales y ceremonias (García-Ruiz et al., 2017).

En distintas investigaciones realizadas se reportan que las hojas de guayusa poseen metilxantinas, polifenoles, carotenoides, taninos, azúcares reductores, esteroides, terpenos, flavonoides y quinonas, además, de un alto contenido de antioxidantes necesarios para el ser humano como lo mencionan Radice y Vidari (2007), estas cualidades permiten que los derivados de esta especie ayude a mantener el cuerpo saludable, debido a que posee 15 de los 20 aminoácidos esenciales que actúan en distintas funciones metabólicas y el ácido ferúlico que actúa ayudando a la circulación sanguínea.

La guayusa se caracteriza por producir algunos metabolitos secundarios, como los polifenoles que tiene alta concentración de antioxidantes, de gran aplicación dentro de muchas facetas de la agroindustria, además, pueden tener múltiples usos en productos de cuidado personal, como un tratamiento de celulitis y en productos antienvejecimiento según Import Promotion Desek (IPD, 2020), sin dejar de lado la preparación de bebidas estimulantes con propiedades curativas muy utilizadas por la medicina tradicional,

todos estos factores brindan una oportunidad para la industrialización de la planta y crecimiento económico para la zona en donde la cultiva (Cobo, 2016).

1.1 Planteamiento del problema

I. guayusa es una planta nativa distribuida por toda la Amazonía del Ecuador, conocida por sus múltiples beneficios y utilizada para diferentes fines, es ingerida por personas de diferentes etnias en forma de infusiones y utilizada tradicionalmente en ceremonias. Por otro lado, las hojas de guayusa son de gran importancia debido a su alto contenido en cafeína, lo cual se puede consumir como energizante (Carpintero y Salazar, 2014).

En la actualidad se evidenció la necesidad de generar productos con valor agregado a partir de la biodiversidad nativa, con este enfoque se generó alimentos funcionales y productos de agroindustria novedosos como, por ejemplo, cremas de protector solar, jarabes, infusiones y diferentes usos dentro de la gastronomía, además, se utilizó en la industria de la farmacognosia que logró un efecto protector en la salud humana.

Con estos antecedentes resultó interesante conocer la cantidad de polifenoles y la capacidad antioxidante que posee la planta, dada que es de vital importancia en la medicina y culturas indígenas de la Amazonía (Villacís-Chiriboga, 2017), sin embargo, a pesar de la presencia de varios productos en el mercado, la producción científica relacionada al contenido de polifenoles y al potencial antioxidante de I. guayusa no ha sido sistematizada por ende mediante un conocimiento profundizado, permitirá el desarrollo de alimentos funcionales y extractos, a través de una revisión bibliográfica que ayudará a sustentar científicamente nuevas investigaciones y el desarrollo de nuevos productos innovadores.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

- Investigar de forma documental los polifenoles y su actividad antioxidante en la especie *Ilex guayusa*.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar información científica relacionada a los polifenoles presentes en la especie *I. guayusa*.

- Identificar la información relacionada a estudios de actividad antioxidante de los polifenoles de *I. guayusa.*
- Proponer posibles aplicaciones de los extractos de *I. guayusa* en base a la información seleccionada y críticamente analizada.

1.3 Justificación

La Amazonía ecuatoriana representa una de las áreas con mayor biodiversidad del planeta, por lo tanto, se convirtió en una fuente de investigación de interés permanente, esto ha permitido a las poblaciones locales experimentar empíricamente el uso de las plantas por sus propiedades medicinales. La especie *I. guayusa* representa una de las experiencias más relevantes de relación entre el ser humano y el mundo vegetal (Radice y Vidari, 2007).

Los pueblos de la Amazonía han venido consumiendo guayusa en forma de infusión y se cree que estás ayudan a prologar el envejecimiento, además, curar enfermedades venéreas, fortalecimiento del cuerpo, la digestión y estimula el apetito. Antiguamente esta bebida era consumida solo por los pueblos indígenas, en la actualidad el té a base de guayusa es tomado por todos los habitantes de la región amazónica, debido a la gran cantidad de beneficios que posee la planta sobre todo a los polifenoles y su capacidad antioxidante (Gan, Zhang, Wang y Corke, 2018).

Este proyecto de investigación establecerá una base teórica fundamental que servirá de partida para nuevas investigaciones sobre la importancia de los compuestos fenólicos y la alta capacidad antioxidante que posee I. guayusa, el cual se enfoca en realizar nuevas investigaciones a través del extracto de guayusa, permitiendo la creación de nuevos productos innovadores como fármacos y cosméticos. Considerando que los mismos son compuestos químicos producidos por las plantas y se caracterizan por la existencia de un grupo fenol. La presencia de polifenoles en los alimentos es sumamente importante, debido a que reduce el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares y el cáncer, además, pueden mejorar la distribución de lípidos y reducir la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), también, éstas contribuyen a resguardar las células del daño oxidativo (Quiñones, Miguel y Aleixandre, 2012).

CAPÍTULO 2 : FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 *Ilex guayusa*.

Los jesuitas fueron los que impulsaron el uso de guayusa, debido a que observaban que los pueblos consumían para curar enfermedades venéreas, desintoxicar la sangre, mejorar el tránsito digestivo, apetito y fortalecimiento de los huesos, además era muy utilizado por las mujeres dado que ayudaba a la fertilidad, en tiempos antiguos era muy importante que una mujer sea fértil (Dueñas, Jarrett y Logan-Hines, 2016).

Cadena-Carrera et al. (2019) afirmó que los primeros en utilizar la guayusa fueron los habitantes del territorio de la región amazónica de Ecuador, debido a sus beneficiosas propiedades estimulantes y curativas. En las diferentes comunidades el consumo de guayusa es de gran importancia, de tal manera, se considera que esta planta es favorable para la salud de sus familiares, cada una de ellas tienen diversas formas de utilización. Según Dueñas, Jarrett y Logan-Hines (2016) en las etnias como: Kichwas, Shuar, Achuar, Cofan, Secoya, Sachilas; el uso de guayusa es con mayor frecuencia, a comparación con la población mestiza el consumo es de forma regular.

2.1.1 Características de I. guayusa

La guayusa, es un arbusto aromático y medicinal, nativo de la Amazonía ecuatoriana, del género acebo; está relacionado, con la yerba mate; la cual pertenece a la familia y género de la misma especie, en sus hojas tiene una concentración más alta de cafeína, en comparación con las otras plantas conocidas (Alvarado, 2016).

En general, los individuos de esta especie de guayusa domesticados alcanzan una media de 10m de altura y muestran una multitud de tallos que miden de 2 a 15cm a la altura del pecho. Cuando maduran y no existe un control técnico, la guayusa pueden alcanzar una altura de cerca de 25m y un diámetro de tallo de aproximadamente 50 cm a la altura del pecho (Figura 2-1.) (Dueñas, Jarrett y Logan-Hines, 2016).



Figura 2-1 Árbol de guayusa (*I. guayusa* L.)

Fuente: (Alvarado, 2016).

El tronco tiene un fuste que a menudo diverge a la altura del pecho, corteza blanca y textura lisa. Las ramas son extendidas y flexibles. Sus hojas son resistentes, de color verde oscuras, enteras, oblongo-elípticas, alternas, glabras o subglabras en el haz y envés, ápice acuminado, base aguda, 15-21 cm de largo, 5-7,5 cm de ancho, pecíolo corto de 1cm de largo (Melo, 2014).

El fruto es una baya globosa de 1cm de ancho y verde. La flor tiene una corola blanca verdosa con pétalos obtusos, estambres iguales al número de pétalos, anteras oblongas, ovario sésil subgloboso y generalmente 4-6 cavidades. (García Barriga, 1992, como citó Aldaz y Humanante, 2011).

2.1.2 Datos Taxonómicos

Alvarado (2016) reporta los datos taxonómicos que posee la planta como se muestra en la tabla 2-1.

Tabla 2-1

Datos Taxonómicos de Ilex guayusa.

Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Asteranae
Orden	Aquifoliales Senft
Familia	Aquifoliaceae Bercht
Género	Ilex
Especie	Guayusa
Nombre científico	*Ilex guayusa L*
Nombre común:	Guayusa (español), Waysa (kichwa) Waisa (shuar)

Fuente: Alvarado, 2016

Realizado por: Chávez, 2020.

2.2 Polifenoles.

Los polifenoles son de creciente interés en la industria alimentaria, retardan la degradación oxidativa de los lípidos mejorando la calidad y el valor nutricional de los alimentos. La dieta es rica en antioxidantes y las principales fuentes dietéticas son frutas y bebidas de origen vegetal como zumos de fruta, té, café, vino tinto, verduras, cereales, chocolate, y productos secos. A pesar de la extensiva distribución en plantas es considerable la diversidad y complejidad de las estructuras químicas que poseen los alimentos. Los efectos sobre la salud de los polifenoles llaman la atención de nutricionistas debido a que se puede prevenir enfermedades cardiovasculares, cánceres y osteoporosis, cumpliendo un papel importante en la prevención de la osteoporosis neurodegenerativa, enfermedades y la diabetes mellitus (Scalbert, Johnson y Saltmarsh, 2005).

Las plantas del género *Ilex* tienen una gran variedad de compuestos bioactivos y son principalmente ricos en polifenoles y alcaloides, desempeñando un papel primordial en los beneficios para la salud (Gan et al., 2018).

2.2.1 Principales polifenoles en I. guayusa

Las plantas de uso medicinales contienen una cantidad característica de compuestos fenólicos que son de gran importancia, a estos se les atribuyen diversas

actividades; la más destacada es el antioxidante, debido a que ayuda a neutralizar el estrés oxidativo (Jara et al., 2013).

Analizando la especie *I. guayusa* se identificaron catorce polifenoles los cuales son -O-CQA (ácido neoclorogénico), cafeoil – hexosa, cafeoil – hexosa, cafeoil – hexosa, 5-O-CQA (ácido clorogénico), isómero 5-O-CQA, 3- ácido feruloilquínico, quercetina -3-O- rutósido, quercetina -3-O- rutósido, quercetina -3-O- hexosa, quercetina -3-O- hexosa, 3,5- ácido dicafeoilquinico (ácido isoclorogénico), kaempferol -3-O-glucósido, ácido 3,4- dicafeoilquinico. De los cuales nueve compuestos corresponden a los ácidos hidroxicinámicos y cinco compuestos específicamente de los flavonoides (Garcia-Ruiz et al., 2017).

Según Gan et al., (2018) en investigaciones realizadas mostró que los principales componentes de los compuestos fenólicos corresponden a los ácidos hidroxicinámicos y el que más sobresale del grupo es el ácido clorogénico que se encuentra tanto en las hojas jóvenes como en las viejas de Guayusa.

- Ácido Clorogénico

El ácido clorogénico corresponde al grupo de compuestos fenólicos denominados ácidos hidroxicinámicos, los cuales se originan por la unión de un ácido químico y un derivado cinámico (ácido cafeico, ferúlico o p-cumárico), se caracterizan generalmente por tener una acción antioxidante y antiinflamatoria, además se sabe que mejora el metabolismo lipídico, causando la pérdida de peso mediante la reducción de la síntesis de la grasa corporal y aumentando la utilización de ácidos grasos para obtener mayor vitalidad (Utreras, 2019).

Siendo uno de los ácidos más útiles entre los compuestos fenólicos, cabe destacar que se encuentran naturalmente en extractos de café y té. Sin embargo, se rescatan diversas funciones importantes como la actividad antioxidante, antibacteriana, hepatoprotectora, cardioprotectora, antiinflamatoria, antipirética, neuroprotector, anti obesidad, antiviral, antimicrobiano, antihipertensión, captador de radicales libres y central estimulador del sistema nervioso, además el ácido clorogénico es el más abundante en las plantas y también el antioxidante más activo de este grupo (Naveed et al., 2018).

A continuación, en la figura 2-2 se muestra la estructura del ácido clorogénico.

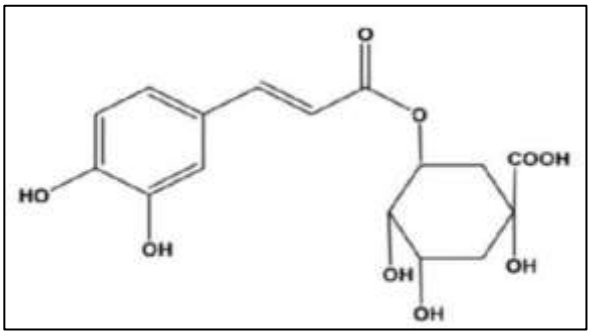


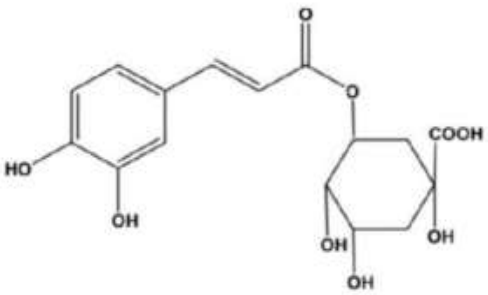
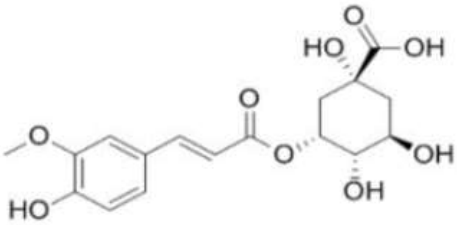
Figura 2-2 Estructura del ácido clorogénico.

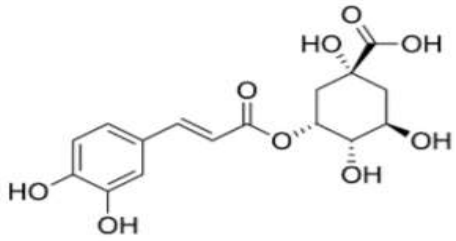
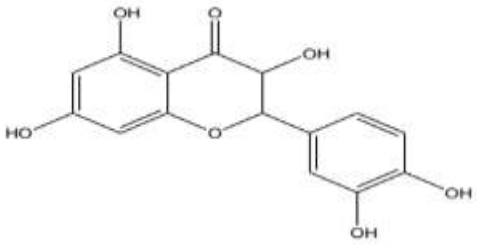
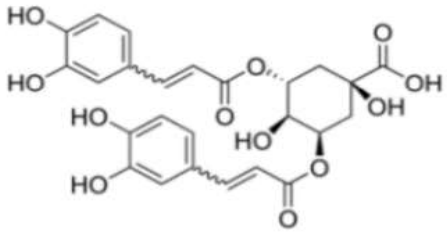
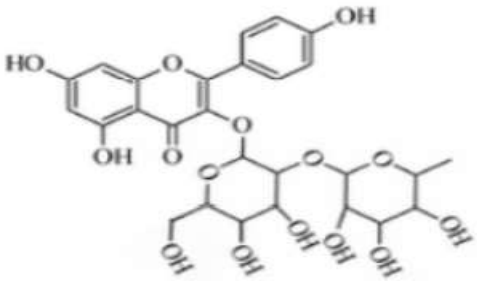
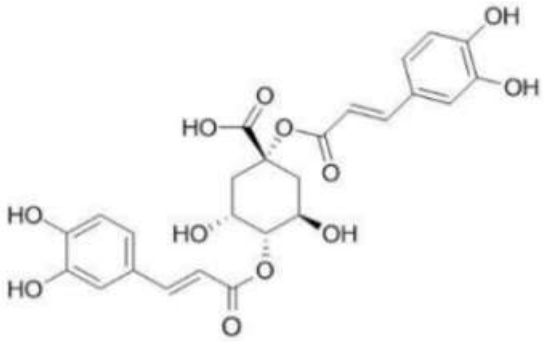
Fuente: Chaves-Ulate, Esquivel-Rodríguez, 2019.

2.2.2 Estructura de los polifenoles

Existe una gran variedad de polifenoles que presentan una estructura molecular la cual se clasifica según el número de anillos fenólicos. Estos compuestos son de mucha importancia, lo cual favorece en la salud humana (Valencia, 2017).

A continuación, en la figura 2-3 se muestra los nombres y las estructuras moleculares de los polifenoles.

Nombre de la molécula	Estructura
Ácido clorogénico	
Ácido feruloilquinico	

Ácido neo clorogénico	
Quercetina-3-O-hexosa	
Ácido Dicafeoilquinico	
Cempferol-3-O-hexosa	
Ácido 3,4-Dicafeoilquinico	

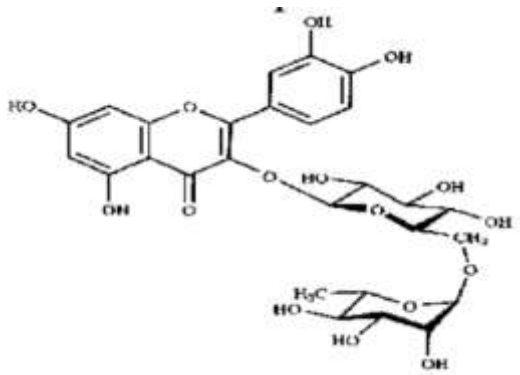
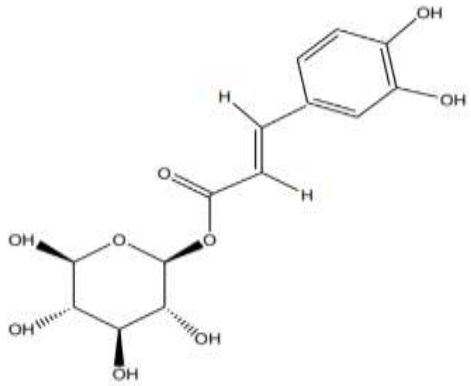
Quercetin-3-rutinósido	
1-cafeína-beta-D-glucosa	

Figura 2-3 Estructura molecular de los polifenoles de *I. guayusa*.

Fuente: Álvarez y Luna, 2020.

2.2.3 Método de extracción para determinar el contenido total de polifenoles

Método de Folin-Ciocalteu: Es un método qué nos permite realizar varias muestras en poco tiempo, además es sencillo, rápido y económico. Por tal motivo en la actualidad es utilizado de forma continua en prácticas científicas (Radice et al., 2017). Para aplicar este método el extracto se mezcla con la solución de folin, seguido de una agitación, luego se deja reposar por un tiempo determinado y se le añade solución de carbonato de potasio para después proceder a agitar la solución y llevarla a un baño maría, seguido de un baño de hielo, finalmente se lee la absorbancia y el resultado final que son expresados en miligramos equivalentes de ácido gálico (EAC)/ml) (Castro, 2017).

2.3 Actividad antioxidante.

Según Burmeo (2009) el termino Antioxidante se utiliza generalmente para referirse específicamente para un producto químico que proviene del consumo del oxígeno a finales del XlX fueron realizados estudios en base a:

- Procesos industriales donde se utilizan los antioxidantes para la prevención de corrosión de metal, caucho y por la polimerización de combustible.
- En estudios de biología se utilizó los antioxidantes para prevención de la oxidación de grasa qué es la principal causa de la rancidez de los alimentos.
- Cuando se identificó vitaminas A, C y E revolucionó el campo y se dio la importancia que tienen los antioxidantes en los organismos vivos. La primera vez que fue estudiada la actividad antioxidante, se determinó que una sustancia se oxidada con facilidad (Burmeo, 2009).

Los antioxidantes son átomos firmes que pueden conceder un electrón al radical libre y equilibrarlo, para prevenir la capacidad de ocasionar algún tipo de daño. Un sistema antioxidante puede dividirse en tres grupos principales de antioxidantes:

1.Antioxidantes primarios:

Burmeo (2009) señala que los antioxidantes primarios inhiben la formación de nuevos radicales, esto tiene la finalidad que lo radicales libres existentes se formen en moléculas menos perjudiciales, antes de que reaccionen o evitar que a partir de otras moléculas se puedan formar nuevos radicales.

- Superóxido dismutasa (SOD): convierte el oxígeno molecular (O_2) en peróxido de hidrógeno (H_2O_2).
- Glutatión peroxidasa (GPx): convierte el peróxido de hidrógeno y los peróxidos lipídicos en elementos inofensivas antes de la formación de radicales libres.
- Proteínas de unión a metales (Ferritina, Ceruloplasmina): Limitan la disponibilidad de Hierro (Fe) necesario para formar el radical OH.

2.Antioxidantes secundarios:

No accede que los radicales creen una reacción en secuencia como las Vitamina E (α- tocoferol), Vitamina C (ascorbato), β-caroteno, Ácido úrico,
Bilirrubina, Albúmina.

3.Antioxidantes terciarios:

Su principal finalidad es reparar a las biomoléculas que fueron dañadas por radicales libres.

- Metionina sulfóxido reductasa.
- Enzimas reparadoras de ADN

2.3.1 Características de los antioxidantes

Según Schinella (2014) la actividad antioxidante es utilizada como parámetro para calificar a un sin número de materiales vegetales, ésta es una acción que puede estar vinculada con compuestos que son capaces de apoyar y proteger a nuestro sistema biológico de algunos defectos dañinos qué causa excesivamente la oxidación. Para determinar la capacidad antioxidante algunos de ellos utilizan:

- La producción de radical orgánico.
- Especies reactivas del oxígeno.
- Otros basados en la oxidación-reducción de iones metálicos.

Los antioxidantes están los compuestos por: polifenoles, flavonoides, saponinas y glucósidos, cabe recalcar que disponen de otras actividades beneficiosas para la salud humana como antinflamatorias, antimicrobianas y antiparasitarias. Estas particularidades convierten al género Ilex en una fuente de compuestos activos con alto poder de uso farmacéutico (Chumbia y Kuamar, 2019).

2.3.2 Clasificación de los antioxidantes

Los antioxidantes se dividen en dos grupos enzimáticos (endógeno) y no enzimáticos (exógeno), estos actúan en un sistema de defensa muy importante para el ser humano.

- Antioxidantes enzimáticos

Está establecido en un complejo enzimático de protección que abarca el glutatión reductasa, superóxido dismutasa, glutatión peróxidasa, catalasa y la tiorredoxina reductas (Zamora S, 2007). Es importante destacar que los antioxidantes enzimáticos son producidos por el cuerpo humano, estos ayudan a controlar los efectos que poseen los radicales libres de tal forma que sea beneficiosa (Ramírez et al., 2012).

- Antioxidantes no enzimáticos

Este sistema es semejante al primero y apropiado cuando el sistema endógeno se satura. Está definido por una gama de compuestos que se les nombra como depuradores de radicales libres, los cuales intervienen para disminuir la producción de los radicales libres. Está constituido principalmente por elementos como las vitaminas A, E, C, carotenoides y los minerales selenio y zinc (Zamora S, 2007).

2.3.3 Métodos de extracción para determinar la actividad antioxidante

Según Godoy (2016) los alimentos que tienen sustancias fisiológicas son denominados alimentos funcionales ya que nos aporta muchos beneficios para la salud como es el caso de los antioxidantes que ayudan al funcionamiento del cuerpo humano. Es muy importante destacar los métodos más utilizados para medir la capacidad antioxidante de los diferentes compuestos como son los siguientes:

- Método ABTS: A este también se le reconoce como TEAC (Capacidad del Antioxidante Equivalente a Trolox). Este método es muy inestable para poder atribuirlo tanto en compuesto que son soluble en agua y antioxidantes solubles en lípidos, que son compuestos puros y extractos de alimentos.
- Método DPPH: Este método se fundamenta en la disminución del radical estable DPPH al formato DPPH-H por la atribución de una sustancia antioxidante. Por efecto los resultados son altamente reproducibles y semejante con otro método como es ABTS que se basa de igual forma en la detección de antioxidantes.
- Método ORAC (Capacidad de absorción del radical): Este método es un ensayo que nos ayuda a medir la capacidad de un compuesto para atrapar o contener el radical peróxi-lo, este es fundamental para que se produzca la oxidación de lípidos en los alimentos; utilizando el mecanismo de transferencia de un átomo de hidrógeno HAT (Zapata, Piedrahita y Rojano, 2014).

2.4 Función de los antioxidantes en la salud humana.

Los antioxidantes ayudan a inhibir y retardar la oxidación de otras moléculas inhabilitando la iniciación y prolongación de los radicales libres presentes en el organismo, evitando el envejecimiento celular. Muchas especies han sido reconocidas por tener propiedades medicinales e impacto benéfico en la salud como la actividad

antioxidante, acción de estimulación digestiva y antiinflamatorio (Chumbia y Kuamar, 2019), en los polifenoles la presencia de "OH fenólico" en parte distribuye la actividad antioxidante lo cual tiene efectos positivos en el estrés oxidativo y daños en el ADN, además reduce el riesgo de contraer enfermedades cardio vasculares y patologías crónicas como la diabetes y el Alzheimer (Radice et al., 2017).

Por otra parte, los antioxidantes son de gran importancia en el cuerpo humano y se puede mencionar que, si no poseemos de ello, podemos padecer de enfermedades degenerativas o caso contario el exceso de antioxidantes existe probabilidades de desarrollar cáncer de piel y pulmones. En animales y plantas los radicales libres son inactivados por los antioxidantes, hasta en pequeñas concentraciones estos actúan como inhibidores del proceso de oxidación. De esta manera, pueden relacionarse con los radicales libres y dar por finalizado la reacción en cadena antes de que sean dañadas las moléculas vitales (Melo, 2014).

Gracias a sus propiedades beneficiosas que poseen, existe productos con alto contenido de antioxidantes como suplementos alimenticios, bebidas y cosméticos, etc. Por tal motivo es recomendable que las personas consuman diariamente cantidades adecuadas de alimentos que contengan antioxidantes para prevenir enfermedades y mantener un aspecto físico sano y saludable, dado a que protegen nuestro organismo de manera íntegra (Ramírez et al., 2012).

2.5 Aplicación de los extractos de *I. guayusa*.

La guayusa es una planta amazónica que contiene todos los aminoácidos esenciales y alta capacidad antioxidante como polifenoles, de los cuales, a través de la extracción de guayusa se puede obtener aplicaciones que pueden resultar beneficiosas para la salud humana y novedosas dentro de la parte tradicional y comercio nacional como internacional, por ejemplo:

- Protector solar: Según Calderón (2017) ha demostrado que los polifenoles tienen un efecto protector sobre los rayos UV, lo cual el extracto de guayusa acuoso y etanólico mostraron buenos resultados en la capacidad de absorción UV, de tal manera que podría ser beneficioso para la piel.
- Té de guayusa: Para la elaboración de té o infusión las hojas son secadas, estas aportan propiedades importantes como estimulante nervioso,

digestivo y muscular, también reduce el nivel de glucosa en la sangre, además se ha demostrado que el té de guayusa contiene mayor actividad antioxidante que el té verde (Torres, 2013).

- Fitofármacos: Radice y Vadari (2007) elaboraron un jarabe a partir de guayusa, ayudando a tratar síntomas como la jaqueca, gripe y estados de fiebre. El estudio representa un trabajo preliminar de formulación de un potencial fitofármaco.
- Mistela a base de guayusa: Dentro de la Amazonía ecuatoriana es una bebida tradicional, elaborada a partir de las hojas de guayusa, agua, aguardiente y azúcar, teniendo en cuenta las propiedades medicinales de la planta, las cuales pueden resultar beneficiosas dentro de la salud humana, con la implementación de esta bebida alcohólica se fomentará un producto netamente ecuatoriano (Bustamante, 2018).

CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de Investigación.

Investigación teórica con un enfoque documental la misma que se ajustó a la selección y recopilación de información por medio de la lectura crítica de documentos y materiales bibliográficos existentes en un documento, se tuvo antecedentes para profundizar en las teorías y aportaciones ya emitidas sobre los polifenoles y actividad antioxidante *de Ilex guayusa* que es el principal estudio.

Descriptiva: El objetivo de la investigación fue analizar los polifenoles y actividad antioxidante de Ilex guayusa, se recurrió a un diseño no experimental, el cual se aplicó de manera transversal, teniendo en cuenta que se procedió a realizar una investigación descriptiva para dar a conocer a detalle la estructura y clasificación de los polifenoles y antioxidantes de la guayusa.

Documental: Los métodos documentales son investigaciones cualitativas. De acuerdo a Sánchez (2020) "implica un acercamiento indirecto a la realidad basada en fuentes secundarias, por ello se accede a datos disponibles en fuentes escritas o visuales que han sido generadas por personas, investigadores o instituciones para diversos propósitos" (p. 7), contribuyendo de esta manera a realizar la investigación.

Método Analítico: Este método está basado en dos procesos cognoscitivos, que desajusta un objeto de estudio dividiendo en el análisis y la síntesis de cada una de las partes para estudiarlas individualmente.

3.2 Métodos de investigación.

En el presente trabajo de integración curricular se tomó en cuenta la revisión de 23 artículos científicos, 13 tesis (de grado, pregrado, posgrado y licenciatura), 3 libros entre otros, ubicados bajo las palabras claves: *Ilex guayusa*, polifenoles y antioxidantes, que se han buscado en plataformas como: PubMed, Google académico, SciELO y The Plant list, después se seleccionó las investigaciones más apropiadas.

Para cumplir con los objetivos planteados se llevó a cabo los siguientes puntos:

- Primero se llevó a cabo la recopilación de información de diferentes autores en base a los polifenoles de *I. guayusa*, con la finalidad de

conocer más a fondo sus estructuras moleculares y el compuesto con mayor potencial del grupo.

- Seguidamente mediante una lectura crítica y comprensiva se examinó la documentación recopilada de la actividad antioxidante presente en *I. guayusa*, con la finalidad de conocer los diferentes métodos y como actúa en frente al cuerpo humano, sabiendo que si se consume mas de lo normal puede provocar rupturas en el ADN.
- Por último, en base a la información seleccionada y críticamente analizada, se identificó en varios documentos que se le puede dar un valor agregado a la guayusa, creando productos innovadores con la finalidad de beneficiar a los seres humanos, esto se debe a su alta capacidad antioxidantes que poseen los polifenoles presentes en dicha especie.

CAPÍTULO 4 : ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados.

4.1.1 Contenido total de polifenoles

Según los artículos analizados en la presente investigación documental, teniendo en cuenta los diferentes métodos de extracción aplicados en las investigaciones realizadas, para la determinación del contenido total de polifenoles (CTP) se ha realizado siempre aplicando el método de Folin-Ciocalteu. En la tabla 4-1 se resumen los valores de TPC obtenidos en los artículos analizados.

Tabla 4-1

Contenido total de polifenoles (CTP), obtenido con el método Folin-Ciocalteu, en diferentes estudios sobre I. guayusa.

Método de extracción	Muestra	CTP	Expresión del resultado	Autores
Decocción[a]	Hojas secas	33.0 - 55.76	mg/L GAE	Álvarez y Luna, 2020
EAU	Hojas secas	3,46*	mg GAE/g MS	Arteaga et al., 2019
EFS[b] **(CO_2)**	Hojas secas	0.92 - 3.08	mg GAE/g MS	Cadena-Carrera et al., 2019
EFS[c] **(CO_2+ EtOH)**		3.60 - 6.02		
Soxhlet[d]		4.96 - 19.66		
n.r.	Té	54 - 67	mg GAE/g MS	Gan, 2018
	Hojas verdes	55		
Extracción en acetona con baño de ultrasonido	Hojas jóvenes	33,44	mg GAE/g MS	Villacís, 2017
	Hojas adultas	21,42		
Extracción en methanol/agua (70:30 v/v) con baño de ultrasonido	Hojas frescas	54,86	mg GAE/g MS	García-Ruiz et al., 2017
	Hojas blanqueadas	106,62		
	Hojas fermentadas	59,47		
Maceración dinámica[e]	Hojas secas	39.37*	mg GAE/100g planta	Godoy, 2016
Maceración (EtOH)	Hojas secas	54	mg GAE/g MS	Jara et al., 2013
Maceración (EtOAc)		36		

Elaborado por: Chávez y Naula, 2021.

EAU - Extracción Asistida por Ultrasonido.

EAG - equivalentes de ácido gálico.

MS - materia seca. n.r. - no reportado.

EFS - Extracción con fluidos supercríticos.

* - Mejor resultado de un específico grupo de experimentos basados en un diseño experimental complejo.

a - La decocción ha sido realizada en diferentes condiciones de tiempo y de relación droga/solvente, basándose en un diseño experimental definido.

b - La extracción con CO_2 supercrítico como solvente y etanol como co-solvente ha sido realizada en diferentes condiciones de temperatura y presión, basándose en un diseño experimental definido.

c - La extracción Soxhlet ha sido realizada con los siguientes solventes: hexano, acetato de etilo y etanol.

d - La maceración dinámica ha sido realizada con solventes diferentes, tiempo de maceración diferentes y muestras de hojas frescas y secas. basándose en un diseño experimental definido.

Como se evidencia en la Tabla 4-1, de acuerdo a los autores Gan et al., (2018), García Ruiz et al., (2017) y Jara et al., (2013), se puede asumir que un valor de CTP que se repite en diferentes estudios se encuentra en un rango entre 50 y 70 mg GAE/g MS, aunque existe mucha variabilidad en relación al método de extracción. El estudio de Cadena- Carrera et al., (2019), en el cual se compararon el método de Soxhlet y la extracción con fluidos supercríticos, parece dar rendimientos menores si comparados con las otras técnicas de extracción. El uso de etanol y de la mezcla entre agua con metanol parecen las opciones más eficientes para optimizar la extracción de polifenoles. La extracción en acetona (Villacís et al., 2017) y en etil acetato (Jara et al., 2013) presentan rendimientos inferiores comparado con los otros estudios. Finalmente, lo mencionado por García Ruiz et al., (2017), el proceso de blanqueado parece permitir la obtención de un producto enriquecido en CTP, con un valor de 106,62 mg GAE/g MS que es casi el doble de los valores obtenidos con otros tratamientos de las hojas. Esto se da debido a que el proceso de blanqueado ayuda a desactivar las enzimas que proceden en la degradación de las hojas, eso podría explicar el mayor contenido de polifenoles, aunque son necesarios nuevos estudios para comprobar esta hipótesis,

En el estudio realizado por García- Ruiz et al., 2017 afirma que Ilex guayusa posee 14 polifenoles lo cuales son: -O-CQA (ácido neoclorogénico), cafeoil – hexosa, cafeoil – hexosa, cafeoil – hexosa, 5-O-CQA (ácido clorogénico), isómero 5-O-CQA, 3-ácido feruloilquínico, quercetina -3-O- rutósido, quercetina -3-O- rutósido, quercetina -3-O- hexosa, quercetina -3-O- hexosa, 3,5- ácido dicafeoilquinico (ácido isoclorogénico), kaempferol -3-O-glucósido, ácido 3,4- dicafeoilquinicode, el cual el ácido hidroxicinamicos tiene mayor potencial en el compuesto del ácido clorogénico, siendo el más frecuente en las bibliografías encontradas.

4.1.2 Determinación de la actividad antioxidante

Mediante las investigaciones realizadas se observó que para determinar la actividad antioxidante los autores utilizaron diferentes métodos como el DPPH, ORAC, ABTS o TEAC, en las siguientes tablas se puede observar los valores con las distintas muestras.

Tabla 4-2

Actividad antioxidante por el método de DPPH.

Método	Muestra	Capacidad Antioxidante	Expresión del resultado	Autor
DPPH	Hojas tiernas	16,19 ± 0,37	mmol Trolox por 100 g MS	Villacís, 2017
	Hojas viejas	12,47 ± 0,85		
	Guayusa planta	14,71 ± 5,41	mg ETrolox/100 de planta	Godoy, 2016
	Guayusa EtOH Hojas secas	17,5 ± 1,4	(µg / mL)	Jara et al, 2013
	Guayusa EtOAc Hojas secas	52,7 ± 4,3	(µg / mL)	

Elaborado por: Chávez y Naula, 2021.

DPPH: Ensayo de decoloración del catión radical α-αdifenil-ß-picrilhidrazilo

Analizando los datos del grupo DPPH en la tabla 4-2 se puede observar que la actividad antioxidante de la guayusa de acuerdo a los autores se encuentra en un rango de 5,41 a 17,5 mmol Trolox por 100 g MS. En el estudio de Jara et al. (2013) con la muestra de acetato etilo (EtOAc) en hojas secas se obtienen valores superiores de 52,7 ± 4,3 (µg / mL) a comparación del rango mencionado anteriormente.

Tabla 4-3

Actividad antioxidante por el método de ORAC.

Método	Muestra	Capacidad Antioxidante	Expresión del resultado	Autor
ORAC	Hojas tiernas	69,88 ± 7,49	mmol Trolox por 100 g MS	Villacís, 2017
	Hojas viejas	61,38 ± 6,55	mmol Trolox por 100 g MS	
	Hojas verdes	154,03	mmol L-1 Trolox 100 g-1 MS	García-Ruiz et al., 2017
	Hojas verdes	156,75	mmol L-1 Trolox100 g-1	Pardau et al., 2017

Elaborado por: Chávez y Naula, 2021.

ORAC: Capacidad de absorción del radical.

En la tabla 4-3 se puede observar que han trabajado con el método ORAC, en hojas verdes según Pardau, 2017 obtuvo mayor concentración con un valor de 156,75 mmol L-1 Trolox100 g-1ª, teniendo valores similares a García Ruiz. También se puede mencionar que cuando las hojas alcanzan su estado de madurez su capacidad antioxidante disminuye como es en la investigación de Villacís, 2017 teniendo valores bajos de 61,38 ± 6,55 mmol Trolox por 100 g DW) a comparación de los otros autores.

Tabla 4-4

Actividad antioxidante por el método de ABTS.

Método	Muestra	Capacidad Antioxidante	Expresión del resultado	Autor
ABTS o TEAC	Hojas frescas	40,71	µmol TROLOX/g MS	Arteaga, 2019
	Guayusa EtOH hojas secas	116.69 ± 5.72	µmol TE g−1	Cadena Carrera, 2019
	Guayusa EtOAc hojas secas	103.43 ± 0.47	µmol TE g−1	
	Hojas frescas	6,04 ± 0,64	mg Trolox/100 g	Godoy, 2016
	Extracto de guayusa	3.71 ± 0,86	mg Trolox/g	

Elaborado por Chávez y Naula, 2020.

ABTS: Ensayo de decoloración con el radical catiónico. TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity.

En la tabla 4-4 se puede apreciar los diferentes tipos de muestras, en el cual sobresale el estudio de Cadena Carrera con 2 solventes diferentes: EtOH y EtOAc en hojas secas con capacidad antioxidante de 116.69 ± 5.72 y 103.43 ± 0.47 µmol TE g−1.

4.1.3 Aplicación de los extractos de I. guayusa

I. guayusa es una planta que posee vitaminas, aminoácidos y polifenoles de gran importancia y tomando en cuenta estas características nutricionales y bioquímicas de la guayusa en especial la cantidad y calidad de polifenoles presentes, su utilización es

muy amplia en la agroindustria, abarcando campos tan variados como la farmacología, suplementos alimenticios, energizantes, mistelas e incluso en componentes de productos cosmetológicos como el protector solar, sin dejar de lado los usos de la medicina tradicional aplicada por los pueblos autóctonos del Ecuador desde tiempos ancestrales. Teniendo en cuenta también que los metabolitos secundarios (Terpenos, compuestos fenólicos y compuestos nitrogenados) contienen estructuras similares con diferentes actividades biológicas, el cual en caso de poseer alguna enfermedad representa la alteración de mecanismos de óxido-reducción, dado que son ricos en antioxidantes.

Dentro de los polifenoles se encontraron también los flavonoides que son pigmentos vegetales que están principalmente en las frutas y flores, éstos son responsables del color que tiene la planta. I. guayusa tuvo presente dos componentes (el ácido clorogénico y cafeína) que contienen alta capacidad antioxidante, además tiene una amplia gama de actividades biológicas que incluyen efectos anticancerígenos, el cual resulta beneficiosa en la salud humana (Jáuregui y Escudero, 2007).

4.2 Conclusiones

- Como resultado de las investigaciones realizadas los principales polifenoles de la guayusa son 14 de los cuales 9 corresponden a los ácidos hidroxicinámicos y los 5 sobrantes específicamente a los flavonoides, el ácido clorogénico es el más destacado dentro de este grupo. Para la determinación del CTP se investigó que el más utilizado es el de Folin-Ciocalteu mediante el proceso de blanqueado se mostró resultados altos con valores de 106,62 mg GAE/g MS, el cual da un producto enriquecido en CTP.
- En *I. guayusa* se identificó que los polifenoles tienen una alta actividad antioxidante que ayudan a prevenir el envejecimiento prematuro de las células. Se analizó los artículos y documentos seleccionados del cual, la tabla 4-3 mediante el método de ORAC, teniendo mayor concentración con un valor de 156,75 mmol L-1 Trolox100 g-1ª.
- Finalmente, mediante la investigación documental se concluyó que la especie *I. guayusa* resulta beneficiosa para la salud humana, debido a la alta concentración de actividad antioxidante de los polifenoles que posee la planta, por el cual a partir de los extractos de las hojas verdes de la guayusa se pueden obtener productos de mejor calidad como el caso de fármacos, té o infusiones, protector solar, entre otros.

4.3 Recomendaciones

- Se recomienda que para las futuras investigaciones en relación al presente tema se lleve a la praxis el estudio bibliográfico de la elaboración de los diferentes productos en base a los extractos de *I. guayusa.*
- Considerando los datos obtenidos de la actividad antioxidante sería importante extender investigaciones vinculadas al daño oxidativo de las células con la finalidad de proponer nuevas aplicaciones de los extractos en diferentes ámbitos de innovación, como en el caso de los productos cosméticos y los suplementos alimenticios.

REFERENCIAS

Alvarado, E. (2016). *Guía Técnica del cultivo de Guayusa.* Quito: GIZ & Waykaca.

Álvarez Castro, R. R., y Luna Fox, S. B. (2020). Elaboración de un preparado hidrosoluble en forma de sólido pulverulento a partir de Ilex guayusa Loes. *(tesis de grado).* Universidad Estatal Amazónica, Puyo. Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/864

Burmeo, Z. (2009). Determinacion del contenido de compuestos fenolicos totales y actividad antioxidante de los extractos totales de doce especies vegetales nativas del Sur de Ecuador. *(tesis de pregrado).* Universidad Tecnica Particular de Loja, Loja. Obtenido de https://1library.co/document/wq2g1py1

Bustamante, L. C. (2018). Estudio de factibilidad para la elaboración de una mistela a base de gyausa (Ilex Guayusa) y su aceptacion en la ciudad de Guayaquil. *(tesis de licenciatura).* Universidad de Guayaquil, Guayaquil . Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35809

Cadena-Carrera, S., Tramontin, D. P., Bella Cruz, A., Bella Cruz, R. C., Muller, J. M., & Hense, H. (2019). Biological activity of extracts from guayusa leaves (Ilex guayusa Loes.) obtained by supercritical CO2 and ethanol as cosolvent. *The Journal of Supercritical Fluids, 152*, 2-7. doi:10.1016 / j.supflu.2019.104543

Calderón, E. A. (2017). Investigación y desarrollo de un protector solar empleado como ingrediente activo los agentes antioxidantes en extractos de guayusa (Ilex guayusa Loes). *(tesis de licenciatura).* Universidad San Francisco de Quito, Quito. Obtenido de http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6361

Caranqui, J., y Humanante, A. (2011). Estudio sobre la Taxonomía y Estado de Conservación de la Guayusa (Ilex guayusa Loess.) del Cantón Pastaza. *(Tesis de grado).* Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/767/1/Articulo_Guayusa.pdf

Carpintero Salvador, N., y Salazar Enriquez, M. E. (2014). Evaluación del efecto anticelulítico de una formulación cosmética a base de extracto alcohólico foliar de Guayusa, Ilex guayusa Loes (AQUIFOLIACEAE). *(tesis de maestria).*

Universidad Técnica Salesiana, Quito. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7358/1/QT06124.pdf

Castro, L. (2017). Estudio de la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles de la extracción etanolica de hojas de guayusa (Ilex guayusa Loes) deshidratadas trituradas. *(tesis grado)*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/16684

Cobo, C. (2016). Determinación de la actividad antioxidante en polifenoles, actividad antiinflamatoria y digestión gastrointestinal in vitro en proteínas de hoja de Ilex Guayusa. *(tesis de grado).* Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24099

Chaves-Ulate, C., y Esquivel-Rodríguez, P. (2019). Ácidos clorogénicos presentes en el café: capacidad antimicrobiana y antioxidante. *Agronomía Mesoamericana, 30* (1), 299-311. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n1/2215-3608-am-30-01-00299.pdf

Chumbia Yankuam, G. A., y Kuamar Sandu, A. C. (2019). Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos en Guayusa (Ilex guayusa Loes) y determinación de actividad antioxidante y contenido de cafeína. *(tesis de pregrado).* Universidad Estatal Amazónica, Puyo. Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/711/1/T.AGROIN.B.UEA.2075.pdf

Dueñas, J. F., Jarrett, C. C., & Logan-Hines, E. (2016). Amazonian Guayusa (Ilex guayusa Loes.): A Historical and Ethnobotanical Overview. *Economic Botany, 70* , 85-91. doi:https://doi.org/10.1007/s12231-016-9334-2

Gan, R.-Y., Zhang, D., Wang, M., y Corke, H. (2018). Beneficios para la salud de los compuestos bioactivos del género Ilex , una fuente de bebidas tradicionales con cafeína. *Nutrients, (10)*11, 1-9. doi:https://doi.org/10.3390/nu10111682

Garcia-Ruiz, A., Baenas, N., Benitez-Gonzales, A. M., Stinco, C. M., Melendez-Martinez, A. J., Moreno, D. A., & Ruales, J. (2017). Guayusa (Ilex guayusa L.) new tea: phenolic and carotenoid composition and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 97*, 3929-3936.

Godoy, S. N. (2016). Atomizacion de los antioxidantes de las hojas de guayusa (Ilex guayusa Loes.). *(tesis de grado).* Universidad Tecnica Particular de Loja, Loja. Obtenido de http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/15736

IPD. (junio, 2020). Product Fact Sheel: Exportando guayusa a Europa. 1-17. obtenido de https://www.importpromotiondesk.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/factsheet/zutaten/PFS_Guayusa_ES_v1.pdf

Jara, A., Rodriguez , Y., Cornejo, J., Cazar, M. E., Gutierrez, M., & Astudillo, L. (2013). Antioxidant activity and total phenolics of plants used in raditional medicine in Ecuador. *In The 17th International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry.*, 1-5. doi:10.3390/ecsoc-17-b001

Jauregui , A. M., y Escudero, F. (2007). Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales. *Horizonte médico, 7*(1), 23-31. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/3716/371637115003.pdf

Melo, V. A. (2014). Composición y Análisis Químico de la Especie Ilex guayusa Loes. *(Tesis de Grado).* Universidad San Francisco de Quito, Quito. Obtenido de http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3269/1/000110421.pdf

Montaño, J., Rosillo, E., Zhiñin, H., Pucha-Cofrep, D. (2019) Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de Ilex guausa Loes. *Bosques Latitud Cero, 9*(1). 31-45. Obtenido de https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/583/523

Naveed, M., Hejazi, V., Abbas, M., Kamboh, A. A., Khan, G. J., Shumzaid, M., Ahmad, F., Babazadeh, D., FangFang, X., Modarresi-Ghazani, F., WenHua, L., & XiaoHui, Z. (2018). Chlorogenic acid (CGA): A pharmacological review and call for further research. *Biomed Pharmacother, 97,* 67-74. doi:10.1016/j.biopha.2017.10.064

Pardau, M., Pereira, A., Apostolides, Z., Serem, J., & Bester, M. (diciembre, 2017) Antioxidant and anti-inflammatory properties of Ilex guayusa tea preparations: a comparison to Camellia sinesis teas. *Food Funct, 8*(12): 4601-4610. doi: 10.1039/c7fo01067b.

Quiñones, M., Miguel, M., y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria, 27*(1), 76-89.

Radice, M., y Vidari, G. (2007). Caracterización fitoquímica de la especie Ilex guayusa Loes. y elaboración de un prototipo de fitofármaco de interés comercial. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la vida, (6)*, 3-11.

Radice, M., Bravo , L., Perez , M., Cerda, J., Tapuy, A., Riofrio, A., Neil, D., y Chiurato, M. (2017). Determinación de polifenoles en cinco especies amazónicas con potencial antioxidante. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 6*(1), 55-64.

Radice, M., Cossio, N., & Scalvenzi, L. (2017). Ilex Guayusa: A Systematic Review of its traditional uses, chemical constituents, biological activities and biotrade opportunities. *In Proceedings of MOL2NET 2016, International Conference on Multidisciplinary Sciences, (Vol. 3868)*. Obtenido de https://sciforum.net/manuscripts/3868/slides.pdf

Ramírez, J. H., García, C. F., Vizcaíno, J. A., Gutiérrez, F. J., Mariel Cárdenas, J., Mariel Murga, H., y Villagrán Rueda, S. (2012). ¿Qué son y para qué sirven los antioxidantes? *La Ciencia y el Hombre, XXV,*(2). Obtenido de https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num2/articulos/antioxidantes

Sánchez, A., Revilla, D., Degola, M. A., Poma , L. S., Trelles de Peña, L. M., y Tafur, R. (2020). *Los métodos de investigación pata la elaboración de las tesis de maestría en educación.* Lima: Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/343426365_LIBRO_LOS_METODOS_DE_INVESTIGACION_-_MAESTRIA_2020

Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition, 81* (1), 215S-217S. doi:10.10093 / ajcn / 81.1.215s

Schinella, G. R. (2014). Actividad antioxidante y efecto cardioprotector de Ilex brasiliensis: un estudio comparativo Ilex paraguariensis (yerba mate). *(tesis de maestria).* Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/278329628

Torres, G. J. (2013). *Manual de buenas prácticas de recoleccion para la cosecha de hojas.* Macas: Macías & Ávila Comunicaciones. Obtenido de http://chankuap.org/wp-content/uploads/2014/03/Manual-de-buenas-practicas-de-la-Guayusa.pdf

Utreras, V. E. (2019). Determinación de la concentración mínima de fenoles presentes en extractos etanólicos de hojas de guayusa (Ilex guayusa Loes.) con mayor actividad inhibitoria en las enzimas α- y β-glucosidasa. *(tesis de grado).* Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19244/1/T-UCE-0008-CQU-152.pdf

Valencia Avilés, E., Figueroa, I. I., Sosa Martínez , E., Bartolomé C, M. C., Martínez Flores , H. E., y García Pérez , M. E. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas,* (16), 15-29. Obtenido de http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29781/1/2.%201583-4794-2-PB.pdf

Villacis-Chiriboga, J. (2017). Etnobotánica y sistemas tradicionales de salud en Ecuador. Enfoque en la Guayusa (Ilex guayusa Loes). *Revista Etnobiologia, 15*(3), 79-88. Obtenido de https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/129/128

Zamora S, J. D. (2007). Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. *Revista Chilena de Nutricion, 34*(1), 17-26. doi: https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100002

Zapata, S., Piedrahita, A., Rojano, B. (2014). Capacidad atrapadora de radicales oxígenos (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspectivas en nutrición humana*, 16(1), 25-36. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-41082014000100003

APÉNDICES

Anexo 1. GLOSARIO

Ácido clorogénico: Es un compuesto fitoquímico que se encuentra en alimentos como en granos de café, mate y té.

Alcaloide: Elemento orgánico nitrogenado, como es la morfina o la cocaína, generado únicamente por los vegetales.

Antioxidante: Es un elemento que ayuda a retardar o prevenir la oxidación de las otras moléculas.

Cafeína: Alcaloide vegetal del grupo de las xantinas, encontradas en el café, té, chocolate y mate, y que actúa como estimulante del sistema nervioso central, cardiotónico y diurético.

Conservar: Mantener o dar mayor permanencia a algo.

Corrosión: Es la acción de degradar algún elemento.

Endógeno: Es originado en el interior del cuerpo.

Energizante: Compuesto o sustancia que genera y proporciona energía al cuerpo.

Etnia: Está definida por distintas afinidades raciales, culturales o lingüísticas.

Fármacos: Medicamentos que son elaborados con moléculas específicas.

Flavonoides: Pigmentos de origen vegetal que se presentan en grandes cantidades en el té, las cebollas, la soja y el vino, con propiedades importantes en la medicina.

Fuste: Parte del árbol en el cual no se considera la corteza.

Metabolismo: Conjunto de reacciones químicas que forman células en los seres vivos con el único fin de sintetizar o degradar sustancias.

Parámetro: Son datos importantes que se debe tomar en cuenta para realizar o valorar análisis en alguna situación.

Pigmento: Es una sustancia que está disuelta en gránulos que se puede encontrar en células vegetales como en las células animales.

Polifenol: Elemento constituido por más de un grupo fenol por moléculas.