



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



***Plukenetia volubilis* L.: Usos tradicionales, metabolitos secundarios y efectos farmacológicos**

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: David Alexander Núñez Villacís

Tutor: BQF. Irvin Ricardo Tubón Usca. PhD.

Ambato – Ecuador

Marzo - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

BQF. Irvin Ricardo Tubón Usca. PhD.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 07 de febrero del 2022

BQF. Irvin Ricardo Tubón Usca. PhD.

C.I. 0604250357

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, David Alexander Núñez Villacís, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Bioquímico son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



David Alexander Núñez Villacís

CI: 1804751947

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente del Tribunal

Dra. Lorena de los Ángeles Núñez Villacís
C.I. 1804256905

Mg. Juan de Dios Espinoza Moya
C.I. 1803201431

Ambato, 11 de marzo de 2022

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él un, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



David Alexander Núñez Villacís

CI: 1804751947

AUTOR

DEDICATORIA

A Dios,
porque Él es mi todo y gracias a Él pude tener lo necesario para lograr este
objetivo;

A mis padres,
por su apoyo incondicional, sin su ayuda nada de esto hubiera sido posible;

A mis hermanos,
porque son una de las razones para querer superarme;
y a mi abuelita Juanita,
porque gracias a ella mis hermanos y yo somos quienes somos hoy en día
(Espero en Dios poder vernos pronto)

**Porque de él, y por él, y para él, son todas las cosas. A él sea la gloria por los
siglos. Amén.**

Romanos 11:36

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque me ha dado la vida, las fuerzas, los recursos y la inteligencia y sabiduría necesaria para todo este trayecto.

A mis padres, Oscar Núñez y Loly Villacís, por acompañarme todo este tiempo, por brindarme todo su amor y apoyarme en lo que necesité.

A mis hermanos, Victoria y Andrés, porque sus ocurrencias y su apoyo siempre han sido indispensables para poder sobrellevar los problemas.

A mi abuelita Juanita, porque por ella soy quien soy, por cuidarme y brindarme todo su amor y cariño.

A mis amigos Luis, Kathy y Abraham, por todo su apoyo en los momentos difíciles y por regalarme muchos recuerdos muy lindos.

Y agradezco de manera muy especial al Ing. Irvin Tubón, por toda su paciencia y su compromiso mostrados para que yo pueda alcanzar este objetivo tan importante en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
DERECHOS DEL AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.2.1 Historia.....	2
1.2.2 Taxonomía.....	3
1.2.3 Distribución.....	3
1.2.4 Morfología	4
1.2.5 Condiciones Edafoclimáticas	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II	7
METODOLOGÍA	7
2.1 Definición del problema.....	7
2.2 Búsqueda de información	7
2.3 Organización de la información	7
2.4 Análisis de la información.....	8

CAPÍTULO III	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
3.1 Medicina Tradicional	9
3.1.1 Usos tradicionales de <i>Plukenetia volubilis</i> L.....	9
3.2 Composición Química.....	10
3.2.1 Metabolitos secundarios.....	10
3.2.2 Metabolitos secundarios de <i>Plukenetia volubilis</i> L.....	10
Tabla 1. Información fitoquímica de <i>Plukenetia volubilis</i> L.	11
3.2.2.1 Fitoesteroles.....	13
Tabla 2. Concentración de fitoesteroles en las diferentes estructuras de <i>Plukenetia volubilis</i> L.	13
3.2.2.2 Taninos	14
3.2.2.3 Saponinas.....	15
Tabla 3. Concentración de taninos y saponinas en las diferentes estructuras de <i>Plukenetia volubilis</i> L.	16
3.2.2.4 Alcaloides	17
3.2.2.5 Flavonoides	17
3.2.2.6 Lectinas	18
3.2.2.7 Carotenoides	19
Tabla 4. Concentración de alcaloides totales, flavonoides totales, lectinas y caroteno en las diferentes estructuras de <i>Plukenetia volubilis</i> L.....	20
3.3 Efectos Farmacológicos	22
3.3.1 Potencial Anticancerígeno	22
3.3.1.1 Semilla.....	22
3.3.1.2 Hoja	24
3.3.2 Actividad Antioxidante	25
3.3.2.1 Semilla.....	25
3.3.2.2 Hojas.....	27

3.3.3	Actividad Antibacterial	28
3.3.3.1	Semilla.....	28
3.3.4	Actividad Antidislipídica	29
3.3.4.1	Semilla.....	29
3.4	Discusión	30
Tabla 5.	Efectos farmacológicos identificados en <i>Plukenetia volubilis</i> L.	33
CAPÍTULO 4.	34
CONCLUSIONES.	34
CAPITULO V.	36
BIBLIOGRAFÍA.	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Información fitoquímica de <i>Plukenetia volubilis</i> L.	11
Tabla 2.	Concentración de fitoesteroles en las diferentes estructuras de <i>Plukenetia volubilis</i> L.	13
Tabla 3.	Concentración de taninos y saponinas en las diferentes estructuras de <i>Plukenetia volubilis</i> L.	16
Tabla 4.	Concentración de alcaloides totales, flavonoides totales, lectinas y caroteno en las diferentes estructuras de <i>Plukenetia volubilis</i> L.....	20
Tabla 5.	Efectos farmacológicos identificados en <i>Plukenetia volubilis</i> L.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Planta de <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Muñoz Jáuregui et al., 2013).....	4
Figura 2.	Semillas de <i>Plukenetia volubilis</i> L. con diferente número de lóbulos. (Ayala, 2016).....	4
Figura 3.	Flores masculina y femenina de <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Ayala, 2016). 5	
Figura 4.	Estructuras químicas de los fitoesteroles identificados en <i>Plukenetia volubilis</i> L. (1) Campesterol, (2) β -sitosterol, (3) Estigmasterol (Elena Martha, 2015)	14

Figura 5. Estructura química del Ácido Tánico identificado en <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Ruiz et al., 2018)	16
Figura 6. Estructura química de las saponinas identificadas en <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Srichamnong et al., 2018)	17
Figura 7. Estructura química de <i>cis</i> -9,10-octadecenoamida (Oleamida) identificada en <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Cortes et al., 2021).....	20
Figura 8. Estructura química de Quercetina identificada en <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Puangpronpitag et al., 2021).....	21
Figura 9. Estructura tridimensional de Lectina identificada en <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Srichamnong et al., 2018)	21
Figura 10. Estructura química de β – <i>Caroteno</i> identificado en <i>Plukenetia volubilis</i> L. (Chirinos et al., 2017).....	21
Figura 11. Cuantificación de las funciones de los macrófagos y neutrófilos peritoneales. (Schiessel et al., 2016)	23
Figura 12. Producción de citoquinas inflamatorias A) IL-6 y B) TNF- α por parte de macrófagos. (Schiessel et al., 2016).....	23
Figura 13. Efectos proliferativos de los extractos obtenidos de la hoja de <i>Plukenetia volubilis</i> L. a una concentración de 250 ug/mL en diferentes líneas celulares. (Nascimento et al., 2013).....	24
Figura 14. Actividad antiproliferativa de los extractos de <i>Plukenetia volubilis</i> L. En (a) se representa el extracto acuoso (AEL), (b) corresponde al extracto de metanol (MEL), (c) corresponde al extracto de etanol (EEL), (d) corresponde al extracto de cloroformo (CEL), y (e) corresponde al extracto de hexano (HEL). (Nascimento et al., 2013)	25
Figura 15. Capacidad antioxidante total ORAC de 16 cultivos de semillas de Sacha Inchi. (Chirinos et al., 2017).....	26
Figura 16. Valores de DPPH (RSC) obtenidos de semillas de Sacha Inchi no procesadas y procesadas a través de varios métodos. (Štěrbová et al., 2017).....	27
Figura 17. Capacidad total de actividad antioxidante de los extractos vegetales expresada en equivalentes de ácido ascórbico (EEA/g). (Nascimento et al., 2013)	27
Figura 18. Ensayo de DPPH. El extracto de planta utilizado para este ensayo fue a una concentración de 250 ug/mL. El gráfico corresponde a la media \pm desviación estándar del barrido de DPPH.. (Nascimento et al., 2013)	28

Figura 19. Actividad del aceite de sacha inchi en los efectos de adhesión y remoción de <i>S. aureus</i> sobre queratinocitos y explantes de piel humana. (Gonzalez-Aspajo et al., 2015).....	29
Figura 20. Parámetros bioquímicos séricos obtenidos en los animales al someterlos a una dieta con aceite de sacha inchi (Gorriti et al., 2010).....	30

RESUMEN

Plukenetia volubilis L. conocida como sachá inchi, maní del inca o maní del monte es una planta nativa de la Amazonía peruana que pertenece a la familia Euphorbiaceae, los primeros indicios de su utilización datan del imperio Inca, sus habitantes consumían esta planta porque les otorgaba la energía necesaria para las actividades diarias, en la actualidad se la ha utilizado para la creación de alimentos, como suplemento del maní tradicional, además en algunos lugares cocinan sus hojas y las consumen y otros obtienen su aceite para utilizarlo en lugar de los aceites comunes de cocina o para realizar masajes.

Al existir una variedad amplia de beneficios en el consumo y la utilización del sachá inchi, se han llevado a cabo varios estudios fitoquímicos para determinar los principales metabolitos secundarios que se pueden obtener de esta planta entre los que se encuentran: fitoesteroles, taninos, flavonoides, esteroides, alcaloides, saponinas, lectinas y carotenoides, estos compuestos químicos se concentran principalmente en sus hojas, semillas y el aceite extraído de las mismas, de las cuales se extrae la mayor cantidad de metabolitos secundarios de interés para distintas industrias.

Los metabolitos secundarios encontrados influyen de manera directa en la actividad biológica que presenta la planta, entre los principales efectos farmacológicos que han sido estudiados se encuentran: actividad anticancerígena, antioxidante, antibacteriana y antidislipidémica. En base a esto se puede resaltar los grandes beneficios que puede aportar a las industrias farmacéutica, nutracéutica y cosmética.

Palabras clave: Investigación bibliográfica, farmacología, metabolitos secundarios, *Plukenetia volubilis* L., Sachá Inchi.

ABSTRACT

Plukenetia volubilis L. known as sacha inchi, Inca peanut, or mountain peanut is a native plant of the Peruvian Amazon that belongs to the Euphorbiaceae family, the first indications of its use date back to the Inca empire, its inhabitants consumed this plant because it gave them the necessary energy for daily activities, at present it has been used for the creation of food, as a supplement to traditional peanuts, also in some places they cook its leaves and consume them and others obtain its oil to use it instead of the common cooking oils or for massages.

As there is a wide variety of benefits in the consumption and use of sacha inchi, several phytochemical studies have been carried out to determine the main secondary metabolites that can be obtained from this plant, among which are: Phytosterols, tannins, flavonoids, steroids, alkaloids, saponins, lectins and carotenoids, these chemical compounds are mainly concentrated in its leaves, seeds and the oil extracted from them because from these the largest amount of secondary metabolites of interest for different industries are extracted.

All the secondary metabolites listed influence directly on the biological activity of those individuals who consume it, among the main pharmacological effects that have been studied are: Anticancer activity, antioxidant power, antibacterial activity and antidyslipidemic activity, making *Plukenetia volubilis* L. an undervalued plant in the world industry with great pharmaceutical, nutraceutical and cosmetic benefits.

Keywords: Bibliographic research, pharmacology, secondary metabolites, *Plukenetia volubilis* L., Sacha Inchi,

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1 Justificación

Las plantas medicinales se utilizaron a lo largo de la historia del hombre para tratar enfermedades que los aquejaban, estas prácticas se recopilaron para dar paso a la medicina tradicional o “ancestral”, adquiriendo gran relevancia dentro de la sociedad en los últimos años (Ventura, 2017).

En el Ecuador el conocimiento de la medicina tradicional creció y logró conservarse de generación en generación gracias a dos características esenciales con las que cuenta el país: su plurinacionalidad y multiétnicidad. De igual manera, posee una gran diversidad de flora, con más de 18.500 especies de plantas vasculares y 5.700 especies endémicas, muchas de las cuales son utilizadas por pueblos y etnias ecuatorianas para el tratamiento de enfermedades (Morales & Pineda, 2017).

Una de las plantas que es parte de la medicina ancestral ecuatoriana, específicamente de la zona amazónica, es *Plukenetia volubilis* L. más conocida como Sacha Inchi, maní del inca o maní del monte. Es una planta semileñosa y perenne que alcanza una altura de hasta 2 metros aproximadamente y crece en zonas con clima cálido, sus hojas son muy voluminosas y su fruto es una cápsula con 4 a 7 lóculos que en su interior contienen las semillas de sachá inchi (Aranda-Ventura et al., 2019) (G. Rodríguez et al., 2018).

La importancia de esta planta radica en sus semillas, porque de ellas se extrae el aceite de Sacha Inchi que es utilizado dentro de la medicina tradicional principalmente para realizar cremas que rejuvenecen la piel y para llevar a cabo masajes en zonas donde existan dolores musculares y reumáticos (Kodahl, 2020) (da Silva Soares et al., 2019). Debido a las utilidades que ofrece este producto, se realizaron varios estudios que evidencian la presencia de Omegas 3, 6 y 9, catalogándose como un producto apto para reemplazar a los aceites tradicionales obtenidos de peces, además de ser una fuente rica en proteínas que puede ser

altamente beneficiosa para la alimentación animal y humana (N. Rodríguez et al., 2019) (Garmendia et al., 2014) (Gutiérrez et al., 2017).

Dentro de su composición química existen compuestos como carbohidratos, lípidos, polifenoles, proteínas, tocoferoles, carotenoides, fitosteroles y minerales, dentro de este último grupo se encuentran el potasio, magnesio, calcio, zinc, cobre y sodio, los cuales confieren al aceite de Sacha Inchi propiedades antioxidantes, antibacteriales y anticancerígenas, por lo que es de gran importancia conocer e identificar los beneficios que esta planta puede aportar a la humanidad en temas de salud, alimentación e industrias alternativas a ciertos productos de origen animal (Wang et al., 2018) (Castaño et al., 2012).

1.2 Antecedentes

1.2.1 Historia

Pukenetia volubilis L. fue catalogada por primera vez por el científico y naturalista Carlos Linneo en el año de 1753 mientras se encontraba en una expedición por la Amazonía peruana. Etimológicamente su nombre común está conformado por dos palabras quechuas: “sacha” que significa salvaje o silvestre, e “inchi” que hace referencia al maní debido a que el fruto de esta planta tiene su forma y su sabor. También existen evidencias de que esta planta era cultivada hace más de 3000 años por pueblos indígenas pertenecientes a la región amazónica de Perú, principalmente por pueblos Incas (Alayón & Echeverri J., 2016).

En el ámbito científico, la primera vez que fue mencionada *Plukenetia volubilis* L. fue en el año de 1980 en los estudios realizados por el Instituto de Ciencia de los Alimentos perteneciente a la Universidad Cornell en Estados Unidos, en estos estudios se demostraron que las semillas de sachá inchi contienen altos porcentajes de aceite y proteínas (Hamaker et al., 1992).

En el Ecuador el cultivo de sachá inchi ha tomado relevancia en los últimos 20 años debido al descubrimiento de su gran potencial en el sector productivo, ya que es un gran producto de exportación no solamente en su estado natural sino también en los

diferentes productos que contienen derivados de Sacha Inchi como aceites, maní, harinas, etc (Flores, 2010).

1.2.2 Taxonomía

Plukenetia volubilis L. se encuentra clasificada taxonómicamente de la siguiente manera:

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Orden: Geraniales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Plukenetia*

Especie: *volubilis* Linneo (Alvarado Quiroz, 2014)

Existen otras especies que pertenecen a esta familia como *P. huayllabambana*, *P. polyadenia*, *P. brachybotrya* y *P. loretensis*, aunque *P. volubilis* L. se diferencia de ellas ya que sus características morfológicas y fisicoquímicas hacen de esta la planta más importante de ellas (Alvarado Quiroz, 2014).

1.2.3 Distribución

Plukenetia volubilis L. más conocida como sachá inchi, maní del inca o maní del monte, es una planta nativa de la región tropical Amazónica de América del Sur y se distribuye a lo largo de la cuenca Norte y Sur del Amazonas principalmente en los países de Perú, Brasil, Colombia y Ecuador, aunque también es cultivada en algunas regiones de Centroamérica y Asia (China, Tailandia y Vietnam) debido a que es un cultivo económico que confiere grandes beneficios (Gutiérrez et al., 2017; Kodahl, 2020). El país que más utiliza y se beneficia de esta planta es Perú; se ha encontrado evidencia de la utilización de *Plukenetia volubilis* L. en un sin número

de comidas como cutacho, pururuca, inchacapi, lechona api, inchi cucho, turrón, tamales y chicha (Pérez Caro et al., 2017).

1.2.4 Morfología

Plukenetia volubilis L. es una planta semileñosa, trepadora y voluble, capaz de alcanzar alturas indeterminadas. Sus hojas son alternas y tienen una forma acorazonada, puntiagudas y con una base plana o arriñonada, con bordes aserrados y haz verde claro o bordes ondeados y haz verde oscuro (Muñoz Jáuregui et al., 2013). El fruto de esta planta tiene una particular forma estrellada, cada fruto está formado por varios lóbulos (entre cuatro a ocho lóbulos) presenta un color verde con paredes suaves pero que al madurar endurecen sus paredes y toman un color café; en su interior, cada lóbulo contiene la semilla de sacha inchi la cual tiene un color marrón oscuro, con un aspecto corrugado, forma lenticular y con un diámetro de entre 1,5 a 2 cm, se encuentran ensanchadas en su parte media y apastadas en los extremos (Dostert et al., 2009).



Figura 1. Planta de *Plukenetia volubilis* L. (Muñoz Jáuregui et al., 2013)



Figura 2. Semillas de *Plukenetia volubilis* L. con diferente número de lóbulos. (Ayala, 2016)

Plukenetia volubilis L. cuenta con dos tipos de flores: La flor masculina que tiene un tamaño pequeño, es de color blanco y se encuentran dispuestas en forma de racimo, y la flor femenina la cual nace en la base del racimo y se extienden de manera lateral hasta llegar a la altura de las flores masculinas, se encuentran entre una o dos flores femeninas por racimo. La presencia de flores de los dos sexos hace que esta planta sea hermafrodita, además su disposición permite que la planta sea alógama, es decir, que sus flores se polinicen de manera cruzada (Ayala, 2016).



Figura 3. Flores masculina y femenina de *Plukenetia volubilis* L. (Ayala, 2016)

1.2.5 Condiciones Edafoclimáticas

- **Altura:** *Plukenetia volubilis* L. se adapta a sitios que se encuentran a una altura desde los 100 hasta los 2000 m.s.n.m., aunque las mejores semillas obtenidas (>12 mm de diámetro) se han encontrado en lugares a una altura desde los 600 m.s.n.m (Ayala, 2016).
- **Temperatura:** Según Berkelaar & Motis (2015), *Plukenetia volubilis* L. se desarrolla de mejor manera en climas cálidos. La temperatura puede oscilar entre 10° y 36°C, aunque el mejor desarrollo se ha obtenido en zonas con temperaturas entre los 22° y 32°C. Por último, se ha observado que una temperatura de 26°C las plantas crecen libres de enfermedades (Díaz Caicedo & Córdoba Certuche, 2018).
- **Suelo:** La planta de sacha inchi se adapta a varios tipos de suelos: arcillosos, francos, franco arenosos y aluviales. En cuanto al pH del suelo, este puede estar entre 4,5 y 7,5 aunque el valor para el crecimiento óptimo de la planta se encuentre entre 5 y 6. Algunas de las ventajas adicionales que presenta el cultivo de *P. volubilis* L. son que tolera los suelos ácidos, además requiere

de labores manuales mínimas en cuanto a su siembra y deshierbe (Ayala, 2016; Díaz Caicedo & Córdoba Certuche, 2018).

- **Precipitación:** Según Díaz Caicedo & Córdoba Certuche (2018) *P. volubilis* L. es una planta que requiere de una fuente permanente de agua para tener un crecimiento óptimo y constante, por lo que el lugar de siembra debe tener una distribución uniforme de lluvias a lo largo del período de cultivo, es así que los períodos largos de sequía o el exceso de agua pueden ocasionar un lento y dificultoso crecimiento, daños a la planta o incrementar la susceptibilidad de contraer enfermedades, por lo que Gómez (2018) indica que el requerimiento de agua se encuentra entre los 1000 y 14000 mm.
- **Luminosidad:** La luz es uno de los factores importantes para el desarrollo de las plantas es por esta razón que la planta de sachá inchi requiere de un ambiente luminoso para que pueda tener brotes, flores y frutos en mayor cantidad, por el contrario, si se encuentra en un sitio con poca luz su período de crecimiento se va a prolongar y va a acarrear riesgos como la disminución de su floración obteniendo así un menor rendimiento (Ayala, 2016).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Establecer los usos tradicionales, metabolitos secundarios y efectos farmacológicos de *Plukenetia volubilis* L.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los usos medicinales tradicionales de *Plukenetia volubilis* L. en las diferentes culturas alrededor del mundo, principalmente en el Ecuador.
- Analizar las estructuras y propiedades químicas de *Plukenetia volubilis* L.
- Determinar los efectos farmacológicos de *Plukenetia volubilis* L. y su importancia en el desarrollo de fármacos o tratamientos de enfermedades.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Definición del problema

Se planteó las diversas falencias que existen alrededor del tema tratado, los cuales pueden ser la desinformación acerca de la planta, el desconocimiento por parte de la población ecuatoriana, la falta de artículos científicos que recopilen de una manera extensa todo acerca de *Plukenetia volubilis* L.

2.2 Búsqueda de información

Se realizó la búsqueda y recolección de información (artículos científicos, libros, revistas de divulgación científica, etc.), que proporcionen un conocimiento amplio acerca de *Plukenetia volubilis* L. para poder definir los temas que se tratarán en el trabajo y que aporten al alcance de los objetivos específicos, de preferencia que se hayan realizado desde el año 2017.

Para la búsqueda de información se utilizarán las diferentes plataformas de información las cuales son: Scielo, eLibro, Ebook, Springer, Dialnet, PubMed, Science Direct, Scopus y el buscador Google Scholar.

Todas las plataformas antes mencionadas fueron utilizadas debido a que contienen información analizada y verificada antes de su publicación, lo que fue de gran ayuda para la elaboración exitosa del trabajo, además de ser sitios web de acceso gratuito o facilitados por la universidad.

2.3 Organización de la información

Se procedió a organizar la información recolectada acerca de *Plukenetia volubilis* L. utilizando el programa Mendeley, el cual ayuda a organizar los documentos de acuerdo con los temas que traten en su contenido, facilitando el acceso rápido a los

mismos cuando se los requiera, además de proporcionar una opción para citar la información e insertar en la bibliografía todas las fuentes que se vayan a utilizar.

2.4 Análisis de la información

Una vez recolectada y organizada la información, se realizó un análisis crítico de los diferentes documentos y su contenido, para poder determinar si una fuente de información es relevante para el trabajo investigativo se establecieron algunos criterios de inclusión:

- Los artículos científicos a tomar en cuenta debían contener las palabras clave: *Plukenetia volubilis* L., sachá inchi, metabolitos secundarios, extractos, efecto farmacológico, actividad biológica.
- Artículos publicados en revistas científicas o que se encuentren en bases científicas y que su contenido aporte al tema.

Aparte de lo comentado anteriormente, se llevó a cabo la lectura comprensiva de las diferentes fuentes de información, para que se pueda descartar aquellos que no aporten o tengan información repetida, de esta manera se redujeron las fuentes de 97 a 62 lo cual ayudó a tener un mejor manejo al momento de acceder a determinada documentación y ayudó a resolver de mejor manera el problema planteado otorgando una información precisa.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Medicina Tradicional

Se entiende por medicina tradicional al conjunto de conocimientos o prácticas transmitidas de generación en generación en cuanto al uso de cierto recurso natural (plantas, animales, etc.) aplicado a la prevención o al tratamiento de enfermedades o dolencias que aquejan a los miembros de la comunidad, este conjunto de conocimientos en algunos pueblos o comunidades se consideran como equivalentes a la medicina moderna u oficial y en otras son consideradas como complementarias o secundarias (Mejía et al., 2017).

3.1.1 Usos tradicionales de *Plukenetia volubilis* L

Plukenetia volubilis L. es una planta autóctona de la región amazónica del Perú por lo que los primeros indicios de su utilización datan del imperio Inca, los pueblos indígenas utilizaban el Sacha Inchi para el tratamiento de dolencias reumáticas, heridas, infecciones cutáneas y masajes musculares, también mezclaban el aceite con la harina, estos dos obtenidos del fruto de Sacha Inchi, para usos cosméticos (Hanssen & Schmitz-Hübsch, 2011), además utilizaban el “maní del inca” como ingrediente para varias comidas por lo que se creía que era un superalimento que otorgaba la energía necesaria para realizar las actividades diarias, las cuales eran muy pesadas (Wang et al., 2018).

Hoy en día en aquellos países donde se cultiva *Plukenetia volubilis* L. se utiliza su semilla para la elaboración de alimentos, lo recubren con chocolate o lo tuestan y le agregan sal para consumirlo como snack, también se ha utilizado como suplemento del maní tradicional, además en algunos lugares cocinan las hojas y las consumen, otros obtienen el aceite para utilizarlo en lugar de los aceites comunes de cocina (Kodahl, 2020).

3.2 Composición Química

Para poder establecer la composición química de la planta de interés existen varios métodos, entre ellos se encuentra el análisis fitoquímico, este ayuda a determinar los compuestos químicos presentes en la estructura de la planta (raíz, tallo, hojas, flores, fruto y semillas) para conocer sus constituyentes biológicamente activos mejor conocidos como metabolitos. La importancia de este análisis radica en identificar la presencia o ausencia de los metabolitos para enfocar estudios posteriores en compuestos que tengan una mayor intervención en la actividad biológica de la especie estudiada (Hernández et al., 2015).

3.2.1 Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios que se han logrado identificar en la mayoría de las especies son: aceites esenciales, saponinas, fitoesteroles, flavonoides, esteroides y triterpenos, cumarinas, alcaloides, carotenoides, antraquinonas y naftoquinonas, taninos, lactonas terpénicas, compuestos fenólicos y cardiotónicos, todos estos intervienen en varias funciones y propiedades de la planta como: la estimulación de su sistema inmune, actividad antimicrobiana y anticancerígena, desintoxicación a través de enzimas, potencial antioxidante, etc (Carvajal-Rojas et al., 2009).

3.2.2 Metabolitos secundarios de *Plukenetia volubilis* L.

A través de investigación bibliográfica de los análisis fitoquímicos realizados a *Plukenetia volubilis* L. se logró determinar que la importancia de esta planta radica en sus hojas, semillas y el aceite extraído de las mismas debido a que de estas se extrae la mayor cantidad de metabolitos secundarios de interés para las distintas industrias. Dentro de los metabolitos secundarios se encuentran: Fitoesteroles, taninos, flavonoides, esteroides, alcaloides, saponinas, lectinas y carotenoides. Estos compuestos químicos fueron seleccionados para este trabajo ya que existen varios estudios en los que se basó la información recolectada.

Tabla 1. Información fitoquímica de *Plukenetia volubilis* L.

Compuesto	Parte estudiada de la planta			Método de extracción		Referencia
	Semilla	Hojas	Aceite de semilla	Método	Solvente	
Fitoesteroles	+	NA	+	Extracción líquido-líquido	<i>n</i> -heptano	(Chirinos et al., 2017)
Taninos	+	+	+	Extracción Sólido-Líquido (Soxhlet)	Mezcla acetona-agua (7:3)	(Ruiz et al., 2018)
Saponinas	+	+	+	Extracción metanólica	Metanol 100%	(Srichamnong et al., 2018)
Alcaloides	+	+	+	Extracción metanólica	Metanol 100%	(Srichamnong et al., 2018)

Flavonoides	+	NA	+	Extracción Etanólica	Etanol 95%	(Puangpronpitag et al., 2021)
Lectinas	+	+	+	Ultrasonido	Buffer Salino de Fosfato	(Srichamnong et al., 2018)
Carotenoides	+	NA	NA	Filtración	Mezcla Acetona-Etanol (1:1), Hexano	(Chirinos et al., 2017)

Información de la composición fitoquímica: “NA, No hay información disponible”; “+, presente”; “-, ausente

3.2.2.1 Fitoesteroles

Son esteroides que se originan de manera natural en las plantas por lo que son componentes abundantes, estos metabolitos secundarios intervienen en la regulación de la permeabilidad y la fluidez de las membranas celulares ya que contribuyen en la formación de micro dominios (agregados lipídicos) (Peñaranda et al., 2020). Los fitoesteroides tienen una estructura similar al colesterol aunque difieren de este en el número de carbonos en su cadena principal, mientras el colesterol contiene 27 carbonos en su cadena, los fitoesteroides pueden tener de 28 a 29 carbonos ya que pueden agregarse a su cadena principal un grupo metilo o etilo (Elena Martha, 2015).

En el estudio fitoquímico realizado por Chirinos et al., (2017) entre los fitoesteroides que se encontraron en *Plukenetia volubilis* L. está el campesterol, β -sitosterol, y estigmasterol, que representan entre el 95 al 98% de compuestos identificados de este tipo, estos confieren grandes beneficios para la salud porque ayudan a reducir la absorción del colesterol en el intestino reduciendo también los niveles de colesterol total y colesterol LDL, este último muy dañino para la salud (Peñaranda et al., 2020). En la tabla 2 se muestra la cantidad de cada fitoesterol presente en la planta de Sacha Inchi, estos compuestos se encuentran principalmente en la semilla y su aceite a una concentración entre 73,5 a 89 mg/100 g semilla, siendo esta una de las concentraciones más bajas en comparación con otras semillas como las nueces, almendras, nueces brasileñas, nueces de macadamia, pistachos, etc., que contienen en promedio entre 95 a 270 mg/100 g semilla (Wang et al., 2018).

Tabla 2. Concentración de fitoesteroides en las diferentes estructuras de *Plukenetia volubilis* L.

No.	Fitoesterol	Concentración (mg/100g)			Referencia
		Semilla	Hoja	Aceite de semilla	
1	Campesterol	7,1-8,8	NA	15,3	(Chirinos et al., 2017)

2	β -sitosterol	45,2-53,2	NA	43,5-127,4
3	Estigmasterol	21,2-26,9	NA	34,6-58,7

NA: "No hay información disponible"

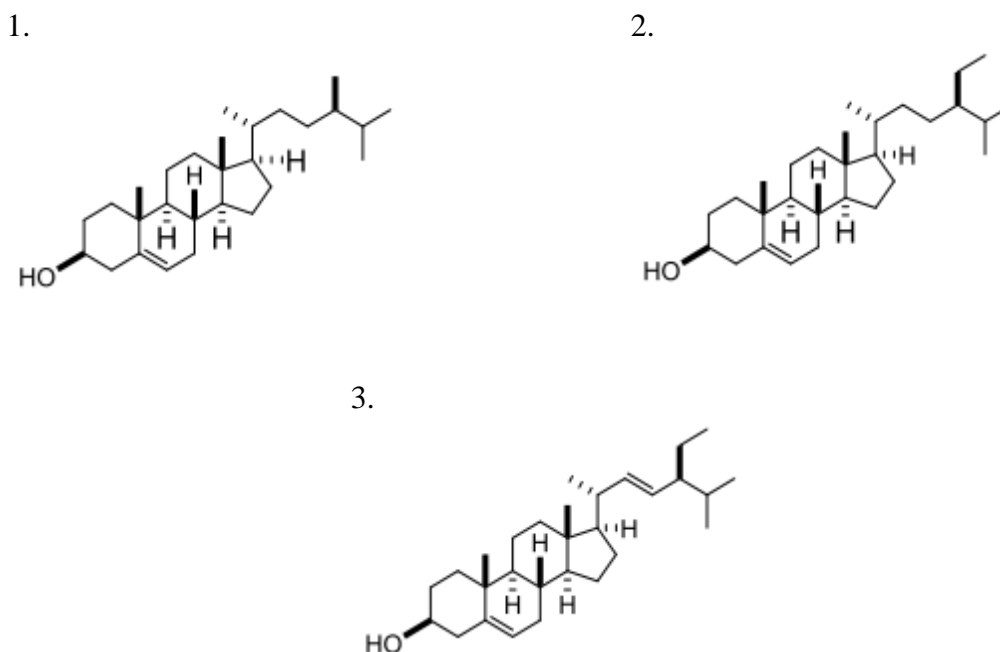


Figura 4. Estructuras químicas de los fitoesteroles identificados en *Plukenetia volubilis* L. (1) Campesterol, (2) β -sitosterol, (3) Estigmasterol (Elena Martha, 2015)

Como se muestra en la tabla 2, la semilla y su aceite contiene los fitoesteroles identificados en *Plukenetia volubilis* L. siendo el β -sitosterol el compuesto con mayor concentración, por lo que su consumo es beneficioso para evitar ciertas enfermedades relacionadas con los niveles de colesterol como las cardiovasculares, las dislipidemias, la diabetes, la hipertensión y el cáncer (Silva et al., 2016).

3.2.2.2 Taninos

También llamados polifenoles vegetales, son metabolitos secundarios propios de las plantas superiores, entre sus principales características están: son compuestos solubles en agua, tienen un peso molecular de entre 500 y 3000, tienen una

estructura polifenólica (contiene de 12 a 16 grupos fenólicos) lo que le otorga un carácter polifenólico, además tiene la propiedad de precipitar gelatina, alcaloides y algunas proteínas, es por esta razón que los taninos son muy utilizados en la industria de las curtiembres en el proceso de tanaje o tanning en el que se convierte la piel de los animales en cuero (Isaza Martínez, 2017) aunque se los conoce también por su poder antioxidante (Quino; et al., 2016).

En *Plukenetia volubilis* L. Ruiz et al., (2018) encontraron que en la semilla de sachá inchi se encuentran taninos ($1,35 \pm 0,05$ mg/100g) expresado en ácido tánico (Tabla 3), por lo que se cree que el aceite de sachá inchi contiene una mayor cantidad de taninos además Saavedra et al., (2010) identificaron la presencia de estos compuestos en las hojas, aunque solamente realizaron la cualificación de este componente y no su cuantificación, lo que le confiere al aceite de sachá inchi una alta actividad antioxidante.

3.2.2.3 Saponinas

Son compuestos fitoquímicos con una estructura glucosídica, es decir, que están formados principalmente por Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, estos metabolitos secundarios tienen una fórmula general ($C_nH_{2n-8}O_{10}$) por lo que pueden presentar un esqueleto triterpénico (C30) o esteroidal (C27), además su estructura contiene una parte hidrofóbica y una parte hidrofílica (Ahumada et al., 2018). Aunque las saponinas se consideran como compuestos antinutricionales tienen una gran cantidad de propiedades que son altamente beneficiosas como: antioxidante, inmunomodulador, antiinflamatoria, antimicrobiana, anticancerígena, hemolítica y cicatrizante (Navarro del Hierro et al., 2018).

Ruiz et al., (2018) encontraron la presencia de saponinas en las semillas de *Plukenetia volubilis* L. en una concentración de 27 ± 4 mg/100 g de semilla, además de identificar este componente en la torta de sachá inchi, lo que permite suponer que en el aceite también existe una concentración considerable de saponinas. Además, Srichamnong et al., (2018) determinó que las hojas de sachá inchi contienen saponinas a una concentración de 301 ± 14 mg/100 g. Estos compuestos,

juntamente con otros encontrados, hacen que cualquier producto que provenga de *Plukenetia volubilis* L. tenga al menos un gran nivel de actividad antioxidante, siendo beneficioso su consumo para la salud.

Tabla 3. Concentración de taninos y saponinas en las diferentes estructuras de *Plukenetia volubilis* L.

No.	Compuesto	Concentración (mg/100g)			Referencia
		Semilla	Hoja	Aceite de semilla	
1	Ácido Tánico	1,35 ± 0,05	NA	NA	(Ruiz et al., 2018)
2	Saponinas	27 ± 4	301 ± 14	NA	(Srichamnong et al., 2018)

NA: “No hay información disponible”.

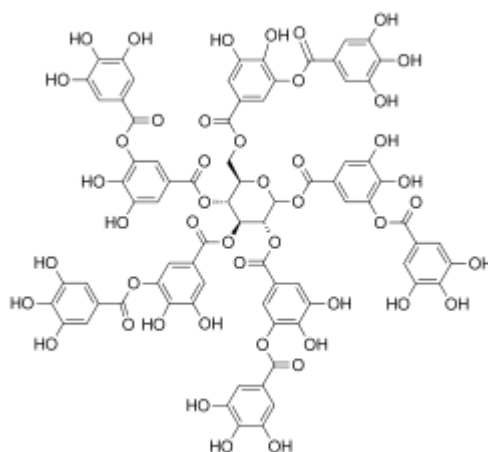


Figura 5. Estructura química del Ácido Tánico identificado en *Plukenetia volubilis* L. (Ruiz et al., 2018)

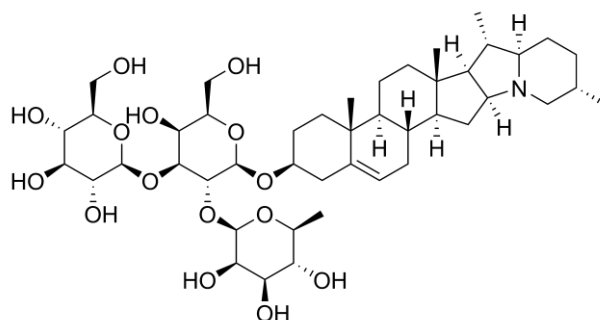


Figura 6. Estructura química de las saponinas identificadas en *Plukenetia volubilis* L. (Srichamnong et al., 2018)

3.2.2.4 Alcaloides

Los alcaloides son un grupo enorme de alrededor de 12 mil metabolitos secundarios que están conformados por estructuras químicas variadas y complejas provenientes de varias plantas, animales, insectos y microorganismos, estos compuestos orgánicos provienen de aminoácidos por lo que una de sus características principales es que contienen un nitrógeno heterocíclico. Los alcaloides tienen una acción fisiológica en los organismos vivos debido a que actúan sobre el sistema nervioso central, afectando al sistema nervioso parasimpático y sistema nervioso simpático; aun cuando estos organismos consumen bajas dosis los alcaloides producen efectos psicoactivos que han sido estudiados para ser utilizados en la medicina como tratamiento de enfermedades mentales o dolores corporales además de identificar la dosis necesaria para poder contrarrestar cualquier dolencia sin llegar a intoxicar al individuo (Loyola-vargas et al., 2004).

Srichamnong et al., (2018) encontró alcaloides en las semillas y hojas de *Plukenetia volubilis* L. expresada en Alcaloides Totales (tabla 4), identificando que la mayor concentración de estos compuestos se encuentra en la semilla cruda (que no ha tenido ningún tratamiento) por lo que se determinó que es un riesgo para la salud del individuo que lo consume ya que la concentración de glicoalcaloides permitida es de 2 a 5 mg/kg de peso corporal y que si esta concentración es sobrepasada en 2 o 3 mg/kg de peso corporal pueden causar complicaciones que ocasionen la muerte (European Food Safety Authority, 2020), por lo que Srichamnong et al., (2018) recomienda que se realicen tratamientos a las semillas y hojas de sachá inchi antes de su consumo para reducir la concentración de alcaloides totales.

3.2.2.5 Flavonoides

Los flavonoides son compuestos orgánicos mayoritariamente de origen vegetal cuya función es favorecer el crecimiento de la planta y protegerla de un sin número de plagas que pueden atacar su estructura. Este metabolito secundario tiene una

estructura química polifenólica con un peso molecular bajo y se encuentra en casi todas aquellas plantas conocidas como “superiores” (Castañeda-Ovando et al., 2009). Estos compuestos han tomado gran relevancia debido a que dentro de sus propiedades bioquímicas se encuentran su poder antioxidativo, anticarcinógeno, antiinflamatorio, antibacterial, antiviral y antimutagénico que en conjunto con su acción regulatoria sobre las funciones de enzimas clave se han vuelto indispensables en las industrias farmacéuticas, nutracéuticas, medicinales y cosméticas. Dentro del grupo de enfermedades en las que se ha visto favorables efectos de estos compuestos se encuentran el cáncer, Alzheimer, aterosclerosis, etc., (Panche et al., 2016).

Puangpronpitag et al., (2021) realizó el análisis de las semillas de *Plukenetia volubilis* L. encontrando que en esta parte de la planta existe una gran cantidad de flavonoides comprobando que esta especie es una potencial fuente para la extracción de estos compuestos químicos, además no existen análisis de las demás partes del sacha inchi creando así la posibilidad de que exista más cantidad de este metabolito secundario. En la tabla 4 se encuentra expresado la cantidad de flavonoides totales de acuerdo con los mg de Quercetina equivalente, la quercetina es el flavonoide más abundante en el reino vegetal y en la dieta humana y por ende unos de los más estudiados, por lo que se lo utiliza como referencia para la identificación de todos los flavonoides (Panche et al., 2016).

3.2.2.6 Lectinas

Según Calvete et al., (2006) las lectinas son proteínas que se pueden unir de manera específica y no covalente a carbohidratos o a compuestos con grupos glicosídicos sin modificarlas ni alterar su composición química, esta unión permite que puedan aglutinar células. Las lectinas son compuestos que se encuentran en casi todo lo vivo, plantas, animales, microorganismos (las leguminosas son una fuente rica en estos compuestos) y gracias a que pueden unirse a carbohidratos se ha descubierto que cumplen varias funciones como: aglutinación de linfocitos, eritrocitos, espermatozoides, bacterias, plaquetas y hasta virus, inducción de la mitosis y efectos citotóxicos en linfocitos, etc. Gracias a estas actividades biológicas se

pueden llevar a cabo varios procedimientos de investigación tales como la detección de anomalías cromosómicas, inducción de la expresión de genes en linfocitos, identificación del tipo de sangre, aspectos relacionados con la respuesta inmune y la inmunosupresión, entre otros (Tara et al., 2007).

Como se muestra en la tabla 4, *Plukenetia volubilis* L. contiene pequeñas cantidades de lectina en las semillas y hojas, por lo que Puangpronpitag et al., (2021) recomienda que si se busca extraer este compuesto no se debe someter a la materia prima a ningún tipo de proceso antes de la extracción debido a que esta puede reducir el contenido de lectina, además se determinó el contenido de este compuesto con estándares de galactosa-lectina ya que en algunos otros frutos de tipo nuez se identificó la presencia de la misma.

3.2.2.7 Carotenoides

Según Maoka, (2020) los carotenoides son pigmentos naturales que se encuentran en bacterias fotosintéticas, algunas especies de archaea, fungi, algas, plantas y animales constituyendo el grupo más variado y grande dentro de los compuestos producidos de manera natural. Su estructura química está conformada principalmente por una cadena de 40 carbonos con dobles enlaces conjugados. Debido a su disponibilidad estos llevan a cabo varias funciones como la absorción de la energía lumínica, atraen a especies que ayudan al proceso de polinización, otorgan colores y confieren una foto-protección a las especies; estas moléculas también cuentan con otras propiedades como su capacidad antioxidante, protegen al organismo de las radiaciones ultravioletas y estimulan la producción de vitamina A y otras hormonas (Milani et al., 2017), esta última de gran importancia debido a que ayuda al mantenimiento de los dientes, tejidos óseos y blandos y para tener una piel y membranas mucosas sanas (Polcz & Barbul, 2019).

En *Plukenetia volubilis* L. Chirinos et al., (2017) encontró que en la semilla existe carotenoides aunque en muy poca cantidad de β -caroteno (tabla 4) comparada con otras nueces que contienen desde 24,7 hasta 63,6 mg β -caroteno por kg de muestra, aunque no se descarte la presencia de más carotenoides en otras partes de la planta.

Tabla 4. Concentración de alcaloides totales, flavonoides totales, lectinas y caroteno en las diferentes estructuras de *Plukenetia volubilis* L.

No.	Compuesto	Concentración			Referencia
		Semilla	Hoja	Aceite de semilla	
1	Alcaloides totales	$\frac{485 \pm 35}{\text{mg}} \frac{\text{kg muestra}}{\text{kg muestra}}$	$\frac{146 \pm 7}{\text{mg}} \frac{\text{kg muestra}}{\text{kg muestra}}$	NA	(Srichamnong et al., 2018)
2	Flavonoides totales	$\frac{466,38 \pm 1,55}{\text{mg QE}} \frac{\text{kg Extracto}}{\text{kg Extracto}}$	NA	NA	(Puangpronpitag et al., 2021)
3	Lectinas	$\frac{0,22 \pm 0,03}{\text{ng}} \frac{\text{kg muestra}}{\text{kg muestra}}$	$\frac{0,20 \pm 0,01}{\text{ng}} \frac{\text{kg muestra}}{\text{kg muestra}}$	NA	(Srichamnong et al., 2018)
4	Caroteno	$\frac{0,07 \pm 0,02}{\text{mg } \beta\text{CE}} \frac{\text{kg muestra}}{\text{kg muestra}}$	NA	NA	(Chirinos et al., 2017)

NA: "No hay información disponible".

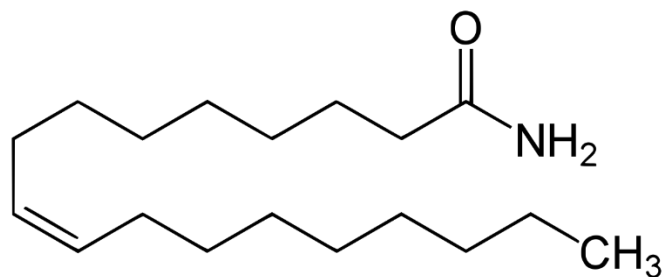


Figura 7. Estructura química de cis-9,10-octadecenoamida (Oleamida) identificada en *Plukenetia volubilis* L. (Cortes et al., 2021)

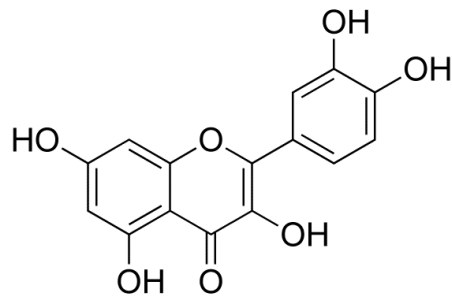


Figura 8. Estructura química de Quercetina identificada en *Plukenetia volubilis* L. (Puangpronpitag et al., 2021)



Figura 9. Estructura tridimensional de Lectina identificada en *Plukenetia volubilis* L. (Srichamnong et al., 2018)

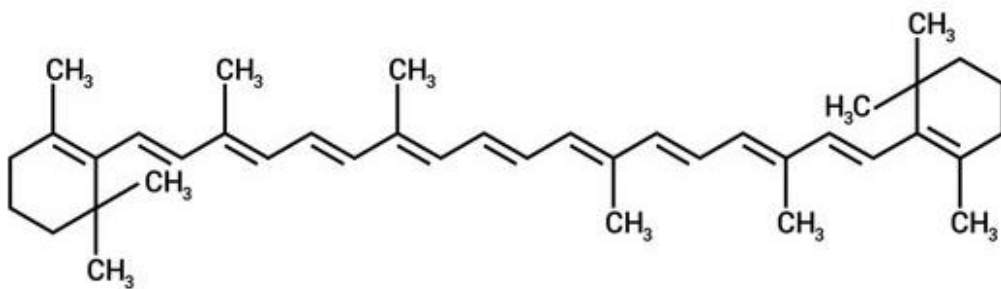


Figura 10. Estructura química de β - Caroteno identificado en *Plukenetia volubilis* L. (Chirinos et al., 2017)

3.3 Efectos Farmacológicos

3.3.1 Potencial Anticancerígeno

La enfermedad del cáncer es una de las más comunes y mortales a nivel mundial, millones de personas alrededor del planeta son diagnosticadas con cáncer o mueren a causa de ella al año, por lo que se ha proyectado que para 2030 habrá 26 millones de nuevos casos diagnosticados de cáncer y 17 millones de muertes por esta enfermedad al año. La ciencia se ha volcado a realizar miles de estudios para poder encontrar tratamientos y medicinas que sean efectivas para el control y erradicación del cáncer además de ser accesibles para toda la población (Solowey et al., 2016).

Entre los fármacos utilizados para el tratamiento, un 60% de estos han sido aislados de productos naturales obtenidos de plantas y se los considera mucho mejores que las medicinas sintéticas debido a que han demostrado ser más eficaces y menos tóxicas (Solowey et al., 2016). Se investiga de manera constante cientos de plantas que han demostrado tener un potencial anticancerígeno, una de ellas es *Plukenetia volubilis* L.

3.3.1.1 Semilla

Schiessel et al., (2016) demostraron la influencia del aceite obtenido de la semilla de sacha inchi en el tratamiento y prevención del cáncer. En ensayos con animales, el aceite de la semilla demostró tener una potencial actividad anticancerígena. En concreto, una dieta basada en el aceite de sacha inchi (1 g/kg de peso corporal, diariamente, durante 4 semanas) redujo la masa tumoral y la proliferación de las células tumorales Walker 256 encontradas en el tejido peritoneal debido al aumento del poder de fagocitosis (Figura 11) que presentaba el animal, específicamente el grupo de control inoculado con las células cancerígenas Walker 256 (Grupo W) pasó de $88,7 \pm 1,2$ a $119,0 \pm 7,3$ cuando el mismo grupo fue sometido a la dieta con aceite de sacha inchi (Grupo WOI) esto se debió a la modificación de las membranas celulares por parte del aceite de sacha inchi permitiendo una mayor facilidad al momento de acceder a las células tumorales. La dieta aumentó la lipoperoxidación en los tejidos tumorales de Walker 256 y redujo la

hipertriquilgliceremia, la hipoglucemia, los niveles plasmáticos de citoquinas inflamatorias [factor de necrosis tumoral- α (TNF- α)] y la interleucina IL-6 en ratas portadoras de tumores de Walker 256 como se puede observar en la figura 12.

Macrophages	Non-tumor-bearing rats			Walker 256 tumor-bearing rats		
	C	FO	OI	W	WFO	WOI
Phagocytosis	100.0 \pm 2.3	120.5 \pm 7.6	122.1 \pm 9.1	88.7 \pm 1.2	119.1 \pm 12.2 [*]	119.0 \pm 7.3 [*]
Neutral red uptake	100.0 \pm 3.2	108.6 \pm 5.1	108.3 \pm 2.4	91.2 \pm 2.5	123.8 \pm 7.5 [*]	122.3 \pm 5.5 [*]
Superoxide anion	100.0 \pm 8.2	204.1 \pm 19.4 [#]	207.1 \pm 20.1 [#]	157.9 \pm 6.9 [#]	207.0 \pm 15.6	202.0 \pm 16.6
<i>Neutrophils</i>						
Phagocytosis	100.0 \pm 6.5	202.3 \pm 12.7 [#]	191.7 \pm 10.0 [#]	125.7 \pm 5.9 [#]	196.9 \pm 18.7 [*]	185.8 \pm 13.0 [*]
Neutral red uptake	100.0 \pm 4.3	121.0 \pm 4.8	107.9 \pm 5.6	134.6 \pm 6.8 [#]	181.8 \pm 11.5 ^{ab}	177.6 \pm 12.9 ^{ab}
Superoxide anion	100.0 \pm 10.7	190.7 \pm 9.7 [#]	185.3 \pm 10.7 [#]	209.8 \pm 14.1 [#]	210.7 \pm 8.2 [*]	214.8 \pm 12.1 [*]

Control group of non-tumor-bearing rats fed with standard diet (C), supplemented with fish oil (FO) or Oro Inca[®] (OI) and Walker 256 tumor-bearing rats fed a standard diet (W), supplemented with fish oil (WFO) and Oro Inca (WOI). Data are shown % compared with control as means \pm SEM. [#]P < 0.05 vs. C; ^{*}P < 0.05 vs. W; ^{*}P < 0.05 compared with FO; [#]P < 0.05 compared with OI.

Figura 11. Cuantificación de las funciones de los macrófagos y neutrófilos peritoneales. (Schiessel et al., 2016)

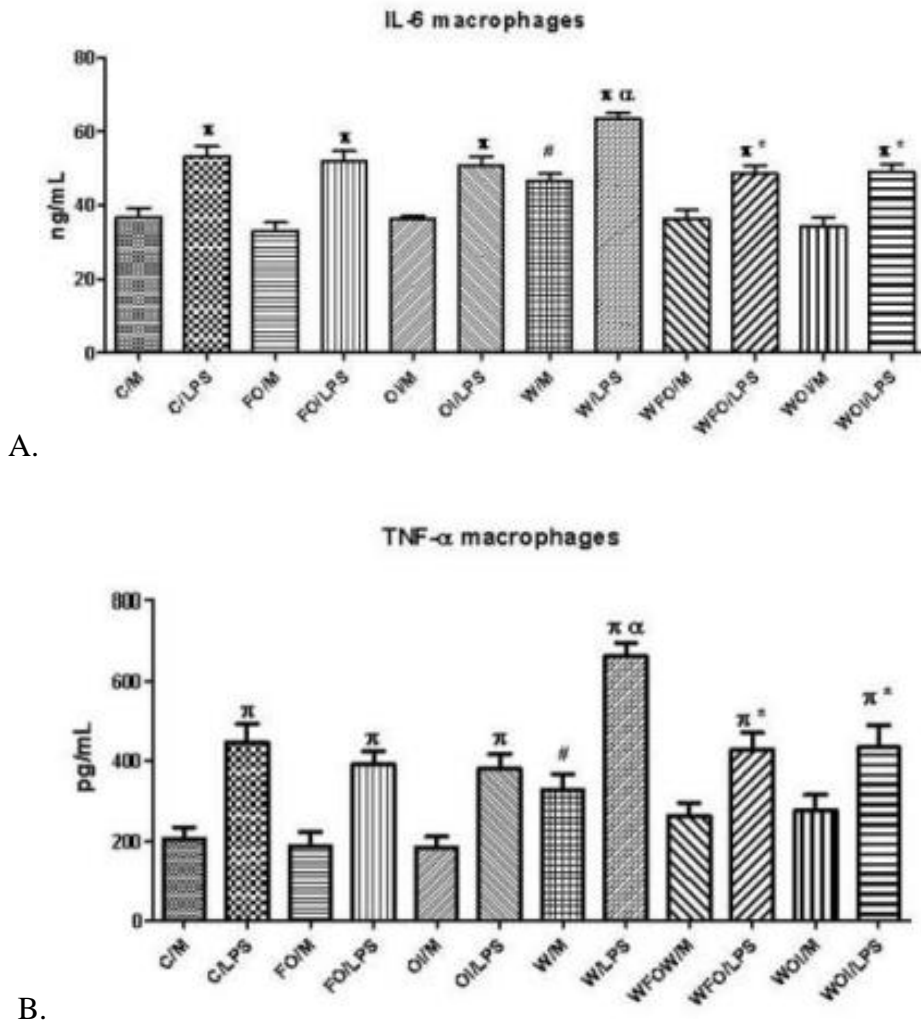


Figura 12. Producción de citoquinas inflamatorias A) IL-6 y B) TNF- α por parte de macrófagos. (Schiessel et al., 2016)

3.3.1.2 Hoja

Nascimento et al., (2013) demostró en pruebas de cultivo celular que los extractos de hojas de sacha inchi fueron capaces de inducir la apoptosis (etapas tempranas y tardías) de las células cancerosas. Los extractos de las hojas inhibieron las células cancerosas HeLa (células de cáncer de cuello uterino) y A549 (células tumorales de tejido pulmonar). Se realizaron varias extracciones con solventes diferentes y el extracto de metanol produjo el mayor efecto antiproliferativo, como se indica en las figuras 13 y 14 a una concentración de 250 ug/mL del extracto se logró reducir el efecto proliferativo de las células HeLa de $66,6 \pm 4,1$ hasta $54,3 \pm 2,3$ y en A549 de $78,8 \pm 2,6$ a $72,8 \pm 2,9$ en solo 24 horas, además el porcentaje de proliferación de HeLa se redujo en casi la mitad y de A549 al 75%. Según Nascimento et al., (2013) los terpenoides, las saponinas y los compuestos fenólicos (flavonoides) son los principales compuestos bioactivos encontrados en la hoja con actividad antiproliferativa contra ciertas células cancerosas.

	HeLa	A549	3T3	CHO
AEL				
24 h	75.1 ± 2.3	61.4 ± 3.9	135.0 ± 4.3	102.9 ± 5.2
48 h	83.3 ± 0.5	71.6 ± 0.1	157.8 ± 3.7	105.6 ± 0.1
72 h	76.6 ± 1.8	90.6 ± 0.4	131.3 ± 2.1	103.8 ± 3.2
MEL				
24 h	66.6 ± 4.1	78.8 ± 2.6	130.9 ± 2.8	111.8 ± 5.6
48 h	54.3 ± 2.3	72.8 ± 2.9	120.4 ± 1.2	86.8 ± 2.1
72 h	78.0 ± 4.7	94.1 ± 3.6	117.1 ± 3.3	101.8 ± 5.6
EEL				
24 h	63.0 ± 1.6	76.8 ± 0.3	139.7 ± 0.7	99.0 ± 5.7
48 h	63.3 ± 1.7	77.4 ± 1.5	124.7 ± 0.3	102.4 ± 12.1
72 h	66.9 ± 3.0	103.3 ± 3.0	145.5 ± 0.6	104.2 ± 2.2
CEL				
24 h	58.0 ± 1.8	68.3 ± 3.6	131.9 ± 3.6	107.5 ± 6.1
48 h	64.0 ± 0.6	60.6 ± 0.9	134.0 ± 1.8	107.6 ± 5.1
72 h	59.3 ± 2.8	92.9 ± 2.6	142.5 ± 3.9	100.0 ± 5.0
HEL				
24 h	60.6 ± 2.1	61.5 ± 2.1	109.2 ± 1.0	100.2 ± 7.4
48 h	48.5 ± 1.1	62.4 ± 1.6	170.7 ± 1.8	101.2 ± 2.1
72 h	64.4 ± 5.2	84.6 ± 6.0	130.0 ± 2.3	99.6 ± 4.5

Figura 13. Efectos proliferativos de los extractos obtenidos de la hoja de *Plukenetia volubilis* L. a una concentración de 250 ug/mL en diferentes líneas celulares. (Nascimento et al., 2013)

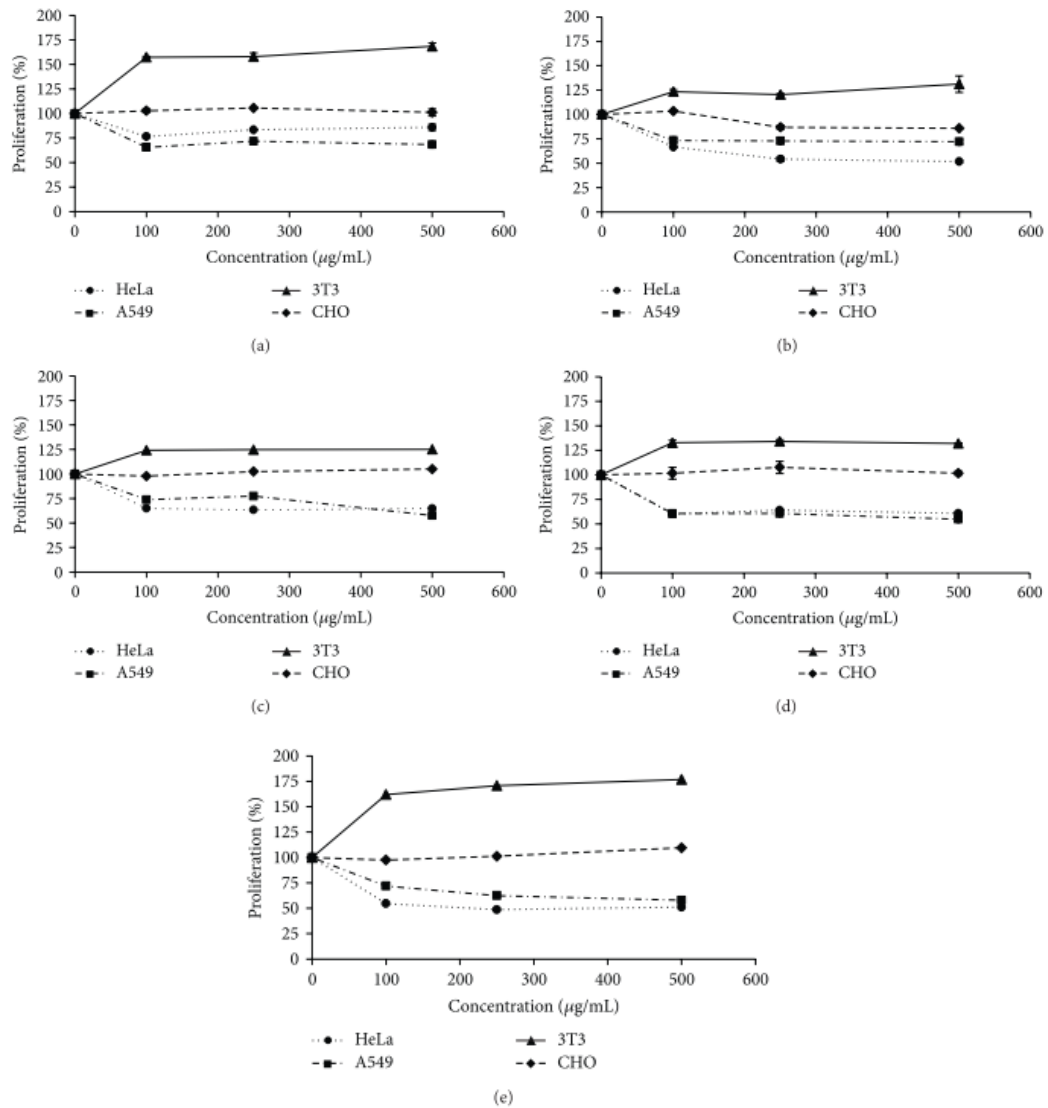


Figura 14. Actividad antiproliferativa de los extractos de *Plukenetia volubilis* L. En (a) se representa el extracto acuoso (AEL), (b) corresponde al extracto de metanol (MEL), (c) corresponde al extracto de etanol (EEL), (d) corresponde al extracto de cloroformo (CEL), y (e) corresponde al extracto de hexano (HEL). (Nascimento et al., 2013)

3.3.2 Actividad Antioxidante

3.3.2.1 Semilla

El poder antioxidante de las semillas de sacha inchi y el aceite extraído de estas se analizó mediante ensayos de eliminación de radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno). Chirinos et al., (2017) realizó el ensayo ORAC obteniendo valores de los extractos de las

semillas crudas de 16 cultivos diferentes de sachá inchi las cuales variaron de 6,5 a 9,8 μmol de trolox equivalente (TE)/g de semilla, de los cuales los valores ORAC hidrofílicos y lipofílicos fueron de 4,3-7,3 y 1,0-2,8 μmol TE/g de semilla, respectivamente. Por otro lado Štěrbová et al., (2017) realizó el ensayo DPPH obteniendo el valor de DPPH para el extracto de metanol de las semillas de sachá inchi (sin procesar) de 241 mmol TE/100 g de semillas, esto lo utilizó como referencia para poder observar la influencia del proceso de tratamiento de las semillas en el poder antioxidante de sus extractos, por lo que a diferencia del tostado, el hervido a presión tuvo una influencia mínima en los valores de DPPH. La ebullición al vacío (100 °C) aumentó el valor de DPPH en un 6%. El tostado a baja temperatura produjo la mayor pérdida de DPPH (23% de pérdida) (Štěrbová et al., 2017). Se comprobó que la pérdida de capacidad antioxidante era mayor en las semillas que no se sometieron a los tratamientos térmicos con baja actividad de agua (por ejemplo, el tostado a alta temperatura y el tostado con miel) que las de las semillas después de la ebullición abierta y al vacío. Por lo tanto, deben seleccionarse condiciones de muestreo y métodos de procesamiento adecuados para maximizar la actividad antioxidante de los productos de semillas (Cisneros et al., 2014).

Figura 15. Capacidad antioxidante total ORAC de 16 cultivos de semillas de

Table 5
Total phenolic compounds and hydrophilic, lipophilic and total ORAC antioxidant capacity of 16 cultivars of Sacha inchi seeds.^{a,b}

Cultivar	Total phenolic compounds (mg GAE/100 g)	Antioxidant capacity (μmol TE/g)		
		Hydrophilic	Lipophilic	Total
PER000394	66.7 \pm 0.7 ^{sh}	5.8 \pm 0.4 ^{cd}	1.6 \pm 0.1 ⁱ	7.4 \pm 0.5 ^{sh}
PER000395A	68.4 \pm 0.2 ^{fg}	5.7 \pm 0.5 ^{cd}	1.8 \pm 0.0 ^{fg}	7.4 \pm 0.4 ^{fg}
PER000401	73.8 \pm 0.6 ^{bcd}	5.8 \pm 0.3 ^{cd}	1.8 \pm 0.1 ^f	7.6 \pm 0.2 ^{fg}
PER000403	72.2 \pm 1.6 ^{cd}	6.1 \pm 0.5 ^{bc}	1.6 \pm 0.1 ^{hi}	7.7 \pm 0.6 ^{fg}
PER000405	66.9 \pm 0.2 ^{sh}	5.5 \pm 0.0 ^d	1.0 \pm 0.0 ^j	6.5 \pm 0.0 ^j
PER000406A	65.9 \pm 0.3 ^{sh}	5.6 \pm 0.2 ^d	1.6 \pm 0.0 ^{hi}	7.2 \pm 0.2 ^{hi}
PER000406B	64.6 \pm 0.5 ^h	4.9 \pm 0.4 ^e	1.7 \pm 0.0 ^{sh}	6.6 \pm 0.4 ^j
PER000408B	66.9 \pm 0.5 ^{fg}	6.4 \pm 0.0 ^b	2.8 \pm 0.0 ^a	9.2 \pm 0.0 ^b
PER000416	67.0 \pm 0.0 ^{gh}	6.3 \pm 0.1 ^b	2.2 \pm 0.1 ^d	8.5 \pm 0.1 ^{cd}
PER000417	69.6 \pm 0.1 ^{ef}	7.3 \pm 0.3 ^a	1.7 \pm 0.2 ^{fg}	9.0 \pm 0.1 ^d
PER000418	67.5 \pm 1.0 ^{fg}	6.4 \pm 0.1 ^b	2.5 \pm 0.0 ^b	8.9 \pm 0.1 ^{bc}
PER000420	68.1 \pm 0.2 ^{fg}	6.9 \pm 0.1 ^a	2.4 \pm 0.0 ^c	9.3 \pm 0.1 ^b
PER000421	75.2 \pm 2.3 ^b	5.8 \pm 0.1 ^{cd}	2.1 \pm 0.0 ^d	7.9 \pm 0.1 ^{ef}
PER000422	80.0 \pm 1.8 ^a	7.2 \pm 0.1 ^a	2.6 \pm 0.0 ^b	9.8 \pm 0.1 ^a
PER017597	74.6 \pm 4.4 ^{bc}	6.1 \pm 0.0 ^{bc}	2.0 \pm 0.1 ^c	8.1 \pm 0.1 ^{de}
PER017598	71.3 \pm 0.7 ^{de}	4.3 \pm 0.2 ^f	2.6 \pm 0.0 ^b	6.9 \pm 0.3 ^{ij}

^a Values are means \pm standard deviation (n = 3).

^b Values in the same column with the same superscript letter are not significantly different (p > 0.05).

Sacha Inchi. (Chirinos et al., 2017)

TABLE 1. EFFECT OF DIFFERENT THERMAL PROCESSING ON DPPH RADICAL SCAVENGING CAPACITY (RSC), TOTAL PHENOLIC CONTENT (TPC), CONTENT OF α -TOCOPHEROL, $\beta + \gamma$ -TOCOPHEROL AND δ -TOCOPHEROL IN SACHA INCHI KERNELS

		TPC (mg/100 g GAE)	Gain of TPC by thermal processing (%)	α -tocopherol (mg/100 g)	$\beta + \gamma$ -tocopherol (mg γ -TE/100 g)	Loss/gain of $\beta + \gamma$ -tocopherol by thermal processing (%)	δ -tocopherol (mg/100 g)	Loss/gain of δ -tocopherol by thermal processing (%)	RSC (mmol TE/100 g)	Loss/gain of AA by thermal processing (%)
Unprocessed kernels	Raw kernels	16.7 \pm 2.7 ^a		<5	41.4 \pm 3.3 ^d		25.9 \pm 0.8 ^b		241.3 \pm 16.5 ^b	
	Raw kernels coated with honey	21.5 \pm 0.0 ^a		<5	40.6 \pm 0.0 ^d		21.7 \pm 3.9 ^b		243.2 \pm 0.0 ^b	
Thermally processed kernels	Open boiled	16.0 \pm 0.4 ^a	+6	<5	26.5 \pm 1.5 ^{bc}	-36	27.2 \pm 0.4 ^{bc}	+5	217.7 \pm 17.3 ^{ab}	-10
	Pressure boiled	40.9 \pm 2.0 ^b	+145	<5	31.2 \pm 1.6 ^c	-25	29.7 \pm 1.9 ^c	+15	241.7 \pm 17.1 ^b	+0.3
	Sous-vide (water bath cooked)	17.4 \pm 1.0 ^a	+5	<5	29.0 \pm 2.2 ^c	-30	22.5 \pm 0.7 ^b	+14	256.6 \pm 4.8 ^b	+6
	Roasted (125C)	22.7 \pm 0.4 ^a	+36	<5	9.0 \pm 0.6 ^a	-78	18.0 \pm 0.9 ^a	+30	186.4 \pm 15.6 ^a	-23
	Roasted (190C)	55.7 \pm 7.9 ^c	+234	<5	9.3 \pm 2.8 ^a	-78	18.3 \pm 0.3 ^a	+29	217.6 \pm 7.2 ^{ab}	-10
	Honey roasting (170C)	102.7 \pm 9.6 ^b	+378	<5	20.3 \pm 0.9 ^b	-50	19.7 \pm 0.4 ^a	+9	212.5 \pm 31.6 ^{ab}	-13
Overall influence of processing	Initial value	16.7 \pm 2.7 ^a		<5	41.4 \pm 3.3 ^b		25.8 \pm 0.8 ^b		241.3 \pm 16.5 ^b	
	Final value	42.6 \pm 31.5 ^b	155	<5	20.9 \pm 9.3 ^a	50	22.6 \pm 4.7 ^a	12	222.1 \pm 27.4 ^a	8

*Different letters in columns denote statistically significant difference (as defined by ANOVA test and HSD post-hoc test at $p \geq 0.05$). Overall influence of processing is evaluated separately. Gains are indicated with + and losses are indicated with -.

Figura 16. Valores de DPPH (RSC) obtenidos de semillas de Sacha Inchi no

procesadas y procesadas a través de varios métodos. (Štěrbová et al., 2017).

3.3.2.2 Hojas

La hoja de sachá inchi contiene terpenoides, saponinas, compuestos fenólicos (flavonoides) y otros componentes responsables de su actividad antioxidante. Las capacidades antioxidantes totales y los valores de DPPH de los extractos de las hojas fueron de 59,31-97,76 equivalentes de ácido ascórbico/g y de 62,8-88,3%, respectivamente (Nascimento et al., 2013).

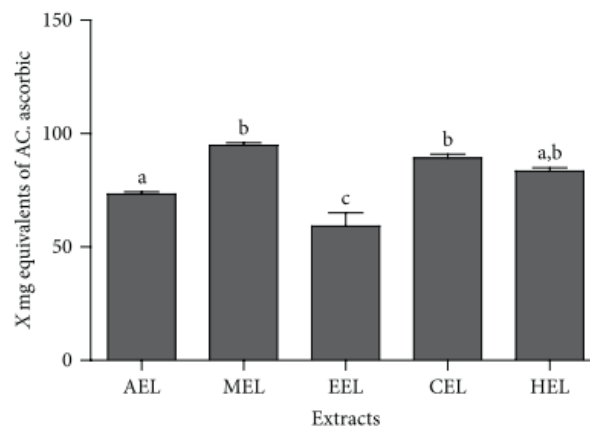


Figura 17. Capacidad total de actividad antioxidante de los extractos vegetales expresada en equivalentes de ácido ascórbico (EEA/g). (Nascimento et al., 2013)

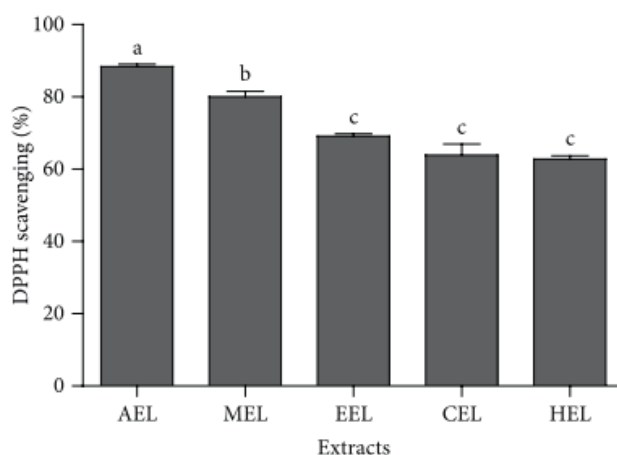


Figura 18. Ensayo de DPPH. El extracto de planta utilizado para este ensayo fue a una concentración de 250 ug/mL. El gráfico corresponde a la media \pm desviación estándar del barrido de DPPH.. (Nascimento et al., 2013)

3.3.3 Actividad Antibacterial

Dentro de los patógenos más importantes que existen en el ámbito académico se encuentra *Staphylococcus aureus*, este microorganismo coloniza a personas hospitalizadas y con su sistema inmune debilitado como a personas inmunocompetentes gracias a los factores de virulencia y patogenicidad y la expresión de varias proteínas que cumplen con la función de adherirse al huésped. Puede causar varias patologías entre las cuales se encuentran la presencia de abscesos en la piel hasta septicemias mortales y choque tóxico estafilocócico, por lo que es indispensable encontrar maneras de prevenir y tratar con la presencia de este patógeno en los seres humanos (Pasachova et al., 2019).

3.3.3.1 Semilla

Los estudios *in vitro* han demostrado que los aceites vírgenes de sachá inchi disponibles en el mercado no eran bactericidas para *Staphylococcus aureus*. Sin embargo, se realizaron ensayos que permitieron identificar que estos aceites son capaces de impedir la adhesión de *S. aureus* a los queratinocitos y de desprender eficazmente a *S. aureus* de los explantes de piel humana, en la figura 19 se indica que el aceite de sachá inchi (SIO) a una concentración de 250 uL/100 ug suspensión celular tripsinada (1×10^6 cells/mL) tiene un efecto antiadhesivo sobre *S. aureus* de un $39,2 \pm 3,4$ por lo que se demuestra que este aceite impide la adhesión del

patógeno, además el aceite de sacha inchi (SIO) ayuda a remover células de *S. aureus* que ya se encuentran adheridas a tejidos colonizados, por lo que el efecto de remoción del aceite es de $39,2 \pm 3,4$ al aplicar una concentración de SIO de 250 uL por cada 500 uL/pocillo de suspensión bacteriana que contiene 2×10^8 células. Los mecanismos moleculares detrás de estas funciones siguen sin estar claros (Gonzalez-Aspajo et al., 2015).

Table 2
Activities of oils on keratinocytes, human skin explant and *S. aureus*.

Oils	<i>S. aureus</i>	Viability % Keratinocytes	Explant	Antiadhesive effect (preventive) % Keratinocytes	Detachment effect Keratinocytes	(curative) % Explant
SIO	88.1 ± 5.7	94.2 ± 2.6	96.9 ± 3.0	39.2 ± 3.4	33.9 ± 1.8	33.6 ± 0.4
CocO	88.3 ± 7.5	80.8 ± 3.0	ND	25.5 ± 2.2	29.1 ± 1.9	7.1 ± 5

S. aureus: *Staphylococcus aureus*.
Phenol killed 100% of keratinocytes and *S. aureus* at 0.5% (data not shown).
ND, not determined, experiment repeated 3 times.

Figura 19. Actividad del aceite de sacha inchi en los efectos de adhesión y remoción de *S. aureus* sobre queratinocitos y explantes de piel humana. (Gonzalez-Aspajo et al., 2015).

3.3.4 Actividad Antidislipídica

En la actualidad existen muchas personas que sufren de enfermedades cardiovasculares, entre estas enfermedades se encuentra la dislipidemia o hiperlipidemia, la cual es el trastorno de los lípidos en sangre y se caracteriza por la presencia de hipercolesterolemia (aumento del nivel de colesterol) e hipertrigliceridemia (aumento de la concentración de los triglicéridos) (López et al., 2021).

3.3.4.1 Semilla

Se realizaron estudios en ratas para determinar la incidencia del aceite de sacha inchi en el organismo de las ratas, el consumo de aceite de semilla de sacha inchi a una dosis de 0,5 mL/kg de peso corporal por parte de ratas Holtzman macho durante 60 días demostró que este producto no solo no es tóxico sino que también mejoró su función hepática al reducir los niveles de colesterol ($180,3 \pm 18,2$ mg/dL a $138,0 \pm 20,4$ mg/dL) y triglicéridos ($151,3 \pm 22,8$ mg/dL a $146,8 \pm 29,8$ mg/dL) además el aceite de sacha inchi otorga el mayor aumento en el nivel de lipoproteínas de alta densidad (HDL) en comparación con los resultados de los otros aceites suministrados ($49,5 \pm 8,5$ mg/dL) (Gorriti et al., 2010). Estos resultados se deben a que la composición del aceite de sacha inchi tiene altos niveles de ácidos grasos

insaturados como lo son el ácido oleico, linoleico, α -linoleico, gadoleico, vaccénico además de omegas 3 y 6, los cuáles ayudan a la reducción del colesterol LDL y triglicéridos cuando el individuo añade a su dieta productos como el sacha inchi (Hernandez-Rodas et al., 2016; Wang et al., 2018).

Tabla 4. Parámetros bioquímicos séricos de los animales a los 30 y 60 días.

Grupos	CT (mg/dL)	HDL (mg/dL)	TG (mg/dL)	G (mg/dL)	U (mg/dL)	TGP (UI/dL)	FA (UI/dL)
Evaluación a los 30 días							
SSF (n=8)*	155,3 ± 26,2 ^{ab}	48,3 ± 4,7 ^b	124,3 ± 23,3 ^b	83,5 ± 12,2	17,3 ± 2,2	16,0 ± 3,6	131,4 ± 30,1
SI05 (n=8)*	180,3 ± 18,2 ^a	53,5 ± 9,0 ^{ab}	151,3 ± 22,8 ^a	83,5 ± 4,3	18,0 ± 5,4	14,8 ± 3,5	132,0 ± 33,6
L05 (n=8)*	142,3 ± 27,8 ^b	56,5 ± 3,4 ^a	130,5 ± 17,4 ^{ab}	87,8 ± 8,7	15,5 ± 3,3	15,5 ± 2,9	132,5 ± 24,9
<i>p</i>	<0,01	<0,05	<0,05	ns	ns	ns	ns
Evaluación a los 60 días							
SSF (n=8)*	146,5 ± 23,5	44,5 ± 5,1	155,6 ± 38,2	88,0 ± 8,4	18,4 ± 3,7	19,0 ± 12,0	139,6 ± 31,9
SI05 (n=8)*	138,0 ± 20,4	49,5 ± 8,5	146,8 ± 29,8	81,0 ± 9,5	15,4 ± 3,9	16,9 ± 8,3	142,8 ± 45,5
L05 (n=8)*	146,9 ± 10,6	47,9 ± 5,8	139,1 ± 7,0	81,8 ± 5,8	18,1 ± 8,3	16,1 ± 7,8	136,4 ± 40,0
<i>p</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

SSF: solución salina de suero fisiológico; **SI05:** aceite de sacha inchi 0,5 mL; **L05:** aceite de linaza 0,5 mL; **CT:** colesterol total; **HDL:** lipoproteínas de alta densidad; **TG:** triglicéridos; **G:** glucosa; **U:** úrea; **TGP:** alanino amino transferasa; **FA:** fosfatasa alcalina. **p:** valor p del análisis de varianza; **ns:** diferencia no significativa. * media ± desviación estándar. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan diferencias significativas en la prueba de Tukey con $p \leq 0,05$.

Figura 20. Parámetros bioquímicos séricos obtenidos en los animales al someterlos a una dieta con aceite de sacha inchi (Gorriti et al., 2010).

3.4 Discusión

Plukenetia volubilis L. es una de las plantas menos estudiadas y con un potencial muy grande y variado debido a su composición química y la presencia de varios metabolitos secundarios producidos en cada una de las partes de la planta. Los metabolitos pertenecientes al sacha inchi se encontraron mayoritariamente en su semilla y en el aceite extraído de la misma; los fitoesteroles son los compuestos químicos con mayor presencia en la semilla y en su aceite, la concentración total se encuentra entre 73,5 a 89 mg/100 g semilla y a través de análisis se determinó la presencia de β -sitosterol, estigmasterol y campesterol, de los cuales el β -sitosterol tiene una mayor concentración tanto en la semilla (45,2-53,2 mg/100 g semilla) como en el aceite (43,5-127,4 mg/100 g semilla), estos parámetros fitoquímicos encontrados en el sacha inchi confieren su efecto antidislipidémico debido a que entre los componentes que ayudan a reducir la absorción del colesterol en el intestino además de reducir los niveles de colesterol total y colesterol LDL, este último muy dañino para la salud, se encuentran los fitoesteroles (Peñaranda et al., 2020) (Jenko et al., 2018). Por otro lado, el aceite y la semilla de sacha inchi

contienen gran cantidad de ácidos grasos insaturados como lo son el ácido oleico, linoleico, α -linoleico, gadoleico, vaccénico además de omegas 3 y 6 lo que aporta a la reducción de colesterol LDL y triglicéridos reemplazando progresivamente estos componentes del organismo con los ácidos grasos anteriormente mencionados, esto se logra añadiendo compuestos provenientes del sacha inchi a la dieta del individuo.

Otro de los efectos farmacológicos de *Plukenetia volubilis* L. es su actividad antioxidante, esta planta contiene taninos ($1,35 \pm 0,05$ mg/100 g de semilla), saponinas (27 ± 4 mg/100 g de semilla; 301 ± 14 mg/100 g de hojas), flavonoides ($466,38 \pm 1,55$ mgQE/kg extracto) y carotenoides ($0,07 \pm 0,02$ mg β CE/kg muestra) que en conjunto son la mayoría de metabolitos secundarios que se han identificado dentro de la composición de la planta, todos estos compuestos tienen como característica que son antioxidantes lo cual explica lo obtenido por Chirinos et al., (2017) que realizaron el ensayo ORAC obteniendo 6,5 a 9,8 μ mol de trolox equivalente (TE)/g de semilla y Štěrbová et al., (2017) que realizaron el ensayo DPPH obteniendo el valor de DPPH de 241 mmol TE/100 g de semillas. Se ha comparado los valores de sacha inchi con los valores ORAC de varios productos identificados como antioxidantes por lo que se ha obtenido 14,1 para la nuez de Brasil, 179,4 para las pacanas y 7,19 μ mol TE/g para los piñones (Chirinos et al., 2017), por lo que *Plukenetia volubilis* L. es una potencial fuente alterna de compuestos antioxidantes además que es muy recomendable el consumo de productos extraídos de este debido a que su alto contenido de terpenoides, saponinas, compuestos fenólicos (flavonoides) y otros componentes que son responsables de su actividad antioxidante (Wuttisin et al., 2021).

En el caso de la actividad antitumoral, Schiessel et al., (2016) determinó que el factor por el cual las células tumorales Walker 256 y la masa tumoral se redujo y se eliminó fue debido a que la estructura lipídica de estas células era reemplazada por los ácidos grasos provenientes del aceite de sacha inchi, en especial del alto contenido de ácido α -linoleico que esta posee, por lo que son metabolizados a través de β -oxidación haciendo que la pared lipídica propia de las células se reduzca

ocasionando la eliminación y reducción de las células cancerosas a través de la peroxidación lipídica.

Por último, la actividad antimicrobiana identificada en *Plukenetia volubilis* L. se da gracias a la identificación a través de estudios con *Staphylococcus aureus*, se realizaron ensayos que permitieron identificar que el aceite de sachá inchi es capaz de impedir la adhesión de *S. aureus* a los queratinocitos y de desprender eficazmente a *S. aureus* de los explantes de piel humana, estos resultados llaman la atención debido a que en la actualidad se busca nuevos métodos naturales de prevención y tratamiento de infecciones y enfermedades causadas por agentes patógenos (Argote Vargas, 2017). Aunque Wang et al., (2018) y Gonzalez-Aspajo et al., (2015) no definieron los mecanismos por los cuales el aceite de sachá inchi genera el desprendimiento e impide la adhesión de *S. aureus*, aunque Moet Moet et al., (2020) cree que se da por los altos niveles de ácidos grasos insaturados por lo que esto genera un cambio en las paredes celulares y sus componentes lo que genera el cambio en el mecanismos de adhesión de muchos patógenos.

Tabla 5. Efectos farmacológicos identificados en *Plukenetia volubilis* L.

Efecto Farmacológico	Parte de la planta	Tipo de ensayo	Dosis	Referencia
Anticancerígeno	Semilla	<i>In vivo</i>	1 g/kg de peso corporal diario	(Schiessel et al., 2016)
	Hojas	<i>In vitro</i>	250 ug/mL	(Nascimento et al., 2013)
Antioxidante	Semilla	Eliminación de radicales DPPH y ORAC	-----	(Chirinos et al., 2017) (Štěrbová et al., 2017)
	Hojas	Eliminación de radicales DPPH	-----	(Nascimento et al., 2013)
Antibacterial	Semilla	<i>In vitro</i>	250 uL/100 ug suspensión celular tripsinada	(Gonzalez-Aspajo et al., 2015)
Antidislipidemico	Semilla	<i>In vivo</i>	0,5 mL/kg de peso corporal	(Gorriti et al., 2010)

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

Plukenetia volubilis L. también conocida como sachá inchi, maní del inca o maní del monte, es una planta originaria de la Amazonía de América del Sur y se la puede encontrar en países como Ecuador, Perú, Brasil y Colombia, aunque también se la cultiva en algunos países centroamericanos y del continente asiático (Vietnam, Tailandia, China, etc.). Esta planta crece en zonas ubicadas entre 100 hasta los 2000 m.s.n.m., además crece en lugares con climas cálidos en donde la temperatura puede oscilar entre 10° y 36°C, todas estas características hacen que el sachá inchi sea una planta fácil de cultivar en el territorio ecuatoriano debido a su compatibilidad en cuanto a las características mencionadas.

Los metabolitos secundarios encontrados en *Plukenetia volubilis* L. son: Fitoesteroles, taninos, flavonoides, alcaloides, saponinas, lectinas y carotenoides. Los fitoesteroles son los metabolitos secundarios más abundantes en el sachá inchi, entre estos compuestos se encontraron el campesterol, β -sitosterol, y estigmasterol, los cuales confieren grandes beneficios para la salud porque ayudan a reducir la absorción del colesterol en el intestino reduciendo también los niveles de colesterol total y colesterol LDL. Otro tipo de metabolitos secundarios encontrados en el sachá inchi son los taninos, saponinas y carotenoides, estos componentes tienen algo en común y es que le otorgan a la planta una potente actividad antioxidante. Además, se identificó la presencia de flavonoides que son compuestos polifenólicos y se encuentran en la mayoría de las plantas, estos compuestos le confieren a *Plukenetia volubilis* L. poder antioxidativo, anticarcinógeno, antiinflamatorio, antibacterial, antiviral y antimutagénico. Otro de los compuestos identificados son los alcaloides que dentro de la medicina se utilizan para el tratamiento de enfermedades mentales además de su gran ayuda para contrarrestar cualquier dolencia sin llegar a intoxicar al individuo. Y por último se identificaron lectinas, que son proteínas capaces de unirse a carbohidratos lo cual genera aglutinación de linfocitos, eritrocitos, espermatozoides, bacterias, plaquetas y hasta virus, inducción de la mitosis y efectos citotóxicos en linfocitos, gracias a estas características se puede hacer varias acciones dentro del ámbito investigativo tales como la detección de anomalías

cromosómicas, inducción de la expresión de genes en linfocitos, identificación del tipo de sangre, aspectos relacionados con la respuesta inmune y la inmunosupresión.

Dentro de los efectos farmacológicos generados por *Plukenetia volubilis* L. se encuentran su actividad anticancerígena, antimicrobiana, antidislipidémica y antioxidante, todos estos efectos farmacológicos son el resultado de la presencia de los metabolitos secundarios antes mencionados; su actividad antidislipidémica es una de las más interesantes debido a que la semilla y el aceite de sachá inchi contienen altos niveles de ácidos grasos insaturados como el ácido oleico, linoleico, α -linoleico, gadoleico, vaccénico además de omegas 3 y 6, los cuáles ayudan a la reducción del colesterol LDL y triglicéridos.

CAPITULO V

BIBLIOGRAFÍA

- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2018). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), 438–469. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Alayón, A. N., & Echeverri J., I. (2016). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* linneo): ¿Una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Revista Chilena de Nutricion*, 43(2), 167–171. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200009>
- Alvarado Quiroz, K. D. (2014). *Obtención, caracterización fisicoquímica, caracterización electroforética y digestibilidad del aislado proteico del residuo agroindustrial de Plukenetia volubilis (Sacha inchi)*. 105. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4307>
- Aranda-Ventura, J., Villacrés-Vallejo, J., & Rios-Isern, F. (2019). Composición química, características físico-químicas, trazas metálicas y evaluación genotóxica del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi). *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 4(1), 4. <https://doi.org/10.26722/rpmi.2019.41.103>
- Argote Vargas. (2017). EVALUATION OF THE INABILITY CAPACITY OF ESSENTIAL OILS IN *Staphylococcus aureus* AND *Escherichia coli*. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(SPE2), 52–60. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612017000400052
- Ayala, G. (2016). ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE 3 VARIETADES DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.), EN EL MUNICIPIO DE TENA CUNDINAMARCA. *UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES U.D.C.A*, 1–69.
- Berkelaar, D., & Motis, T. (2015). Inca nut (*Plukenetia volubilis*). *ECHO COMUNITY*, 1–6. <https://www.echocommunity.org/en/resources/49ab85e7-b41e-40f9-bd35-cc16561473f1>

- Calvete, J., Pablo, J., Valencia, H., Farm, A., Sampaio, A. H., Sanz, L., & Calvete, J. (2006). Lectinas. *INVESTIGACIÓN Y CIENCIA*.
- Carvajal-Rojas, L., Hata-Uribe, Y., Sierra-Martinez, N., & Rueda-Niño, D. (2009). Preliminary phytochemical analysis of Cupatá (*Strychnos schultesiana* krukoff) stems and seeds. *Revista Colombia Forestal*, 12, 161–170.
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. de L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859–871.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- Castaño, D. L., Valencia, P., P, E. M., A, J. J. M., & Joli, J. E. (2012). FATTY ACID COMPOSITION OF INCA PEANUT (*Plukenetia volubilis* Linneo). *Scielo*, 39(11), 45–52.
- Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y., & Campos, D. (2017). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 141(3), 1732–1739.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.078>
- Cisneros, F. H., Paredes, D., Arana, A., & Cisneros-Zevallos, L. (2014). Chemical composition, oxidative stability and antioxidant capacity of oil extracted from roasted seeds of Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(22), 5191–5197.
<https://doi.org/10.1021/jf500936j>
- Cortes, D., Cabedo, N., Vila, L., Solano, C., Benavides, J., & Flores, D. (2021). COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS HOJAS y SEMILLAS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.); OLEAMIDA. *Folia Amazónica*, 30(1), 35–47. <https://doi.org/10.24841/fa.v30i1.540>
- da Silva Soares, B., Siqueira, R. P., de Carvalho, M. G., Vicente, J., & Garcia-Rojas, E. E. (2019). Microencapsulation of sachá inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) using complex coacervation: Formation and structural characterization. *Food Chemistry*, 298(February), 125045.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125045>

- Díaz Caicedo, A. M., & Córdoba Certuche, A. K. (2018). *Principales aspectos productivos y agronómicos del cultivo de Sacha Inchi Plukenetia volubilis L., como alternativa productiva para el municipio de Popayán*. 62.
http://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1371/Uso_historico_sacha_inchi_2010_keyword_principal.pdf?sequence=1
- Dostert, N., Roque, J., Brokamp, G., Cano, A., La Torre, M. I., & Weigend, M. (2009). Factsheet: Datos botánicos de Sacha Inchi, Plukenetia volubilis L. *Plukenetia Volubilis L., May 2014*, 11.
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Factsheet+:+Datos+botánicos+de+Sacha+Inchi#0>
- Elena Martha, V. T. (2015). *Metabolitos principales de Mimosa aculeaticarpa var. biuncifera y Achyropappus anthemoides. Obtención y evaluación analgésica de ibuprofenato de β -sitosterilo*.
- European Food Safety Authority. (2020). Technical Report on the notification of roasted seeds from Plukenetia volubilis L. as a traditional food from a third country pursuant to Article 14 of Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Supporting Publications*, 17(3). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.en-1817>
- Flores, D. (2010). Uso Histórico : Sacha Inchi. *Proyecto Perubiodiverso*, 27.
http://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1371/Uso_historico_sacha_inchi_2010_keyword_principal.pdf?sequence=1
- Garmendia, F., Pando, R., & Ronceros, G. (2014). Efecto del aceite de sachá inchi (Plukenetia volubilis L) sobre el perfil lipídico en pacientes con hiperlipoproteinemia. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 28(4), 5–8. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2011.284.426>
- Gómez, N. (2018). Estudio de pre-factibilidad Para cultivo de Sacha Inchi en el corregimiento de potrerito en el departamento de Valle del Cauca, Colombia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1–66.
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10228/T07975.pdf;jsessionid=7A6AD07E814C4FA648D1E0473D50AA22?sequence=6>
- Gonzalez-Aspajo, G., Belkhelfa, H., Haddioui-Hbabi, L., Bourdy, G., & Deharo, E. (2015). Sacha Inchi Oil (Plukenetia volubilis L.), effect on adherence of

Staphylococcus aureus to human skin explant and keratinocytes in vitro.

Journal of Ethnopharmacology, 171, 330–334.

<https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.06.009>

Gorriti, A., Arroyo, J., Quispe, F., Cisneros, B., Condorhuamán, M., Almora, Y., & Chumpitaz, V. (2010). Toxicidad oral a 60 días del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y linaza (*Linum usitatissimum* L.) y determinación de la dosis letal 50 en roedores. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 27(3), 1–9. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2010.273.1492>

Gutiérrez, L. F., Quiñones-Segura, Y., Sanchez-Reinoso, Z., Díaz, D. L., & Abril, J. I. (2017). Physicochemical properties of oils extracted from γ -irradiated Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Food Chemistry*, 237, 581–587. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.148>

Hamaker, B., Valles, C., Gilam, R., Hardmeier, R., Clark, D., Garcia, H., & Kohlsted, I. (1992). *Amino Acid and Fatty Acid Profiles of the Inca Peanut (Plukenetia volubilis)* (p. 3).

Hanssen, H. P., & Schmitz-Hübsch, M. (2011). Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Nut Oil and Its Therapeutic and Nutritional Uses. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, 991–994. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10117-3>

Hernandez-Rodas, M. C., Morales P., J., Valenzuela B., R., Morales I., G., & Valenzuela B., A. (2016). Beneficios de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3 en la enfermedad por hígado graso no alcohólico. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(2), 196–205. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200013>

Hernández, T., García-Bores, A. M., Serrano, R., Ávila, G., Dávila, P., Cervantes, H., Peñalosa, I., Flores-Ortiz, C. M., & Lira, R. (2015). Fitoquímica Y Actividades Biológicas De Plantas De Importancia En La Medicina Tradicional Del Valle De Tehuacán-Cuicatlán. *Tip*, 18(2), 116–121. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.003>

Isaza Martínez, J. H. (2017). Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia Et Technica*, 13(33), 13–18.

- Jenko, C., Bonato, P., Fabre, R., Perlo, F., Tisocco, O., & Teira, G. (2018). Adición de taninos a dietas de rumiantes y su efecto sobre la calidad y rendimiento de la carne. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 29(Vol29No56). <https://doi.org/10.33255/2956/355>
- Kodahl, N. (2020). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)—from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges? *Planta*, 251(4), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03377-3>
- López, J., Chinchilla, N., Bermúdez, I. M., & Álvarez, A. A. (2021). Dislipidemia y estrés en estudiantes universitarios: Un enemigo silencioso. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(ESPECIAL 3), 50–63. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.36488>
- Loyola-vargas, V. M., Sánchez-iturbe, P., Canto-canché, B., Gutiérrez-pacheco, L. C., & Moreno-valenzuela, Rosa M Galaz-ávalos, O. (2004). Biosíntesis de los alcaloides indólicos. Una revisión crítica. *Revista de La Sociedad Química de México*, 48(1), 67–94.
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, 74(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
- Mejía, J., Carrasco, E., Miguel, J., & Flores, S. (2017). Conocimiento, aceptación y uso de medicina tradicional peruana y de medicina alternativa/complementaria en usuarios de consulta externa en Lima Metropolitana. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 2(1), 47. <http://rpmj.pe/ojs/index.php/RPMI/article/view/44/43>
- Milani, A., Basirnejad, M., Shahbazi, S., & Bolhassani, A. (2017). Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. *British Journal of Pharmacology*, 174(11), 1290–1324. <https://doi.org/10.1111/bph.13625>
- Moet Moet, K., Ye Ye, N., & Win Thu, Z. (2020). Diagnostic Characters of Powdered Seeds and Antibacterial Activities of Seed Extract of *Plukenetia Volubilis* L. with Different Solvents. *3rd Myanmar-Korea Conference Research Journal*, 3(2), 486–492. <https://www.dagonuniversity.edu.mm/category/research/3rd-myanmar-koera-conference-vol-3-no2-2020/page/2/>

- Morales, C., & Pineda, Ñ. (2017). *Práctica de la medicina tradicional en el Ecuador*. 68–70.
- Muñoz Jáuregui, A. M., Alvarado-Ortíz, C., Ramos Escudero, F., Castañeda Castañeda, B., Barnett Mendoza, E., Cárdenas Lucero, L., Yáñez Farfán, J., Cajaleón Asencios, D., & Encina Zelada, C. (2013). Estudio de polifenoles, taninos y métodos químicos para determinar la actividad antioxidante de la semilla de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L). *Horizonte Médico (Lima)*, 13(1), 11–18.
- Nascimento, A. K. L., Melo-Silveira, R. F., Dantas-Santos, N., Fernandes, J. M., Zucolotto, S. M., Rocha, H. A. O., & Scortecci, K. C. (2013). Antioxidant and antiproliferative activities of leaf extracts from *Plukenetia volubilis* Linneo (Euphorbiaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/950272>
- Navarro del Hierro, J., Herrera, T., Fornari, T., Reglero, G., & Martin, D. (2018). The gastrointestinal behavior of saponins and its significance for their bioavailability and bioactivities. *Journal of Functional Foods*, 40(September 2017), 484–497. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.032>
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Pasachova, J., Ramirez, M., & Munoz, L. (2019). Staphylococcus aureus: generalidades, mecanismos de patogenicidad y colonización celular. *Nova*, 17(32), 25–38. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-25.pdf>
- Peñaranda, J. C., Rodrigo, G. C., Ticona-bustillos, A. R., Valenzuela, C., Ramos, S., Martin, A. S., Ghezzi, F. G., & Giovanna, R. (2020). *Variation in Concentration of Flavonoids and Chlorophyll , and Changes on Morphology and Foliar Anatomy , Due To Visible (Par) and Ultraviolet (Uva , Uvb) Radiation in Baccharis Latifolia Concentración De Flavonoides Y Clorofila , Y Cambios En La Morf.* 37(5), 1–12. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.5.1>
- Pérez Caro, L. A., Oviedo Zumaqué, L. E., & Barrera Violeth, J. L. (2017). Efecto

de la micorrización y el lombriabono sobre el crecimiento y desarrollo del Sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. *Temas Agrarios*, 23(1), 18–28.

<https://doi.org/10.21897/rta.v23i1.1140>

Polcz, M. E., & Barbul, A. (2019). The Role of Vitamin A in Wound Healing.

Nutrition in Clinical Practice, 34(5), 695–700.

<https://doi.org/10.1002/ncp.10376>

Puangpronpitag, D., Tankitjanon, P., Sumalee, A., & Konsue, A. (2021).

Phytochemical screening and antioxidant activities of the seedling extracts from inca peanut *plukenetia volubilis*. *Pharmacognosy Journal*, 13(1), 52–58. <https://doi.org/10.5530/pj.2021.13.8>

Quino, C. F., Danny Muñoz Espinoza, Herreros, C. G., Miranda, G. C., Piña, L. C., Ortiz, E. G., Acevedo, J. A., & Calderón, O. H. (2016). Caract. fitoquím. y capacidad antioxidante de *A. vera*, *P. volubilis*, *C. carduifolia*, *C. membranacea*. *An Fac Med*, 77(1), 9–13.

Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018).

Bread leaf enriched with extruded cake from sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Chemistry, rheology, texture and acceptability. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199–208.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.04>

Rodríguez, N., Jesús, J. De, Rodríguez, C., César, J., Novoa, R., Lorena, L.,

Académico, E., Carlos, P., & Zuniga-gonzalez, A. (2019). *sacha inchi* (*Plukenetia volubilis* L.). 1499–1511.

Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J., & Rojas, R. (2018). ANÁLISIS PROXIMAL, ANTINUTRIENTES, PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y DE AMINOÁCIDOS DE SEMILLAS Y TORTAS DE 2 ESPECIES DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 79(1), 29–36.

Saavedra, C., Felix, E., Viera, C., Felix, S., Alfaro, R., & Elizabeth, C. (2010).

Estudio fitoquímico de *Plukenetia volubilis* L. y su efecto antioxidante en la lipoperoxidación inducida por Fe /ascorbato en hígado de *Rattus rattus* var. *albinus*. *Revista Científica de La Universidad César Vallejo*, 2(1), 11–21.

<http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/UCV-SCIENTIA/article/view/475/349>

Schiessel, D. L., Yamazaki, R. K., Kryczyk, M., Coelho de Castro, I., Yamaguchi, A. A., Pequito, D. C. T., Brito, G. A. P., Borghetti, G., Aikawa, J., Nunes, E. A., Naliwaiko, K., & Fernandes, L. C. (2016). Does Oil Rich in Alpha-Linolenic Fatty Acid Cause the Same Immune Modulation as Fish Oil in Walker 256 Tumor-Bearing Rats? *Nutrition and Cancer*, 68(8), 1369–1380. <https://doi.org/10.1080/01635581.2016.1224364>

Silva, P., Pinheiro, A. C., Rodríguez, L., Figueroa, V., & Baginsky, C. (2016). *Fuentes naturales de fitoesteroles y factores de producción que lo modifican*. 66.

Solowey, E., Lichtenstein, M., Sallon, S., Paavilainen, H., Solowey, E., & Lorberboum-Galski, H. (2016). Evaluating medicinal plants for anticancer activity. *Scientific World Journal*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2014/721402>

Srichamnong, W., Ting, P., Pitchakarn, P., Nuchuchua, O., & Temviriyankul, P. (2018). Safety assessment of Plukenetia volubilis (Inca peanut) seeds, leaves, and their products. *Food Science and Nutrition*, 6(4), 962–969. <https://doi.org/10.1002/fsn3.633>

Štěrbová, L., Hlásná Čepková, P., Viehmannová, I., & Huansi, D. C. (2017). Effect of Thermal Processing on Phenolic Content, Tocopherols and Antioxidant Activity of Sacha Inchi Kernels. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2). <https://doi.org/10.1111/jfpp.12848>

Tara, K., Kuntze, S., & Seeds, T. (2007). Aislada De Semillas De Caesalpinia Spinosa Structure and Function Studies of a Lectin From Caesalpinia. *Tara*, 49–58.

Ventura, J. A. (2017). *Monografía: Sacha Inchi*. 1–23. http://repositorio.promperu.gob.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1370/Monografia_sacha_inchi_2010_keyword_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food Chemistry*, 265(April), 316–328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>

Wuttisin, N., Nararatwanchai, T., & Sarikaputi, A. (2021). Total phenolic, flavonoid, flavonol contents and antioxidant activity of inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.) leaves extracts. *Food Research*, 5(1), 216–224. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(1\).346](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(1).346)