UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención de Título de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

"ANÁLISIS DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS EXTRAÍDOS DE *Psidium guajava* L. *(guayaba)*"

AUTORES:

Johanna Francisca Campaña Álvarez

Siza Silvana Andy López

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Josselyn Paulina Pico Poma MSc.

PASTAZA – ECUADOR

2020

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe Johanna Francisca Campaña Álvarez con CI. 1600470932, hace constar que es autor del Proyecto de Investigación Curricular titulado: "**ANÁLISIS DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS EXTRAÍDOS DE *Psidium guajava* L. *(*guayaba)"** el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Ing. Josselyn Paulina Pico Poma MSc. En tal sentido manifiesto 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 11 días del mes de septiembre del 2020.



Johanna Francisca Campaña Álvarez
CI. 1600470932

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe Siza Silvana Andy López con CI. 1600628067, hace constar que es autor del Proyecto de Investigación Curricular titulado: "**ANÁLISIS DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS EXTRAÍDOS DE *Psidium guajava* L. *(*guayaba)"** el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Ing. Josselyn Paulina Pico Poma MSc. En tal sentido manifiesto 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 11 días del mes de septiembre del 2020.



Siza Silvana Andy López
CI. 1600628067

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/ Trabajo de Integración Curricular titulado: **"ANÁLISIS DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS EXTRAÍDOS DE *Psidium guajava* L. *(guayaba)*".**

Ing. Luis Bravo MSc.
Presidente del Tribunal

Ing. Diego Sarabia MSc.
Secretario del Tribunal

Ing. Edwin Basantes MSc.
Miembro del tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Oficio No. 221-SAU-UEA-2020

Puyo, 31 de agosto de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a las egresadas CAMPAÑA ÁLVAREZ JOHANNA FRANCISCA con C.I. 1600470932 y; ANDY LÓPEZ SIZA SILVANA con C.I. 1600628067, con el Tema: **"ANÁLISIS DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE Y LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS EXTRAÍDOS DE *Psidium guajava* L. *(guayaba)*"**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Directora del proyecto Ing. Pico Poma Josselyn Paulina, M.Sc, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 1%, Informe generado con fecha 31 de agosto de 2020 por parte de la directora conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

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

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar e iluminar mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres Joel Andy y Alicia López por el apoyo, comprensión y amor incondicional, quienes me respaldaron día a día para llegar a la meta trazada.

Agradezco a mis hermanos y hermanas por estar presentes en cada etapa de mi carrera y demostrarme todo su apoyo y amor sin condición.

A mi amado hijo Carlos Daniel por comprender que no pude estar todo el tiempo a su lado por razones de estudio.

A mi compañera de Tesis Johanna Campaña y que ahora es mi amiga, darle las gracias por todo este tiempo compartido y por el apoyo brindado.

A la Ing. Josselyn Paulina Pico Poma MSc., por el conocimiento y apoyo brindado en el desarrollo del presente Proyecto de investigación.

Al Dr. Manuel Lázaro Pérez Quintana PhD., por su valiosa colaboración en el desarrollo del Proyecto de investigación.

A mi apreciada Universidad y a los docentes que fueron parte de mi formación profesional.

Siza Silvana Andy López

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, sobre todas las cosas por haberme bendecido con la salud, sabiduría y sobre todo darme las fuerzas en todo momento para continuar y ser perseverante durante mi formación profesional, Él fue mi apoyo para lograr cumplir con éxito esta meta.

A mi madre Juany Álvarez, por todo su amor, cariño, comprensión y por sus consejos muy valiosos, durante mi etapa universitaria y en la elaboración de mi proyecto de Investigación.

A toda mi familia, tías, primas que siempre estuvieron a mi lado, por su apoyo emocional en toda esta etapa universitaria.

A los frailes Dominicos de la Parroquia Nuestra Señora del Rosario de Agua Santa por haberme acogido a colaborar en el convento, por la confianza y comprensión, y así poder ayudarme en una parte de mis gastos universitarios.

A la Ing. Josselyn Paulina Pico Poma MSc., por el conocimiento y apoyo brindado en el desarrollo del presente Proyecto de investigación.

Al Dr. C. Manuel Lázaro Pérez Quintana PhD., por su valiosa colaboración en el desarrollo del Proyecto de investigación, al Dr. Matteo Radice por su gran ayuda y comprensión durante la elaboración de nuestro Proyecto de Investigación, a la Ingeniera Derwin Viáfara por su paciencia, sobre todo por sus enseñanzas impartidas en el Laboratorio de Bromatología de la Institución, las mismas que nos servirán mucho en la vida profesional.

A todos mis compañeros por su apoyo en toda la carrera universitaria, siempre los llevaré en mi corazón ahora son mis buenos amigos/as.

Johanna Francisca Campaña Álvarez

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de investigación principalmente a Dios, por haberme dado la vida, la sabiduría necesaria y así permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Yo, Siza Andy dedico con amor este Proyecto de Investigación a mis padres Joel Andy y Alicia López por su apoyo, comprensión, amor, ayuda incondicional en los momentos dificultosos y por apoyarme con los recursos necesarios para estudiar. Por hacer de mí una mujer con valores, principios, carácter, perseverancia para conseguir todos mis objetivos.

A mis hermanos Job, Misael, Kindy, Gino y hermanas Sulma, Wendy, Maleni por estar siempre presentes, acompañándome en todo momento con sus palabras de aliento, consejos, comprensión, amor, apoyo moral y económico. A mi Hermano Junior que a pesar de no estar a mi lado ha sido el Ángel que me ha cuidado desde el cielo.

A mi hijo Carlos Daniel por ser mi motivación, inspiración, la razón de mi lucha día a día y mi mayor felicidad.

Siza Silvana Andy López

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de investigación principalmente a Dios y a la Virgencita de Agua Santa, por haberme dado la vida, la sabiduría, perseverancia necesaria, ya que sin su voluntad nada es posible y así permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, especialmente a mi madre Juana Álvarez con su esfuerzo y dedicación, ha estado siempre apoyándome con sus palabras de aliento, su comprensión y cariño, brindándome los recursos económicos y las fuerzas que necesitaba en los momentos más difíciles en mi crecimiento como profesional.

A mi papacito José M. Campaña (+), que desde el cielo me ha iluminado y bendecido para que pueda culminar mi carrera profesional.

A toda mi familia, que con sus buenos deseos siempre me han apoyado y me han dado fuerzas en los momentos más difíciles para continuar, sobre todo en la realización de mi proyecto estuvieron con sus sabios consejos y enseñanzas para que me supere y crezca como profesional.

A los Frailes Dominicos de la parroquia Nuestra Señora del Rosario de Agua Santa por su apoyo con el trabajo, paciencia y comprensión mi más eterna gratitud y mis respetos.

A mi amiga Luisana por estar siempre ahí apoyándome emocionalmente en todo momento, con sus consejos y comprensión.

A nuestros mis compañeros de clase, ya que hemos compartido agradables momentos como una familia y a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el proyecto se realice con éxito en especial a aquellos que nos compartieron sus conocimientos.

Johanna Francisca Campaña Álvarez

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo analizar el potencial antioxidante y la actividad biológica de los metabolitos secundarios extraídos de *Psidium guajava* L. (guayaba). Se recopiló la información de documentos bibliográficos entre artículos científicos, proyectos de investigación publicados y revistas. Una vez revisada toda la información se identificó los principales componentes bioactivos de mayor presencia en la guayaba estos son: compuestos fenólicos, fenoles, flavonoides, quercetina, miricetina, esteroides, terpenos, tripterpenos, glucósidos, saponinas, alcaloides, kaempferol, taninos, carotenoides, licopeno, antocianinas, vitamina C., siendo éstos los responsables de las actividades biológicas que posee la guayaba. Entre las principales están la actividad antibacteriana, antioxidante y antiproliferativa. Resaltando el potencial antioxidante de eliminación de radicales libres y, además, de poseer un valioso poder curativo frente a enfermedades catastróficas como cáncer y diabetes. En los resultados se realizó tablas para diferenciar cada tipo de compuesto con las respectivas familias, funciones biológicas, la parte de la planta y el tipo de extracción utilizada. Su método de extracción más recomendable es el HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia) siendo el más exacto y confiable en sus resultados.

Palabras claves: metabolitos secundarios, antioxidante, *Psidium guajava*, HPLC.

ABSTRACT

The present project aimed to analyze the antioxidant potential and the biological activity of the secondary metabolites extracted from *Psidium guajava* L. (guava). Information was collected from bibliographic documents including scientific articles in Spanish and another language, published research projects and journals. After reviewing all the information, the main bioactive components with the greatest presence in guava were identified, these are: phenolic compounds, phenols, flavonoids, quercetin, myricetin, steroids, terpenes, triterpenes, glycosides, saponins, alkaloids, kaempferol, tannins, carotenoids, lycopene, anthocyanins, vitamin C., being responsible for the biological activities that guava have. Among the main ones are the antibacterial, antioxidant and antiproliferative activity. Highlighting the antioxidant potential of eliminating free radicals and, in addition, having a valuable healing power against catastrophic diseases such as cancer and diabetes. In the results, tables were made to differentiate each type of compound with the respective families, biological functions, the part of the plant and the type of extraction used. Its most recommended extraction method is HPLC (High Efficiency Liquid Chromatography), being the most accurate and reliable in its results.

Key words: secondary metabolites, antioxidant, *Psidium guajava*, HPLC.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.2. OBJETIVOS 2

1.2.1. OBJETIVO GENERAL 2

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

1.3 JUSTIFICACIÓN 2

CAPÍTULO 2 4

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 4

2.1. PRINCIPIOS ACTIVOS VEGETALES 4

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS 5

2.3. ACTIVIDADES BIOLÓGICAS DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS 9

2.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE (*Psidium guajava* L.) 11

2.5. METABOLITOS SECUNDARIOS PRESENTES EN (*Psidium guajava* L.) 15

2.6. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS PRESENTES EN (*Psidium guajava* L.) 17

2.7. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN RECOMENDABLE PARA LA GUAYABA (HPLC, SOXHLET) 20

CAPÍTULO 3 24

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 24

3.1. LOCALIZACIÓN 24

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN 24

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN 24

CAPÍTULO 4 25

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 25

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37

CONCLUSIONES 37

RECOMENDACIONES 38

REFERENCIAS 39

ANEXOS 46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. FLAVONOIDES 25
Tabla 2. QUERCETINA 26
Tabla 3. TRIPTERPENOS 27
Tabla 4. SAPONINAS 28
Tabla 5. FENOLES 29
Tabla 6. ESTEROIDES 30
Tabla 7. ALCALOIDES 31
Tabla 8. POLIFENOLES 32
Tabla 9. MIRICETINA 33
Tabla 10. KAEMFEROL 34
Tabla 11. TANINOS 35

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La guayaba es una fruta muy rica en nutrientes, tales como compuestos fenólicos con un elevado potencial de actividad antioxidante esto influye dando facilidad para atrapar especies reactivas de oxígeno como valor nutracéutico de la especie.

Varias investigaciones encontraron diferentes tipos de metabolitos secundarios en las hojas, frutos y flores de la guayaba, tales como terpenos, fenoles, taninos, triterpenos, flavonoides, esteroides, como también las saponinas y compuestos aminados, que aportan propiedades benéficas para los seres humanos como también para los animales (Nalvarte Rua, 2014).

Es importante el estudio de la actividad biológica de los metabolitos secundarios presentes en la guayaba (*Psidium guajava* L.), siendo así, una de las principales la capacidad antioxidante ya que poseen muchos beneficios para la salud de las personas, además es una fruta muy rica en vitaminas, minerales, carotenoides los mismos ayudan a prevenir ciertas enfermedades catastróficas y cardiovasculares entre ellas la diabetes. Debido a sus múltiples beneficios la capacidad antioxidante ayuda prevenir la rancidez oxidativa de los alimentos alargando su vida útil y reduciendo los desechos y pérdidas nutricionales (Vargas Bosmediano, 2018).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Los metabolitos secundarios de *Psidium guajava* L. (guayaba) presentan propiedades antioxidantes u otros beneficios potenciales para la agroindustria?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar el potencial antioxidante y la actividad biológica de los metabolitos secundarios extraídos de *Psidium guajava* L. (guayaba).

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una investigación bibliográfica destinada a recopilar información relacionada con la extracción de metabolitos secundarios de *Psidium guajava* L. (guayaba).
- Identificar los metabolitos secundarios con potencial para el análisis de su actividad biológica y antioxidante.
- Generar un compendio de metabolitos secundarios promisorios con énfasis en su actividad biológica, antioxidante y las posibles técnicas de análisis.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la tendencia de los consumidores es el llamado mercado salud, esto incluye a los alimentos ricos en antioxidantes tanto en frutas como en vegetales, a estos alimentos se les denominada funcionales, dentro de este grupo se encuentra la guayaba que posee propiedades antioxidantes.

Sin embargo, pese al gran valor nutricional y a los múltiples beneficios que posee la guayaba (*Psidium guajava* L.), en la actualidad en el sector agroindustrial esta fruta es subutilizada, además, no existe un buen manejo de postcosecha y gran parte de la fruta se desecha por la rápida maduración de la misma, solo se consume como fruta fresca, mermeladas y otros subproductos, sin apreciar el potencial antioxidante y las actividades biológicas que posee.

Entre los principales antioxidantes hay varias familias como los polifenoles y los fitoestrógenos respecto a éstos se encuentran en las proteínas de soya o sus derivados. También se encuentran en productos ricos en Vitamina C, y frutas dentro de estos está la fresa, kiwi, guayaba, además con caroteno se encuentra el melón, mango, zanahoria, espinacas, entre otros (Coronado H. et al., 2015).

Con los antecedentes expuestos, se realizó el presente trabajo una revisión bibliográfica donde se analizó el potencial antioxidante y la actividad biológica de los metabolitos secundarios extraídos de *Psidium guajava* L. (guayaba), tanto en la salud de las personas como en la agroindustria, y de esta manera ampliar los conocimientos de estudiantes como de productores que no conocen el alto contenido de nutrientes y antioxidantes que posee esta fruta.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. PRINCIPIOS ACTIVOS VEGETALES

(Carrión Jara & García Gómez, 2010) señalaron que los principios activos se pueden encontrar en partes de animales o plantas medicinales de las cuales se extraen sus poderes curativos. Según (Waheed et al., 2020) describieron que existe más de 100 variedades de plantas que se pueden utilizar como generadores de medicina.

En las hojas se hallan los heterósidos y alcaloides, los tallos son una vía de conexión entre las hojas y las raíces, talvez en la corteza se puede evidenciar la presencia de principios activos, las raíces son las responsables de extraer el agua con sales minerales y esparcirlas hacia las hojas, aparte de eso acumulan, azucares, alcaloides y vitaminas, en las flores también podemos encontrar los principios activos, además de que son ricos en pigmentos.

Este autor divide a los principios activos en dos grandes grupos: metabolitos primarios y secundarios.

COMPUESTOS PROCEDENTES DEL METABOLISMO PRIMARIO

- Glúcidos
- Lípidos y grasas
- Aminoácidos
- Proteínas
- Ácidos Nucleicos
- Compuestos Nitrogenados (enzimas, glucósidos cianogenéticos)

COMPUESTOS PROCEDENTES DEL METABOLISMO SECUNDARIO

- Isoprenoides: terpenos, aceites esenciales, saponinas, cardiotónicos.
- Derivados Fenólicos: fenoles simples, ácidos fenólicos, taninos, camarinas, lignanos, quinonas, flavonoides: antocianinas.
- Alcaloides.

METABOLITOS SECUNDARIOS

Según (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009) los metabolitos secundarios son pigmentos que proveen coloración a las flores y a los frutos, también desempeñan un rol trascendental en la reproducción, llamando la atención de los insectos polinizadores, de la misma manera atrayendo a los animales para que consuman los frutos y de esa manera ayudar al esparcimiento de las semillas. También (Rojas de Astudillo, 2015) manifestó que los metabolitos secundarios, poseen actividades como las de cuidar contra los depredadores y los agentes dañinos microbianos, gracias a que poseen pesticidas naturales.

(Almeyda Cen, 2017) describió que los metabolitos secundarios son la base esencial en la elaboración de productos agroquímicos, farmacéuticos, perfumes, pigmentos, saborizantes y aditivos para alimentos. Así mismo, ayudan a tener una relación ecológica entre las plantas y el ambiente (Valares Masa, 2011).

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS

TERPENOS

Los terpenos son la agrupación más abundante de metabolitos secundarios porque cuentan con una extensa gama de diferentes tipos de moléculas. Además, no son solubles en agua y provienen de la combinación de elementos de isopreno y de la misma manera se agrupan por el número de unidades de isopreno (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009).

En sus investigaciones (Almeyda Cen, 2017) describió que los terpenos realizan varias funciones en las plantas , constituyen colores fotosintéticos, también trasladan electrones, y por ultimo son componentes estructurales de las membranas. También (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009) señalaron que varios de los terpenoides son utilizados con finalidad comercial en la cosmética y alimentación, y otros de ellos tienen propiedades medicinales anticarcinogénicas.

COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos como un grupo ampliamente esparcido en el ambiente, procedentes de carburos aromáticos, su función es cuidar a las plantas y al ser humano del daño que puede causar la oxidación, además que son componentes esenciales en la dieta humana. Son importantes gracias a su acción frente a enfermedades del corazón y canceres (Bravo Rodríguez & Jiménez Herráez, 2011).

Los autores (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009) dividieron en dos rutas esenciales la biosíntesis de los compuestos fenólicos: la ruta de ácido siquímico y la ruta del ácido malónico. Donde la ruta del ácido malónico es una base fundamental de fenoles en hongos y bacterias, a pesar de que no es muy requerida en las plantas superiores, mientras que la ruta del ácido siquímico es responsable de la biosíntesis de la mayor parte de los compuestos fenólicos de plantas.

Las cumarinas son una extensa familia de lactoras que se localizan en muchas variedades de plantas, funcionan como agentes antimicrobianos y como inhibidores de germinación. También (Naik et al., 2019) en sus investigaciones señalaron que existen varios productos elaborados que tienen la presencia de la cumarina tales como las tinturas, los aditivos alimenticios, la cosmética y farmacéutica.

Según (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009) describieron a la lignina como un polímero altamente ramificado de fenilpropanoides. También (Simões Saliba et al., 2001) señalaron que cumplen una función trascendental en la conducción de humedad, nutrimentos y metabolitos.

Según (Chávez-Sifontes & Domine, 2013) en sus investigaciones señalaron que la lignina se encuentra presente totalmente en plantas vasculares, de la misma manera que otros componentes de la biomasa y se presenta mediante la acción de fotosíntesis. (Abreu et al., 2009) manifestaron que, también está encargada de reforzar la pared celular y el manto medio en la mayoría de plantas fibrosas, porque gracias a su presencia ayuda a mantener con vida a los árboles a pesar de la fuerza de gravedad.

(Martínez-Flórez et al., 2002)en sus investigaciones describieron a los **flavonoides** que son colores naturales que se localizan en las plantas y que cuidan al cuerpo del mal causado por agentes oxidantes, tales como la contaminación climática, sustancias sintéticas que se encuentran en los alimentos y las radiaciones ultravioletas. Este tipo de sustancias artificiales protectoras no puede producir el cuerpo humano, por tal razón deben obtenerse en forma de suplementos o mediante la alimentación. Se encuentran ampliamente dispersos en plantas, verduras, frutas y en diferentes bebidas. No son componentes energéticas de la dieta humana.

Las antocianinas son flavonoides pigmentados causantes de la coloración de las flores y los frutos. Por tal razón son esenciales en la polinización y en el esparcimiento de semillas. Son glicósidos con un azúcar, si carecen de azúcar se les llama antocianidinas. Según (Peñarrieta et al., 2014) señalaron que en la industria alimenticia son utilizadas como colorantes naturales, y gracias a su capacidad antioxidante se le acoge como compuesto benéfico para la salud.

Los **taninos** son tóxicos por tener la habilidad de acoplarse a proteínas. Además, cumplen el papel de repelente alimentario de varios animales, se concentran más cantidad de taninos en la membrana de los frutos verdes. A pesar de eso, en el vino tinto existen resultados benéficos para la salud humana.

GLICÓSIDOS

(Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009) señalaron como metabolitos vegetales con mayor relevancia a los glicosidos, ya que su nombre es en relación a la unión glicosídico que se origina cuando una partícula de azúcar se sintetiza con otra que tiene un grupo hidroxilo.

Las **saponinas** de igual forma pueden realizar una vasta actividad biológica y farmacológica, teniendo relevancia su acción insecticida, piscida, antiinflamatorio, anti-trichomonas, leishmanicida, anti-agregante plaquetario, hipo-colesterolémico, broncolítico, también cumple con su actividad citotóxica frente a varias neoplasaias. Las saponinas se encuentran entre los metabolitos secundario con más alto valor farmacológico (Mena Valdés et al., 2015).

Los **glicósidos cardiacos** son similares a las saponinas esteroideas, también cuentan con poderes desinfectantes, en su esqueleto tiene solo una lactona. Se localizan de manera habitual en modo de glicósidos o de agliconas. Talvez el más reconocido sea la **digitoxina**, o su parecido **digoxina**, separada de digitalis purpurea y usada como medicamento en el tratamiento de la carencia cardiaca congestiva.

Los **glicósidos cianogénicos** son composiciones nitrogenadas, que no son dañinos por sí mismos, pero se degeneran cuando la planta es machacada descargando sustancias volátiles toxicas como cianuro de hidrogeno, un ejemplo es la **amigdalina** que se halla en las semillas de albaricoque, almendra y cereza.

Los **glucosinolatos**, también nombrados **glicósidos del óleo de mostaza**, se degeneran y expulsan sustancias volátiles encargados del olor, aroma y gusto de condimentos como la mostaza y vegetales como el brócoli, coliflor y repollo. La **sinigrina** es el glucosinolato que se halla en las semillas de mostaza. Además, los glucosinolatos al igual que los glicósidos cianogénicos, se localizan separados espacialmente de las enzimas hidrolíticas que los degeneran y cumplen también como repelentes de herbívoros.

ALCALOIDES

Según (Chávez Gonzales & Gutiérrez Condori, 2013) manifestaron que los **alcaloides** son compuestos orgánicos nitrogenados, que tienen un esqueleto estructural complicado, con un elemento que está formada por conjuntos atómicos que abarcan nitrógeno y tienen anillos cerrados. La mayor parte de dichos metabolitos secundarios son sólidamente incoloros. También (Ávalos García & Pérez-Urria Carril, 2009) señalaron que se hallan aproximadamente en un 20% en las plantas vasculares, la mayoría dicotiledóneas herbáceas. En los seres humanos, los alcaloides crean respuestas fisiológicas y psicológicas la mayoría de ellas resulta de su interacción con neurotransmisores. Si la dosis es alta la mayoría de los alcaloides suelen ser muy tóxicos. Pero si se utiliza una dosis baja tienen un alto valor terapéutico como tranquilizantes, analgésicos y relajantes musculares.

2.3. ACTIVIDADES BIOLÓGICAS DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS

ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA

Según (Pimentel Ramirez et al., 2015) señalaron que para eliminar las bacterias que se localizan en la cavidad bucal, hay antimicrobianos, que se conocen como antibióticos, otros también que permanecen junto con los virus parásitos y hongos. Es importante, hoy en día, las investigaciones que se realizan sobre la medicina natural, que se genera de las plantas y tienen cualidades antimicrobianas, ya que por ellas se presentan la actividad antibacteriana para enfrentar los microorganismos como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans* y *Porphyromonas gingivails*, sin descuidar la atención de un control mecánico de biopelícula por medios físicos (uso de hilo dental, correcto cepillado). También han comprobado que algunas plantas como el orégano, chincho y huacatay poseen efectos antimicrobianos, antioxidante y antifúngico contra los microorganismos.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Antioxidante es cualquier componente que cuando se encuentra a bajas concentraciones disminuye, retrasa proporcionalmente evitando la oxidación de un componente. Los antioxidantes son extractos químicos que inactivan los radicales, evitando su producción, evitando el deterioro en las células. Los antioxidantes ceden un electrón al radical libre, permitiendo su oxidación y se forma un radical libre débil que no es dañino, varias veces puede transformarse, así como la vitamina E.

La actividad antioxidante de los compuestos polifenólicos se fundamentan en su potencial secuestrador de radicales libres y de quelación de metales, a través de su estructura química los radicales libres evolucionan y forman un radical intermedio menos reactivo y más constante, es así que cuando se manifiesta los anillos aromáticos y grupos hidroxilo, éste permite que se deslocalicen los electrones (Díaz Delgado, 2010).

ACTIVIDAD ANTIRRADICALARIA POR ABTS

Esta se desarrolla cuando la fruta se encuentra en estado madura, muestra un alto contenido de bloqueo de radicales libres ABTS, aspecto que podría estar relacionado con el elevado contenido de fenoles libres, los mismos que intervienen como captadores de radicales libres (Olaya Zea & Restrepo Sánchez, 2012).

ACTIVIDAD ANTIESPASMÓDICA

Este grupo de antiespasmódicos, se encuentran compuestos naturales como los alcaloides de la especie vegetal que ayudan en la reducción de la motilidad intestinal y el tono, se utilizan para bajar el dolor como puede ser de un cólico gastrointestinal y otras vísceras del intestino liso.

La importancia de los derivados de las plantas en el tratamiento de las contracciones gastrointestinales entre ellos dispepsia, úlcera péptica, vómito, diarrea, cólico intestinal, náusea y constipación. Muchas sustancias de origen vegetal que interfieren el curso de la motilidad intestinal, ayudan en la relajación del músculo liso, también pueden ser utilizados favorablemente en el tratamiento de estos síntomas gastrointestinales (Serrano Gallardo, 2005).

ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA

La actividad antiinflamatoria se encuentra en muchos flavonoides esto relaciona a la inhibición de varias enzimas que están dentro del metabolismo ácido araquidónico como la lipoxigenasa, ciclooxigenasa, fosfato dinucleótido adenina nicotina (NADPH) oxidasa, y radicales libres, bajan la acción del estrés oxidativo.

Existen varios mecanismos dentro de la actividad antiinflamatoria y que pueden permanecer los flavonoides estos son: inhibición de la liberación de la histamina, inhibición del desplazamiento celular (en la etapa de inflamación los leucocitos transitan por quimiotactismo hacia el foco inflamatorio, es aquí donde se libera eicosanoides y varios agentes proinflamatorios), acción antirradicalaria (actuando dentro de los radicales libres se produce en la inflamación), efecto de protección vascular (ayudando a reducir la exudación).

Es importante la cooperación de estos metabolitos secundarios como los fenoles y flavonoides en la acción antiinflamatoria, actuando así la actividad inhibidora de la prostaglandina sintetiza, para impedir el mecanismo de la síntesis de prostaglandinas, compuesto responsable de la actividad antiinflamatoria (Enciso & Arroyo, 2011). Además (Fernández-Bobey et al., 2020) señalaron que existen diversas especies de la variedad Maytenus (Familia Celastraceae) que también manifiestan la actividad antiinflamatoria correlacionada con los terpenos.

ACTIVIDAD ANTIDIARRÉICA

Los taninos son polifenólicos hidrosolubles no nitrogenados se encuentran en el reino vegetal. Estos metabolitos secundarios tienen características biológicas como: antibacterianas, antisépticas y astringentes. Además, se relacionan con la actividad cicatrizante, por poseer propiedades astringentes, antiinflamatorias y vasoconstrictoras, ayudan en la curación rápida de heridas y hemostática deteniendo el sangrado.

La actividad antidiarreica está determinada por su mecanismo astringente, esto interfiere deteniendo la diarrea, los tejidos se contraen y las secreciones secan, para que al momento de realizar deposiciones estas sean más secas. (Robalino López, 2014).

2.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE (*Psidium guajava* L.)

GENERALIDADES

DISTRIBUCIÓN

Según (Morocho, 2017) El descubrimiento de *Psidium guajava* en "*Acca sellowiana O*.", es muy antiguo. Señaló que surgió en el Continente americano, la cultivaban en el Sur de México, hacia el sur de Perú.

En la actualidad es común su cultivo, en casi todos los países que poseen clima tropical destacándose: Venezuela, Costa Rica, Brasil, Colombia, Perú, Ecuador, Cuba, México, Puerto Rico y además otros países como: China, Sudáfrica, Filipinas, India.

PRODUCCIÓN DE LA GUAYABA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

Madre Tierra es una comunidad donde la producción de guayaba (*Psidium guajava* L.) es mayoritaria en la Región Amazónica central, aproximadamente los agricultores producen 1000 cajas a la semana. Esta comunidad se ubica en la provincia de Pastaza, ciudad de Mera (Bustos Agila, 2013).

En el país se puede encontrar varios ejes de producción de *Psidium guajava* L., los principales se encuentran ubicados en Baños, Santa Clara, Puyo, Manabí, Napo, Sucumbíos y Orellana, Macas, Archidona, Sucúa y Logroño.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El nombre científico de la guayaba es *Psidium guajava* L., se determina como parte importante de la familia dicotiledónea de las Mirtáceas, se especula que su origen se dio en América Central, en la parte meridional de México y en todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Marquina et al., 2008).

La forma de la fruta de guayaba puede ser redonda como una manzana o puede estrecharse en un extremo dando la forma de una pera. Tiene una cascara con una textura rugosa de color amarillo, con un aroma penetrante y muy constante (Marquina et al., 2008).

La pulpa puede ser de color rosada, amarilla, roja o blanca, de sabor dulce a acido, puede contener muchas o pocas semillas (Pérez-Barraza et al., 2015).

Árbol: Generalmente el árbol de guayaba es un arbusto bajo que tiene una altura de 3 a 10 metros, pero también dependiendo de las situaciones climáticas puede llegar a tener una altura de más de 10 metros. Poseen un tallo no muy largo y es torcido (Hidalgo Flipovich et al., 2015).

Raíces: Posee unas raíces fuertes, una de las principales es pivotante, facilitando un mejor anclaje. Su profundidad puede llegar hasta los cinco metros en el suelo. (Gutierrez Devia, 2013).

Hojas: (Hidalgo Flipovich et al., 2015). Señalaron que, habitualmente las hojas de la planta de guayaba son de color verde oscuro o claro, ovaladas, alargados-elípticos, entrelazados hacia el vértice de las ramas. Tienen una medida de 3 a 6 cm a lo ancho y de largo una medida aproximada de 3 a 16 cm.

Flores: Las flores de la planta de guayaba son hermafroditas y también pediculadas, tienen aproximadamente un tamaño de 3,8 cm. Tienen de cuatro a cinco pétalos ovalados, son de color blanco, con un tamaño de 1,5 a 2 cm. Posee un cáliz de 5 pétalos amarillos a su alrededor, la corola posee 5 sépalos, tiene estambres en variada cantidad y ovario ínfero. Cada cinco días al abrirse la flor los pétalos y estambres caen al suelo (Gutierrez Devia, 2013).

Fruto: El fruto de la planta de guayaba es una baya ovoide que tiene aproximadamente una medida de 4 a 12 cm de largo y de ancho de 4 a 7 cm, tiene un peso de 30 a 255 gramos, es un fruto con aroma agradable, tiene sabor agridulce, la pulpa suave y pegajosa de color rojizo anaranjado (Hidalgo Flipovich et al., 2015).

Semillas: En la mitad de la guayaba se localiza una masa de material pulposo, donde se encuentran situadas las semillas, la fruta madura tiene un sabor completamente dulce a levemente ácido, su aroma puede variar de un olor potente y penetrante a suave y agradable.

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

La guayaba *(Psidium guajava L.)* pertenece al:

- Reino: vegetal
- Sub Reino: *Tracheobionta*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Sub Clase: *Rosidae*
- Orden: *Myriales*
- Familia: *Myrtaceae*
- Género: *Psidium*
- Especie: *Psidium guajava L.*
- Nombre común: Guava, lemon guava (inglés): koejawel (africano): goyavier (francés): guave, guavenbaum, guayave (alemán): banjiro (japonés): goiaba, goiabeiro (portugués): guayaba, guayabo(español) (Hidalgo Flipovich et al., 2015).

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL

La guayaba es una fruta que contiene un alto valor nutricional, como también un alto contenido de antioxidantes (2,62- 7,79%), que son la vitamina C, vitamina E, los fenoles, carotenoides y flavonoides que son los que se encargan de eliminar a los radicales libres y prevenir el estrés oxidativo y los desórdenes metabólicos, también tienen un alto porcentaje de fibra dietaría (5,79%) (Vargas Bosmediano, 2018).

En 100g de la parte comestible de la guayaba está compuesta por calorías 68 kcal; colesterol 0 mg, agua 80.8g, proteína 2.55g, lípidos 0.95g, ceniza 1.39g, en hidratos de carbono la guayaba tiene fibra 5.4g, azúcares 8.92. (Bustos Agila, 2013). Algunos minerales como calcio 18 mg, hierro 0.26 mg, magnesio 22 mg, fósforo 40 mg, potasio 417 mg, sodio 2 mg, zinc 0.23 mg, cobre 0.23 mg, manganeso 0.15 mg, selenio 0.0006 mg. (Bustos Agila, 2013), entre las vitaminas tales como la vitamina C, 228.3 mg, vitamina B1 0.067 mg, vitamina B2 0.04 mg, vitamina B3 1.084 mg, vitamina B5 0.451 mg, vitamina E 0.73 mg, vitamina B7 7.6 mg. Entre los antioxidantes carotenoides tales como beta caroteno 374 ug, licopeno 520 ug, ácidos grasos saturados 0.272g, monoinsaturados 0.087g, poliinsaturados 0.401g.

(Bandera Fernández & Pérez Pelea, 2015) Manifiesta que en varios estudios encontraron en *Psidium guajava* L. metabolitos secundarios como saponinas, flavonoides, ácido oleanólico, quercetina y piranosideos aplicados en la medicina por sus características y propiedades curativas.

2.5. METABOLITOS SECUNDARIOS PRESENTES EN (*Psidium guajava* L.)

(Más Toro et al., 2017) Resaltó que, *Psidium guajava* L. (guayaba) posee múltiples beneficios tanto en la utilización de fitopreparados para la medicina en los seres humanos como para animales, sus actividades biológicas se encuentran con mayor beneficio en las hojas y corteza de la fruta, estas propiedades pueden ser antiinflamatorias, analgésicas, antiespasmódicas y otras.

Para identificar la presencia de metabolitos secundarios realizaron un tamizaje fitoquímico del polvo de hojas de plantas, entre ellas se encontró de *Psidium guajava* L., mediante un extracto hidro-alcohólico. Entre los más importantes cabe destacar los tripterpenos y esteroides, saponinas, aminoácidos libres, alcaloides, coumarias, carbohidratos reductores, fenoles y/o taninos, quinoas, flavonoides y antocianinas.

(Neira- Gonzalez & Ramirez- Gonzalez, 2005) por su parte al aplicar el método de prueba de coloración de cloruro férrico, Shinoda y ccf. revelado con cloruro de hierro, revelaron la presencia de metabolitos secundarios como los polifenoles y flavonoides, en muestras de hojas y cascara de *Psidium guajava L.* y *Psidium guineense* a partir de extractos crudos de cascara y hojas respectivamente.

Asimismo (VELAZCO ARANGO et al., 2020) manifestaron que *Psidium guajava* L. posee en las hojas como en el fruto componentes como carotenoides, fitoflueno, el β- caroteno y el licopeno, además resaltó las propiedades benéficas de la guayaba aplicadas en la medicina, incluyendo la ingesta de carotenoides en la dieta diaria, ayudando en el tratamiento de ciertas enfermedades como las neurológicas. Indicaron su efectividad en la prevención para el padecimiento de varios tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, inflamatorias, cataratas, degeneración macular y desórdenes inmunológicos.

Según (Vargas-Alvarez et al., 2006), en algunos estudios revelaron la presencia de flavonoides (miricetina, quercetina y kaempferol) y dos flavonas (apigenina y luteolina) que posee *Psidium guajava L*. (guayaba), es por ello que en su estudio determinaron en muestras de hoja madura e inmadura, senescente, corteza, botón floral, fruto y flor mediante extracto HCI en metanol acuoso a 50% y a través de la técnica de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC). De este modo, encontraron la mayor concentración de quercetina en el botón floral, y en la hoja madura.

(Nalvarte Rua, 2014) Mediante un tamizaje fitoquímico y la extracción etanólico de diferentes metabolitos secundarios de *Psidium guajava* L., utilizó muestras de las hojas y frutos de la guayaba, de esta manera, demostró la presencia de compuestos polifenólicos para identificar de diferentes metabolitos secundarios que posee la guayaba, los cuales son: compuestos polifenólicos, taninos, fenoles y triterpenos y esteroides, saponinas y compuestos aminados, glicósidos esteroidales, antraquinonas, también se encontró en la raíz esteroles, acido gálico y leucoantocianinas. La corteza está compuesta por un 10% de elagitaninos (4 - 6 hexahidroxidifeniglucosa, telimagrandina I y II, pedincularina, casuarinina, estaquicerina, estrictinitinina, casuarina).

También este autor identificó la presencia abundante de otros metabolitos como los azúcares reductores, lactonas y/o cumarinas, quercetina, morina y los ácidos protocatéquico, elágico, gálico y clorogénico.

(Milani et al., 2018) En su investigación explicaron la importancia de los metabolitos secundarios presentes en Psidium guajava encontrados en los desechos industriales de subproductos de esta fruta, los mismos que pueden ser reutilizados por el contenido de sus nutrientes.

2.6. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS PRESENTES EN (*Psidium guajava* L.)

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS (COMPUESTOS FENÓLICOS).

En relación a las actividades biológicas que posee la guayaba, el autor antes mencionado, determinó la actividad antioxidante que posee *Psidium guajava* L., a través del extracto fenólico que se obtuvo a partir de las muestras de hojas de la misma, de esta manera, señaló la presencia de compuestos fenólicos los cuales se derivan de los enlaces dobles de este grupo. De tal modo, los resultados fueron satisfactorios ya que encontraron un porcentaje alto de 95.2% de actividad antioxidante presente en la guayaba.

De acuerdo con (Vieira et al., 2011) la guayaba asimismo, presenta compuestos fenólicos, responsables de la capacidad antioxidante, los cuales son causantes de evitar el daño oxidativo de los alimentos y así evitar enfermedades catastróficas (Mesquita Freire et al., 2012).

No obstante, (Nalvarte Rua, 2014) señaló la importancia de la ingesta diaria que un alimento rico en antioxidantes aporta con las propiedades que poseen, dentro de este grupo de frutas se encuentra la guayaba, además, el autor resaltó que un poderoso antioxidante hidrosoluble es la Vitamina C, la cual tiene la capacidad de reaccionar con el anión O2 y el radical OH, además priva el enmohecimiento de los lípidos, previene las enfermedades cardiacas, algunos trastornos degenerativos y el cáncer.

(Palomino Pacheco et al., 2009b) Demostraron el efecto que ejercería la actividad antioxidante mediante el método sistema generador de radicales libres que se compone de ascorbato/Cu-II, de una muestra de guayaba amarilla y empleando antioxidantes como EDTA, tioúrea y manitol.

Varios estudios, han revelado la presencia de metabolitos secundarios presentes en *Psidium guajava* L., resaltando uno de los más importantes como la quercetina, el cual es un compuesto antioxidante que pertence al grupo de los compuestos fenólicos, además, señalaron que esta sustancia posee una excelente capacidad protectora, siendo responsable de las actividades biológicas presentes en la guayaba, las cuales ejercen la función de contrarrestar frente a las enfermedades graves, las inflamaciones, el cáncer y otras.

Otros de los componentes que están presentes en esta fruta son: miricetina y rutina, estos se encargan de inhibir cuando se forman los iones super óxido.

ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA

(Neira- Gonzalez & Ramirez- Gonzalez, 2005) describieron a los polifenoles como metabolitos secundarios de mucha importancia en la guayaba, los cuales poseen la capacidad antimicrobiana y múltiples beneficios relacionados al tratamiento de las caries al inhibir es decir no permitir que el microorganismo S. mutans afecte a la salud bucal.

Según (Cruz Huapalla & Flores Gonzales, 2018) determinaron la actividad antibacteriana del extracto alcohólico de hoja de *Psidium guajava* L. sobre Estreptococo mutans. Por otro lado, (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018) Se refiere en su investigación a unos de los metabolitos secundarios responsables de la actividad antimicrobiana como los taninos y compuestos fenólicos, actuando contra los microorganismos producidos por las bacterias Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Pseudomona aeruginosa, Escherichia coli, Proteus mirabilis, Shigella disenteriae, Salmonella thphi, Cándida albicans.

Los autores destacan algunas actividades biológicas presentes en la guayaba:

ANTIDIARRÉICA

Mediante un tamizaje fitoquímico utilizando las hojas de *Psidium guajava* L., identificaron la presencia de compuestos fenólicos causantes de la actividad antimicrobiana que puede contrarrestar la diarrea en adultos y niños.

ACTIVIDAD ANTIDIARRÉICA PRESENTE EN LA TINTURA DE HOJAS DE *Psidium guajava* L.

(Echemendía Salix & Morón Rodríguez, 2004) utilizaron dos variedades de guayaba *Psidium guajava* L. y *Psidium guineense* a través de un extracto alcohólico con las hojas de la misma. De esta manera demostraron cual era el principio activo en la guayaba, identificando a la quercetina, se origina a partir de la familia de los glucósidos presentes en la planta. Es así que los autores obtuvieron resultados exitosos en la investigación.

CAPACIDAD ANTINFLAMATORIA

(Piedra Sánchez, 2013) Determinaron tanto en hojas como en frutos y subproductos de la guayaba que esta presenta una capacidad antiinflamatoria y el metabolito responsable de esta actividad biológica es la quercetina.

De acuerdo con varias investigaciones analizadas, es preciso señalar la importancia de los metabolitos secundarios presentes en la guayaba (*Psidium guajava* L.), como son: compuestos fenólicos, seguidos de la quercetina, leucocianidina, miricetina, apigenina, luteolina, kaemferol, responsables de la actividad antiinflamatoria que posee esta fruta.

Se refirió al consumo de subproductos de la guayaba los mismos que se pueden incluir la ingesta de compuestos fenólicos en la dieta diaria humana para contrarrestar inflamaciones, Según (Blancas-Benítez et al., 2019) afirmaron que, la técnica más adecuada para identificar a los metabolitos secundarios tal es el caso de los compuestos fenólicos en la guayaba es HPLC (Cromatografía Liquida de Eficiente Resolución).

(Waizel Bucay & Cruz Júarez, 2015)Describieron como un laboratorio viviente a todas las plantas con poder curativo que crean componentes llamados metabolitos secundarios los mismos que pueden ser aceites esenciales, alcaloides, ácidos fenólicos, esteroides, cumarinas, quinoas, esteroides y otros, estos aportan beneficios a través de la actividad biológica que poseen: antiinflamatorios, narcóticos, sedantes, musculares, etc.

Dentro de este grupo de plantas, el autor señaló la relevancia de *Psidium guajava* L., es así que, demostró el poder antiinflamatorio en los seres humanos, a través de los metabolitos secundarios como Flavonoides (quercetina), taninos.

EFECTO HIPOGLICEMIANTE

Según (Inocente-Camones et al., 2015) en relación al efecto hipoglicemiante, en su experimento utilizaron las hojas de *Psidium guajava* L. (guayaba) para obtener un extracto acuoso, de esta manera, identificaron los metabolitos secundarios como: compuestos fenólicos, flavonoides, taninos, saponinas y esteroides. El estudio lo demostraron en ratas de laboratorio aloxanizadas, las mismas que presentaron una mejoría en la disminución de la concentración de la glucosa en la sangre. Confirmaron así, la presencia de la actividad antidiabética en la guayaba.

ACTIVIDAD ANTIPROLIFERATIVA

(Correa et al., 2020). Señalaron que *Psidium guajava* L. posee sustancias bioactivas que se encuentran en los pigmentos carotenoides. Además, demostraron la presencia de Alfa carotenos y B- carotenos, otros componentes como el licopeno, compuestos fenólicos, triterpenos, saponinas, lecitinas, flavonoides (antocianinas y quercetina), cianidina 3- glucósido, kaempferol presentes en la guayaba. Siendo esta variedad de metabolitos secundarios los responsables en el efecto anti- proliferativo que posee esta fruta.

De esta manera, refirieron los resultados que obtuvieron en relación a la proporción de polifenoles y/o el licopeno, siendo estos capaces de inhibir el crecimiento de células de andercarcinoma de mama humano.

2.7. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN RECOMENDABLE PARA LA GUAYABA (HPLC, SOXHLET)

CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA EFICACIA (HPLC) EN FASE INVERSA

Según (Fang, 2017) esta técnica se usa para separar los constituyentes de una mezcla, se basa en diferentes términos de interacciones químicas que se dividen en las sustancias ensayadas y la fase móvil y la fase estacionaria utilizadas. De acuerdo con (Montaño Alarcón, 2011) HPLC consiste en el repartimiento de una mezcla entre las dos fases, mientras el líquido fluye mediante la columna de mayor presión hacia la fase estacionaria. La muestra puede colocarse automáticamente o manual antes de la columna, siempre en cantidades pequeñas (10 a 50 µL).

El tiempo de retención se determina a través del tiempo que los componentes tardan al salir de la columna y se esto se conoce como propiedad significativa de la sustancia en fase móvil o estacionaria

Este método se aplica para la determinación de vitamina C en diferentes nutrientes. La columna C18 y una precolumna RP-18 se utiliza para la fase estacionaria, y la fase móvil se emplea ácido sulfúrico para equilibrar con un PH 2,2. La velocidad de flujo es 0,4 mL/min, y detector de UV-VIS a 225 nm para vitamina C.

Además, el mismo autor indicó que existen otros detectores que se pueden emplear, por ejemplo, el detector de DAD (Diode Array Detector); la detección fluorimétrico y espectrométrico de masas (MS).

El detector HPL-UV-VIS/DAD se aplica en la determinación del AA y vitamina C total (AA+ADA). Un ejemplo es, posterior a la reducción de ADA con ditiotreitol (reductor) en judías verdes.

Además, afirma que la detección espectrométrico de masas se fundamenta en la obtención de iones a partir de moléculas en fase gaseosa, a partir de ello, luego se separan los iones en función su relación masa/carga (m/z). Cuando mejora la sensibilidad y selectividad del análisis se acopla a HPLC. El modo de ionización en MS es ionización por electrospray (ESI) a presión atmosférica.

El método HPLC consta de los siguientes componentes:

- **Bomba:** En la bomba se debe utilizar materiales adecuados ya que el material que posee es inerte a los disolventes que se emplean. Es importante conocer la presión de cada modelo y su fabricante del equipo, para de esta manera medir su rendimiento, este se mide mediante la habilidad para producir un flujo continuo y reproducible. Su funcionalidad con gradiente de elusión, dependerá de la aplicación del método que se utilice.
- **Fase móvil:** Existen varios solventes que se puede utilizar en HPLC en la fase móvil los principales son: (metanol. Acetonitrilo y propanol), incluso agua y soluciones amortiguadoras acuosas, solventes no acuosos de baja viscosidad

- **Gradiente de elusión:** cuando el solvente se mantiene continuo en la separación, se le conoce como elusión isocrática. En cambio, si es estos solventes varían a determinado tiempo dependiendo del proceso, se le llama gradiente de elusión que se aplica al separar mezclas de diferentes características.
- **Columna:** Uno de los materiales con mayor duración en equipos electrónicos, en este caso las Columna de HPLC es el acero inoxidable posee un recubrimiento compacto, lo cual es necesario para soportar la alta presión que se genera.
- **Detector:** Este componente se ubica al final de la columna y la señal se reporta como una gráfica en relación al tiempo, se lo conoce como cromatograma, consiste en varios picos simétricos. Se emplean dos posiciones los picos que están sobre el eje de los tiempos, se aplica cualitativamente (posición del eje) y cuantitativamente (área bajo los picos) los componentes de la sustancia o muestra.

(Sánchez Reyes, 2016) indicó que se divide en cuatro tipos, de acuerdo a la naturaleza de la fase estacionaria:

- Cromatografía de partición
- Cromatografía de exclusión
- Cromatografía de intercambio iónico
- Cromatografía de adsorción

El mismo autor afirmó la existencia de una subclasificación de acuerdo a la polaridad de la fase estacionaria.

- **Cromatografía de fase normal:** la naturaleza de la fase estacionaria es polar (sílice o alúmina) y la fase móvil es no polar (Hexano). En este tipo las muestras polares son retenidas por la columna, es decir que se eluirán los compuestos no polares más rápido.
- **Cromatografía de fase reversa:** Es lo contrario de la fase normal, la fase estacionaria no es polar (Hidrocarburos) y la fase móvil si es polar (Agua o metanol), los componentes no polares se retienen mayor tiempo en la columna.

EXTRACCIÓN SOXHLET

Según (Mendoza Garnica, 2019) señala la importancia de este método para que se desarrolle en caliente, utilizando solventes con puntos de ebullición inferior, de esta forma se reduce la posibilidad de que la muestra se degrade. Es recomendado para obtener los extractos crudos en plantas. La técnica se complementa por la diferencia de solubilidad en el disolvente de extracción entre el compuesto deseado y los otros compuestos que se encuentren presentes en la mezcla inicial.

Consta de las siguientes etapas:

- Colocación del solvente en un balón
- Cocción del solvente que se evapora hasta un condensador a descenso.
- El condensado cae sobre un recipiente que contiene un cartucho poroso con la muestra en su interior.
- Ascenso del nivel del solvente llenando el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído al balón.
- Es necesario volver a producir el proceso las veces que se necesite para que la muestra quede agotada. En el balón se concentra lo extraído.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

El presente proyecto de investigación se realizó desde el domicilio de la estudiante Johanna Francisca Campaña Álvarez ubicado en la provincia de Tungurahua, cantón Baños de Agua Santa y desde el domicilio de la estudiante Siza Silvana Andy López ubicado en la provincia de Pastaza, cantón Arajuno respectivamente a través de medios digitales e Internet.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación del presente trabajo fue descriptiva simple, la cual permitió describir y analizar toda la información referente a la capacidad antioxidante de los metabolitos secundarios *Psidium guajava L.* (guayaba) y su actividad biológica. La investigación se realizó a través de una revisión bibliográfica de: artículos científicos, proyectos de tesis y revistas. El tipo de análisis de resultados fue por medio de tablas, gráficos, base de datos y otros.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El procedimiento de investigación se realizó a través de una revisión bibliográfica, la información se obtuvo de artículos científicos, revistas, libros, proyectos de investigación y material bibliográfico, relacionados con la actividad antioxidante de *Psidium guajava L.* y sus beneficios, mediante buscadores como Scielo, Pub.med y Science Direct.

Posteriormente se realizó la recopilación de la información, a través de 48 documentos entre tesis de grado y artículos científicos donde se identificó los metabolitos secundarios de *Psidium guajava* L. (guayaba) y la actividad biológica, como, por ejemplo: los antioxidantes, los polifenoles, Vitamina C y otros nutrientes.

Se concluyó con el desarrollo de una base de datos mediante la herramienta informática de Microsoft Excel, la misma que almacenó datos e información relacionados a la capacidad antioxidante de *Psidium guajava* L. (guayaba), su actividad biológica y métodos de extracción (Anexo 1); además se realizó una comparación de los estudios realizados a *Psidium guajava* L. (guayaba), a través de una tabla estructurada.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

FLAVONOIDES

De acuerdo a los estudios analizados de (Neira- Gonzalez & Ramirez- Gonzalez, 2005) en la cual expusieron la presencia de compuestos en las hojas de *Psidium guajava* L (guayaba), de esta forma, identificaron flavonoides los mismos que pertenecen a la familia de los compuestos fenólicos estos son: fenoles simples, ácidos fenólicos, taninos, camarinas, lignanos, quinonas, flavonoides: antocianinas. Para obtener la proporción de este, los autores realizaron extractos a través de diferentes métodos, en la **Tabla 1** se exponen datos importantes de los compuestos fenólicos que posee la guayaba. (Liu et al., 2018)revelaron cantidades superiores de flavonoides en la cáscara, lo que explican la presencia de actividad antioxidante que posee esta fruta, de tal modo resaltan los beneficios en la industria alimenticia en especial de procesamiento, además de la eliminación de radicales y prevención del envejecimiento de la piel de acuerdo a su potencial antioxidante.

Tabla 1. ***FLAVONOIDES***

Compuesto	Actividad Biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Flavonoide	Actividad antibacteriana; actividad antioxidante; Actividad antidiabética o Efecto hipoglicemiante.	Hojas, cáscara de la guayaba madura; pulpa y piel de *Psidium guajava* L.	Extracto etanólico crudo; extracto hidroalcohólico; extracto etanólico; agua bidestilada; extracto acuoso; extracto alcohólico, Extracto HCI en metanol acuoso.	(Neira- Gonzalez & Ramirez- Gonzalez, 2005); (Nalvarte Rua, 2014); (Palomino Pacheco et al., 2009a); (Vargas-Alvarez et al., 2006) (Suárez Salgado, 2017); (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018);(Inocente-Camones et al., 2015); (Liu et al., 2018)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

QUERCETINA

(Correa et al., 2020) identificaron la presencia de compuestos en pulpa de diferentes variedades de guayaba, para lo cual, realizaron cultivares de esta manera obtuvieron el mejor porcentaje de flavonoides (quercetina y antocianinas) que pertenecen a la familia de los compuestos fenólicos, donde se encuentra los siguientes compuestos flavonoides: quercetina, antocianinas, kaempferol, miricetina, galagina, fisefina. Para obtener la proporción de este compuesto realizaron extractos mediante diferentes métodos, en la **Tabla 2** se exponen datos importantes de los flavonoides presentes en la guayaba. (Nalvarte Rua, 2014) También manifestó que, la quercetina es responsable de la presencia de la actividad antioxidante, antibacteriana y otras presentes en la guayaba.

Además, (Suárez Salgado, 2017) señaló el poder antioxidante de esta sustancia bioactiva, en captar radicales libres e inhibir la oxidación de la membrana lipídica, también de contrarrestar el daño microbiano contra los patógenos en la cavidad bucal y prevenir del daño oxidativo en los alimentos.

Tabla 2. *QUERCETINA*

Compuesto	Actividad Biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Quercetina	Actividad Antiproliferativa, antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatoria.	Pulpa, corteza y hojas y flores de *Psidium guajava* L.	Extracto: acetona y agua; extracto alcohólico; extracto etanólico crudo; extracto acuoso y extracto agua bidestilada.	(Correa et al., 2020); (Neira- Gonzalez & Ramirez- Gonzalez, 2005);(Vargas-Alvarez et al., 2006); (Nalvarte Rua, 2014); (Palomino Pacheco et al., 2009b); (Suárez Salgado, 2017); (Piedra Sánchez, 2013)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

TRIPTERPENOS

En las investigaciones consideradas de (Nalvarte Rua, 2014) identificaron la presencia de compuestos en hojas de Psidium guajava L.(guayaba), es así que, obtuvieron un mayor porcentaje en tripterpenos (esteroides y esteroles) que pertenecen a la familia de los terpenos, los cuales son los siguientes compuestos: isopreno, monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, tripterpenos, tetraterpenos, politerpenos. Para determinar este compuesto, los autores realizaron extractos mediante diferentes métodos, en la **Tabla 3** se exponen datos importantes de los tripterpenos presentes en la guayaba.

Asimismo (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018) manifestaron que estos metabolitos, son los responsables de la presencia de la actividad antibacteriana, antioxidante y otras presentes en la guayaba, su función radica en la eliminación de radicales y prevención del envejecimiento de la piel de acuerdo a su potencial antioxidante, de igual manera, este se encarga de contrarrestar del daño microbiano contra los patógenos en la cavidad bucal, además de prevenir del daño oxidativo en los alimentos.

Tabla 3. ***TRIPTERPENOS***

Compuesto	**Actividad Biológica**	**Parte de la planta**	**Método de extracción**	**Autor**
Tripterpenos	Actividad antimicrobiana, antioxidante, Antiproliferativa	Hojas y pulpa de *Psidium guajava* L.	Extracto hidroalcohólico y acuoso; extracto etanólico; extracto alcohólico; acetona y agua.	(Más Toro et al., 2017); (Nalvarte Rua, 2014); (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018); (Correa et al., 2020); (Liu et al., 2018)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

SAPONINAS

En relación a los estudios analizados de (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018) identificaron la presencia de metabolitos secundarios en las hojas de *Psidium guajava* L. (guayaba), donde obtuvieron un porcentaje de saponinas (carnolípidos y saponinas), los cuales pertenecen a la familia de los glicósidos, que se derivan los siguientes compuestos: saponinas, glicósido cardíaco, glicósidos cianogénicos, glucosinaltos, glicósidos esteroides. Para obtener la proporción de este compuesto, realizaron extractos mediante diferentes métodos, en la **Tabla 4** se exponen datos importantes de las saponinas presentes en la guayaba.

También (Más Toro et al., 2017) explicaron que este compuesto presente en la guayaba es el responsable las actividades biológicas que posee, siendo las siguientes: antibacteriana, antioxidante, efecto vasoconstrictor, antidiabética y otras. Su función es de contrarrestar del daño microbiano contra los patógenos, además de prevenir el efecto proliferativo y otros beneficios.

Tabla 4. ***SAPONINAS***

Compuesto	Actividad Biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Saponinas	Actividad Antiproliferativa, Antioxidante, antimicrobiana, efecto vasoconstrictor, Antidiabética, actividad Hipocolesterolémico y antiinflamatorio.	Hojas, pulpa, fruta de *Psidium guajava* L.	Extracto hidro-alcohólico y acuoso; extracto etanólico; extracto acuoso y etanólico, acetona y agua; alcohólico.	(Más Toro et al., 2017); (Nalvarte Rua, 2014); (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018); (Inocente-Camones et al., 2015); (Correa et al., 2020).

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

FENOLES

En la experimentación revisada de (Más Toro et al., 2017) identificaron la presencia de compuestos fenólicos en hojas de *Psidium guajava* L. (guayaba), es así que, encontraron varios metabolitos secundarios, uno de los más importantes son los fenoles totales, los mismos que pertenecen a la familia de los compuestos fenólicos, dentro de los cuales se encuentran los siguientes: fenoles simples, ácidos fenólicos, taninos, camarinas, lignanos, quinonas, flavonoides. Para obtener la proporción de este metabolito los autores obtuvieron extractos a través de diferentes métodos, en la **Tabla 5** se exponen datos importantes de los fenoles que posee la guayaba. También (Nalvarte Rua, 2014) manifestó que, estos componentes son los responsables de la presencia de la actividad antioxidante, antiinflamatoria y otras presentes en la guayaba, actuando en la prevención de la hiperglucemia y diabetes, así como en la eliminación de radicales libres debido a su valioso poder antioxidante.

Tabla 5. ***FENOLES***

Compuesto	Actividad Biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Fenoles	Actividad antioxidante; actividad; antiinflamatoria	Hojas, frutos y subproductos de *Psidium guajava* L.	Hidro-alcohólico y acuoso; etanólico; extracto hidrofílico;	(Más Toro et al., 2017); (Nalvarte Rua, 2014); (Piedra Sánchez, 2013)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

ESTEROIDES

En relación a los estudios revisados de (Waizel Bucay & Cruz Júarez, 2015) describieron la presencia de compuestos en hojas de *Psidium guajava* L. (guayaba), donde obtuvieron un porcentaje de esteroides (esteroides y esteroles) los cuales pertenecen a la familia de los tripterpenos, donde se encuentra los siguientes metabolitos: esteroides, esteroles, escualeno, estigmasterol, sitosterol. Para obtener la proporción de este compuesto los autores efectuaron extractos mediante diferentes métodos, en la **Tabla 6** se exponen datos importantes relacionados a los esteroides presentes en la guayaba. También (Inocente-Camones et al., 2015) manifestaron en su estudio que, estos los responsables de la actividad biológica que posee la guayaba como son: antidiabéticas, actividad antioxidante y otras, aportando múltiples beneficios tanto a los seres humanos como animales.

Tabla 6. ***ESTEROIDES***

Compuesto	Actividad Biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Esteroides	Actividad antioxidante, actividad antidiabética.	Hojas de *Psidium guajava* L.	Extracto Hidro-alcohólico y acuoso; extracto acuoso y etanólico.	(Nalvarte Rua, 2014); (Inocente-Camones et al., 2015); (Más Toro et al., 2017)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

ALCALOIDES

En relación a las investigaciones analizadas de (Nalvarte Rua, 2014) señalaron la presencia de metabolitos secundarios en hojas de *Psidium guajava* L. (guayaba), para ello, obtuvieron un porcentaje de alcaloides, los principales compuestos se exponen a continuación: opio, morfina, codeína, alcaloides isoquindícos, heroína. Para obtener la proporción de este compuesto los autores efectuaron extractos mediante diferentes métodos, en la **Tabla 7** se exponen la información relevante a los alcaloides presentes en la guayaba.

También (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018) consideraron en su estudio que, estos son los es responsables de la actividad que posee la guayaba como: analgésicos, tranquilizantes, antiinflamatorios y otros beneficios que aportan a la salud y alimentación.

Tabla 7. ***ALCALOIDES***

Compuesto	Actividad Biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Alcaloides	Actividad antiinflamatoria, analgésica, antioxidante.	Hojas y fruto de *Psidium guajava* L.	Extracto hidro-alcohólico y acuoso, extracto etanólico y extracto acuoso.	(Más Toro et al., 2017); (Nalvarte Rua, 2014); (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018).

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

POLIFENOLES

Según (Neira- Gonzalez & Ramirez- Gonzalez, 2005) los polifenoles son parte de los metabolitos secundarios, llamados también compuestos fenólicos dentro de estos se encuentran los siguientes compuestos: fenoles simples, ácidos fenólicos, taninos, camarinas, lignanos, fenilpropanoides, quinonas, flavonoides: antocianinas.

(Suárez Salgado, 2017) resalta la presencia de los polifenoles en las hojas de *Psidium guajava* L. (guayaba), a partir de un extracto acuoso con las mismas, además manifestó que responsables de la actividad anticariogénica que posee la guayaba, así mismo indicó que son responsables de la actividad antimicrobiana al actuar frente los microorganismos patógenos de la cavidad bucal y la actividad antioxidante que posee esta fruta, en la **Tabla 8** se detallan datos relevantes de los polifenoles.

Tabla 8. POLIFENOLES

Compuesto	Actividad Biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Polifenoles	Actividad antioxidante; anticariogénica antibacteriana;	Hojas y frutos de *Psidium guajava* L.	Extracto etanólico crudo; agua bidestilada; etanol-agua 80:20; acuoso y etanólico.	(Neira- Gonzalez & Ramirez- Gonzalez, 2005); (Suárez Salgado, 2017); (Inocente-Camones et al., 2015); (Palomino Pacheco et al., 2009b); (VELAZCO ARANGO et al., 2020)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

MIRICETINA

En sus investigaciones (Vargas-Alvarez et al., 2006) señalaron la presencia de compuestos en las diferentes partes de *Psidium guajava* (guayaba) como son en las hojas: maduras e inmaduras, corteza de la fruta y flores, además identificaron la presencia de la miricetina el cual pertenece a la familia de los flavonoides. También (Palomino Pacheco et al., 2009b)manifestaron que estos compuestos son los responsables de la presencia de actividad antinflamatoria y anticancerígena. Para conseguir la proporción de este compuesto se realización extracciones con diferentes métodos, en la **Tabla 9,** se presentan datos importantes sobre la presencia de la miricetina en la guayaba.

Tabla 9. MIRICETINA

Compuesto	Actividad biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Miricetina	Actividad antiinflamatoria Actividad anticancerígena	Hojas: madura e inmadura, corteza de la fruta, flores	Extracto Acuoso-metanol Extracto Agua bidestilada Extracto metanólico	(Vargas-Alvarez et al., 2006) (Palomino Pacheco et al., 2009b) (Piedra Sánchez, 2013)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

KAEMFEROL

(Vargas-Alvarez et al., 2006) manifestaron que el metabolito secundario como Kaemferol pertenece a la familia de los flavonoides, este, se encuentran localizados en las hojas, cortezas de los frutos y flores del *Psidium guajava* (guayaba). También (Piedra Sánchez, 2013) explicó que ese compuesto presente en la guayaba posee una actividad antiinflamatoria y antiproliferativa que son benéficos para la salud. Los autores utilizaron diferentes métodos para su extracción. En la **Tabla 10,** se muestra la información más relevante de Kaemferol.

Tabla 10. KAEMFEROL

Compuesto	Actividad biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Kaemferol	Actividad antiinflamatoria Actividad Antiproliferativa	Hojas, corteza de los frutos, flores	Extracto Acuoso-metanol Extracto metanólico Extracto de acetona y agua 70:30	(Vargas-Alvarez et al., 2006) (Piedra Sánchez, 2013) (Correa et al., 2020)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

TANINOS

(Más Toro et al., 2017) en sus investigaciones señalaron a los taninos como compuestos importantes para la salud, además que pertenecen a la familia de los compuestos fenólicos y se localizan en las hojas y corteza de los frutos de guayaba, gracias a su presencia aportan actividades biológicas como la actividad antiinflamatoria, analgésica, antiespasmódica y antidiabética. Además, Inocentes- Camones et al, (2015) manifestaron que también poseen actividades antimicrobianas que ayudan a contrarrestar la diarrea en las personas. Los autores obtuvieron los extractos a través de diferentes métodos. En la **Tabla 11,** se exponen los datos más relevantes de los Taninos.

Tabla 11. TANINOS

Compuestos	Actividad biológica	Parte de la planta	Método de extracción	Autor
Taninos	Actividad antiinflamatoria, analgésica, antiespasmódica, Actividad antimicrobiana, Actividad antidiabética	Hojas, corteza de los frutos	Extracto hidro-alcohólico Extracto etanólico Extracto alcohólico Extracto acuoso y etanólico	(Más Toro et al., 2017) (Nalvarte Rua, 2014) (Ortega Pérez & Madrigal Vera, 2018) Inocentes-Camones et al, (2015)

Fuente: Artículos científicos.

Elaborado por: (*Campaña, J; & Andy, S. 2020*)

OTROS COMPUESTOS

CAROTENOIDES

(Correa et al., 2020) en sus investigaciones afirmaron que los carotenoides pertenecen a la familia de los terpenos, tienen propiedades antioxidantes contra enfermedades cancerígenas y ayudan en el cuidado del organismo contra los radicales libres, su extracción lo realizaron a través del método de acetona y agua 70:30 HPLC.

VITAMINA C

(Nalvarte Rua, 2014) indicó que *Psidium* guajava es rica en vitamina C (antioxidante hidrosoluble) que se encuentra en la hoja y cáscara, donde posee principios activos que ayudan a contrarestar enfermedades cardiovasculares y pulmonares, para su extracción se utilizó el metódo de agua bidestilada 1:4.

LICOPENO

(Correa et al., 2020) manifestaron que los licopenos pertenecen a la familia de los carotenoides se encuentran localizados en la pulpa de la fruta, tiene propiedades antioxidantes que ayudan a disminuir la presencia de células cancerígenas (próstata y mama), su método de extracción es mediante acetona y agua 70:30.

GLICOSIDOS

(Nalvarte Rua, 2014) señaló que los glucósidos son metabolitos secundarios que se encuentran en las hojas y frutos de la guayaba (*Psidium guajava L*), posee propiedades antisépticas y se puede utilizar como medicamento para tratar la insuficiencia cardiaca congestiva, su método de extracción es alcohólica.

ANTOCIANINAS

En su trabajo de investigación (Martínez-Flórez et al., 2002) manifestaron que las antocianinas pertenecen a la familia de los flavonoides, se localizan en las flores y frutos de la guayaba (*Psidium guajava L.)*, tienen compuestos antioxidantes que son benéficos para la salud y son utilizadas como colorantes naturales, su método de extracción es mediante acetona y agua 70:30.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Al finalizar el presente trabajo se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de recopilar información relacionada con la extracción de metabolitos secundarios presentes en la *Psidium guajava* L. (guayaba).

- Se identificaron los siguientes metabolitos secundarios con mayor presencia en la guayaba: compuestos fenólicos, fenoles, flavonoides, quercetina, miricetina, esteroides, terpenos, tripterpenos, glucósidos, saponinas, alcaloides, kaempferol, taninos, carotenoides, licopeno, antocianinas, vitamina C. De esta manera se analizó que estos componentes son responsables de varias actividades biológicas siendo las principales: antioxidante, antibacteriana, antiproliferativa, antidiabética, anticancerígena, etc. Resaltando su poder antioxidante en la eliminación de radicales libres y evitando el deterioro de las células.

- Una vez identificados los metabolitos con mayor presencia en *P. guajava* se generó una base de datos con la ayuda de la herramienta de Microsoft Excel ingresando el tipo de metabolito, el autor, y su método de extracción y de esta forma proporcionar un instrumento de búsqueda para futuras investigaciones.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar la investigación relacionada a la presencia de los metabolitos secundarios en *Psidium guajava* L (guayaba)., específicamente a la presencia de la vitamina C ya que esta posee mayor contenido en la guayaba.

- Se propone analizar los métodos de extracción de sustancias bioactivas en la guayaba, siendo el más recomendable el extracto etanólico, a través del método HPLC (Cromatografía Líquida de alta eficiencia) para la extracción de los metabolitos secundarios vegetales.

- Seguir con las investigaciones relacionadas a la guayaba por su alto poder curativo y su aporte nutricional en la dieta diaria, específicamente por su valioso contenido de antioxidantes presentes en *Psidium guajava* L.

REFERENCIAS

1. Abreu, H. S., Latorraca, J. V. F., Pereira, R. P. W., Monteiro, M. B. O., Abreu, F. A., & Amparado, K. F. (2009). A supramolecular proposal of lignin structure and its relation with the wood properties. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, *81*(1), 137–142. https://doi.org/10.1590/s0001-37652009000100014
2. Almeyda Cen, A. I. (2017). *Estudio de la acumulacion de acido betulinico y urechitol a durante el desarrollo de Pentalinon andrieuxii y su relacion con la metilacion de adn*. Centro de Investigacion Cientifica de Yucatan A.C.
3. Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca*, *2*(3), 119–145. http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/798
4. Bandera Fernández, E., & Pérez Pelea, L. (2015). Revisión bibliográfica MEJORAMIENTO GENÉTICO DE GUAYABO (Psidium guajava L .) Review. *Cultivos Tropicales*, *36*, 96–110.
5. Blancas-Benítez, F. J., Montalvo-González, E., González-Aguilar, G. A., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2019). Bioaccesibilidad y cinética de liberación in vitro de compuestos fenólicos en pulpas de guayaba (Psidium guajava L.) y guanábana (Annona muricata L.). *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, *22*, 1–7. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.169
6. Bravo Rodríguez, M. L., & Jiménez Herráez, G. N. (2011). *Estimacion del periodo de conservacion de plantas medicinales en fundasde papel a traves de la cuantificación de compuestos fenólicos* [Universidad de Cuenca]. http://www.ucuenca.edu.ec/recursos-servicios/biblioteca/bases-digitales?id=3142
7. Bustos Agila, G. K. (2013). Diseño de alimentos derivados de la guayaba, empleando procesos simples de conservación. In *Pontificia Universicad Católica del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
8. Carrión Jara, A. V., & García Gómez, C. R. (2010). Preparación De Extractos Vegetales: Determinación De Eficiencia De Metódica [Universidad de Cuenca]. In *Universidad De Cuenca* (Issue Tesis previa a la obtención del título de Bioquímica y Farmecéutica). http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2483/1/tq1005.pdf

9. Chávez-Sifontes, M., & Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicacionesL: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, *4*(4), 15–46.

10. Chávez Gonzales, L. M., & Gutiérrez Condori, D. A. (2013). Estudio fitoquímico y evaluación de la toxicidad aguda del extracto hidroalcohólico de las hojas frescas de Tanacetum vulgare L.,"Palma real" [Universidad Wiener]. In *Repositorio institucional - WIENER*. http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/52

11. Coronado H., M., Vega Y León, S., Gutiérrez T., R., Vázques F., M., & Radilla V., C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutricion*, *42*(2), 206–212. https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014

12. Correa, M. G., Couto, J. S., Trindade, B. B., Abreu, J. P., Nakajima, V. M., Oliveira, F. L., Farah, A., & Teodoro, A. J. (2020). Antiproliferative effect of guava fruit extracts in MDA-MB-435 and MCF- 7 human breast cancer cell lines. *An Acad Bras Cien*, *92*(2), 1–20. https://doi.org/10.1590/0001-3765202020191500

13. Cruz Huapalla, R. A., & Flores Gonzales, G. M. (2018). *"Actividad antibacteriana in vitro del extracto alcohólico de hoja de guayaba (Psidium guajava L.) sobre lactobacilos spp y estreptococo mutans."* Universidad Peruana de los Andes.

14. Díaz Delgado, M. G. (2010). *"Cuantificación de vitamina C, polifenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (Psidium guajava L.) fresca y tratada térmicamente."* Universidad Nacional Agraria de la Selva.

15. Echemendía Salix, C. E., & Morón Rodríguez, F. (2004). Tintura de hojas de Psidium guajava L. en pacientes con diarrea aguda simple. *Rev. Cuba. Plantas Med*, *9*(3), 1–15.

16. Enciso, E., & Arroyo, J. (2011). Efecto antiinflamatorio y antioxidante de las hojas de Jungia rugosa Less (matico dde puna) en un modelo experimental en ratas. *An Fac Med.*, *72*(4), 231–237.

17. Fang, Z. (2017). *Métodos analíticos para la determinación de vitamina C en alimentos*. Universidad Complutense.

18. Fernández-Bobey, A., Hernández-Torriente, A., García-Pérez, T. H., & Spengler-Salabarría, I. (2020). Triterpenes with anti-inflammatory activity isolated from the bark of the endemic species Maytenus elaeodendroides, Griseb. *Revista Cubana de Química*, *32*(1), 61–73.

19. Gutierrez Devia, A. A. (2013). *Evaluación de la calidad de frutos de guayaba Psidium guajava L. del banco de germoplasma de Corpoica Palmira*. Universidad Nacional de Colombia.

20. Hidalgo Flipovich, R., Gómez Ugarte, M., Escalera Cruz, D. Á., & Quisbert Díaz, S. (2015). Beneficios de la guayaba para la salud guava health benefits. *Revista de Investigación e Información En Salud. Revistas Bolivianas*, *10*(25), 27–32. http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2075-61942015000300005&script=sci_arttext

21. Inocente-Camones, M. A., Guija-Poma, E., Zarzosa-Norabuena, E., Herrera Loja, B., & Ponce-Pardo, J. E. (2015). Efecto hipoglicemiante de los extrfactos acuosos y etanólico de Psidium guajava L. (guayaba) en ratas diabéticas inducidas por aloxano. *Horiz Med*, *15*(2), 41–48.

22. Liu, X., Yan, X., Bi, J., Liu, J., Zhou, M., Wu, X., & Chen, Q. (2018). Determination of phenolic compounds and antioxidant activities from peel, flesh, seed of guava (Psidium guajava L.). *Electrophoresis*, *39*(13), 1654–1662. https://doi.org/10.1002/elps.201700479

23. Marquina, V., Araujo, L., Ruíz, J., Rodríguez-Malaver, A., & Vit, P. (2008). Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (Psidium guajava L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, *58*(1), 98–102.

24. Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M., & Tuñón, M. J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutricion Hospitalaria*, *17*(6), 271–278. https://doi.org/10.3305/nutr

25. Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodríguez Bertot, R., Pupo Torres, G., Rosabal Nava, O., & Olmo González, C. (2017). Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de polvos mixtos de hojas de plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, *22*(1), 1–9.

26. Mena Valdés, L., Tamargo Santos, B., Salas Olivet, E., Plaza Paredes, L. E., Blanco Hernández, Y., Otero Gonzáles, A., & Sierra Gonzáles, G. (2015). Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de Sapindus saponaria L. (jaboncillo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, *20*(1), 106–116.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es

27. Mendoza Garnica, K. (2019). *“ EFECTO DEL TIPO DE SOLVENTE SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS , SAPONINAS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE EXTRACTOS DE HOJAS DE GUAYABA (Psidium guajava L .) Y AGUACATE (Persea americana Mill).”* Universidad Autónoma del Estado de México.

28. Mesquita Freire, J., Patto de Abreu, C. M., Duarte Correa, A., Assaid Simao, A., & Mendes dos Santos, C. (2012). Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *34*(3), 847–852. https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000300026

29. Milani, L. P. G., Garcia, N. O. S., Morais, M. C., Dias, A. L. S., Oliveira, N. L., & Conceição, E. C. (2018). Extract from byproduct Psidium guajava standardized in ellagic acid: additivation of the in vitro photoprotective efficacy of a cosmetic formulation. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, *28*(6), 692–696. https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.08.005

30. Montaño Alarcón, M. F. (2011). *“Determinación, cuantificación y comparación de la concentración de Vitamina C en naranja (Citrus aurantium), limón (citrus aurantifolia) y mandarina (citrus reticulata) por HPLC.”* Pontificia Universidad Católica.

31. Morocho, M. Á. (2017). *Estudio de Factibilidad para la implementación de una planta procesadora de néctar de guayaba (Psidium guajaba L) y su comercialización en el cantón centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe*. Universidad Nacional de Loja.

32. Naik, C. G., Malik, G. M., & Parekh, H. M. (2019). Novel Coumarin Derivatives: Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activity. *South African Chemical Institute*, *72*, 248–252. https://doi.org/10.17159/0379-4350/2019/v72a32

33. Nalvarte Rua, D. N. (2014). *Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos aislados de las hojas de Psidium guajava L.* Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

34. Neira- Gonzalez, A. M., & Ramirez- Gonzalez, M. B. (2005). ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS DOS ESPECIES DE GUAYABA CONTRA STREPTOCOCCUS MUTANS Y ESCHERICHIA COLI. *Actual Biol*, *1*, 27–30.

35. Olaya Zea, J. A., & Restrepo Sánchez, L. P. (2012). Estudio del contenido de fenoles y actividad antioxidante de guayaba en diferentes estados de madurez. *Acta Biologica Colombiana*, *17*(3), 611–624.

36. Ortega Pérez, J. A., & Madrigal Vera, J. A. (2018). *Evaluación de la actividad Antimicrobiano del extracto alcohólico de la hoja de guayaba (Psidium guajava L.)*. Universidad de Guayaquil.

37. Palomino Pacheco, M., Guija Poma, E., & Lozano Reyes, N. (2009b). PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DE LA GUAYABA (Psidium guajava L.). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *75*(2), 228–234.

38. Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, *31*(2), 68–81.

39. Pérez-Barraza, M. H., Osuna-García, J. A., Padilla-Ramírez, J. S., Sánchez-Lucio, R., Nolasco-González, Y., & González-Gaona, E. (2015). Fenología, productividad y calidad de fruto de guayaba pulpa crema y rosa en clima tropical en México. *Interciencia*, *40*(3), 198–203.

40. Piedra Sánchez, Y. N. (2013). *Actividad Antiinflamatoria en subproductos de guayaba "Psidium guajava L."* Universidad Técnica Particular de Loja.

41. Pimentel Ramirez, E., Castillo Andamayo, D., Quintana Del Solar, M., Maurtua Torres, D., Villegas Vílchez, L., & Díaz Santisteban, C. (2015). Efecto antibacteriano de extractos etanólicos de plantas utilizadas en la tradiciones culinarias andinas sobre microorganismos de la cavidad bucal. *Revista Estomatol Herediana*, *25*(4), 268–277. https://doi.org/10.20453/reh.v25i4.2736.

42. Robalino López, C. E. (2014). *Evaluación del efecto antidiarréico y cicatrizante de la Infusión del extracto Etanólico de Cyclospermun leptophyllum (Per.) Sprague en ratones (Mus musculus) y conejos (Oryctologus cuniculus)*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

43. Rojas de Astudillo, L. (2015). *Caracterización química cuantitativa de metabolitos secundarios en plantas medicinales*. Universidad Técnica de Machala.

44. Sánchez Reyes, L. M. (2016). *Desarrollo e implementación de métodos analíticos para la determinación y cuantificación de vitaminas A, E, y C en jugos y productos lácteos usando cromatografía líquida de alta eficiencia con detector ultravioleta visible multivariable.* Universidad de Santander.

45. Serrano Gallardo, L. B. (2005). *Actividad antiespasmódica de extractos de plantas medicinales en preparaciones de Íleon de Cobayo*. Universidad Autónoma de Nuevo León.

46. Simões Saliba, E. de O., Rodriguez, N. M., Lemos de Morais, S. A., & Piló-Veloso, D. (2001). Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. *Ciência Rural, Santa Maria*, *31*(5), 917–928. https://doi.org/10.1590/s0103-84782001000500031

47. Suárez Salgado, P. V. (2017). *"Efecto antimicrobiano de Psidium guajava L. (guayaba) sobre cepas de Streptococcus mutans. Estudio in Vitro."* Universidad Central del Ecuador.

48. Valares Masa, C. (2011). *Variación del metabolismo secundario en plantas debida al genotipo y al ambiente*. Universidad de Extremadura.

49. Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., Gonzáles-Hernández, V. A., Engleman, E. M., & Martínez-Garza, Á. (2006). Cinética de accumulación y distribución de flavonoides en guayaba (Psidium guajava L.). *Agrociencia*, *40*(1), 109–115.

50. Vargas Bosmediano, L. P. (2018). *"EVALUACIÓN DE LOS MACROCOMPONENTES Y SU CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE Psidium guajava L. (GUAYABA)."* Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

51. VELAZCO ARANGO, V. A., BERNAL MARTÍNEZ, A. A., ORDÓÑEZ SANTOS, L. E., & HLEAP ZAPATA, J. I. (2020). Caracterización del epicarpio de guayaba (Psidium guajava L.) como alternativa natural para uso en productos alimenticios procesados. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *18*(2), 26. https://doi.org/10.18684/bsaa(18)26-36

52. Vieira, L. M., Bezerra Sousa, M. S., Mancini-Filho, J., & de Lima, A. (2011). Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *33*(3), 888–897. https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000099

53. Waheed, K., Muhammad, S. K., Shomaila, A., Muhammad, Z., Izhar, U., & Ullah, S. (2020). ANTIMICROBIAL ACTIVITY AND PHYTOCHEMICAL SCREENING OF Euphorbia helioscopia. *SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS*, *38*, 1–11. https://doi.org/10.1590/S0100-835820203801000

54. Waizel Bucay, J., & Cruz Júarez, M. de L. (2015). Algunas plantas con actividad antiinflamatoria. *Aportaciones de Las Universidades a La Docencia, La Investigación, La Tecnología y El Desarrollo*, *1*(1), 1–30.

ANEXOS

Anexo 1: Base de datos – Metabolitos secundarios de Psidium guajava L. (guayaba)

DATOS







DOCUMENTOS BIBLIOGRÁFICOS

CÓDIGO	TIPO	AUTOR	AÑO	TÍTULO	METABOLITO	TIPO EXTRACCIÓN
201	Artículo científi	D. Más Toro; Y. Martínez Aguilar; R. Rodriguez I	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	tripterpenos	hidro-alcólico y acuoso
201	Artículo científi	D. Más Toro; Y. Martínez Aguilar; R. Rodriguez I	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	esteroides	hidro-alcohólico y acuoso
201	Artículo científi	Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodriguez Bi	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	saponinas	hidro-alcohólico acuoso
201	Artículo científi	Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodriguez Bi	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	alcaloides	hidro-alcohólico y acuoso
201	Artículo científi	Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodriguez Bi	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	fenoles	hidro- alcohólico y acuoso
201	Artículo científi	Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodriguez Bi	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	taninos	hidro-alcóholico
201	Artículo científi	Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodriguez Bi	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	flavonoides	hidro-alcóholico y acuoso
201	Artículo científi	Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodriguez Bi	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	antocianidinas	hidro-alcóholico y acuoso
201	Artículo científi	Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodriguez Bi	2017	Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de pol	coumarias	hidro-alcóholico
200	Artículo científi	Neira- Gonzalez, A. M., & Ramirez- Gonzalez, M	2005	Actividad Antibacteriana de extractos dos Especies de gu	flavonoides	etanólico crudo- fracciones de acetat
200	Artículo científi	Neira- Gonzalez, A. M., & Ramirez- Gonzalez, M	2005	Actividad Antibacteriana de extractos dos Especies de gu	polifenoles	etanólico crudo- fracciones de acetat
200	Artículo científi	Neira- Gonzalez, A. M., & Ramirez- Gonzalez, M	2005	Actividad Antibacteriana de extractos dos Especies de gu	quercetina	etanólico crudo- fracciones de acetat
16923561	Artículo científi	VELAZCO ARANGO, V. A., BERNAL MARTÍNEZ, A	2020	Caracterización del epicarpio de guayaba (Psidium guajav	compuestos fenólicos	etanol-agua 80:20
1405-3195	Artículo científi	Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., Gonz	2006	Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en	miricetina	acuoso- metanol 50%
1405-3195	Artículo científi	Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., Gonz	2006	Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en	quercetina	acuoso- metanol 50%
1405-3195	Artículo científi	Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., Gonz	2006	Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en	kaempferol	acuoso- metanol 50%
1405-3195	Artículo científi	Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., Gonz	2006	Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en	luteolina	acuoso- metanol 50%
1405-3195	Artículo científi	Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., Gonz	2006	Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en	apigenina	acuoso- metanol 50%
100	Artículo científi	Nalvarte Rua, D. N.	2014	Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos aisla	taninos	etanólico

INGRESO DE DATOS | DOCUMENTOS