



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



Composición nutricional y compuestos con actividad biológica de la soja

Trabajo de titulación, modalidad de proyecto de investigación, previo a la obtención de título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Jéssica Estefanía Reyes Padilla
Tutor: PhD. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

Ambato - Ecuador

Marzo 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

PhD. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

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, 08 de Febrero del 2022

PhD. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

C.I. 1802738102

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jéssica Estefanía Reyes Padilla, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Jéssica Estefanía Reyes Padilla

C.I. 1600916082

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritores Docentes 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. Mayra Liliana Paredes Escobar

C.I. 0501873954

BQF. Irvin Ricardo Tubón Usca. PhD

C.I. 0604250357

Ambato, 04 de marzo del 2022

DERECHO DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y proceso 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.



Jéssica Estefanía Reyes Padilla

C.I. 1600916082

AUTORA

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico principalmente a Dios y a la Virgen por darme salud y fuerza para superar cada obstáculo que existió en el transcurso de mis estudios.

A mis amados padres Elsa y Pedro, por su amor incondicional, por sus sacrificios y por sus palabras de aliento.

A mi querida hermana Nataly, por ser mi pilar de apoyo en los momentos felices, tristes y por sus consejos.

Con amor

Jéssica

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios y la Virgencita por darme la vida y salud para llevar a cabo mis sueños.

A mi madre Elsa por sus palabras de aliento, su comprensión, sus sacrificios, por enseñarme que siempre se debe luchar por nuestros sueños, que una caída no es el final y por apoyarme en cada decisión que he tomado; de igual manera a mi padre Pedro por su apoyo, palabras y por siempre estar pendientes de mí.

A mi hermana Nataly que a pesar de algunas indiferencias al vivir solas en el transcurso universitario estuvo apoyándome en cada locura, capricho, en momentos de tristeza y enfermedad.

Y finalmente a mi tutor, instructor y guía Dr. Rubén Vilcacundo que gracias a su paciencia se pudo llevar con éxito esta etapa final.

Gracias a todos

Jéssica

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHO DEL AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1 Justificación	1
1.1 Antecedentes	2
1.2.1 La soja	2
1.2.2 Historia	2
1.2.3 Taxonomía.....	3
1.2.4 Características generales	3
1.2.5 Composición nutricional de soja	4
1.2.5.1 Proteínas	4
1.2.5.2 Lípidos	4
1.2.5.3 Hidratos de carbohidratos	4
1.2.5.4 Vitaminas.....	5
1.2.5.5 Minerales	5
1.2.6 Compuestos con actividad biológica de la soja.....	5

1.2.6.1 Compuestos bioactivos	6
1.2.6.1.1 Isoflavonas	6
1.2.6.1.2 Péptidos.....	7
1.2.6.1.3 Fitoesteroles	7
1.2.6.1.4 Lectinas	8
1.2.6.1.5 Saponinas	8
1.2.6.2 Actividades biológicas de los compuestos bioactivos	9
1.2.6.2.1 Actividad estrogénica.....	9
1.2.6.2.1.1 Mecanismo de acción	9
1.2.6.2.1.2 Compuesto bioactivo que presenta actividad estrogénica	10
1.2.6.2.2 Actividad antimicrobiana.....	10
1.2.6.2.2.2 Mecanismo de acción	10
1.2.6.2.2.3 Compuestos bioactivos que presentan actividad antimicrobiana	10
1.2.6.2.3 Actividad antihipertensiva	11
1.2.6.2.3.1 Mecanismo de acción	11
1.2.6.2.3.2 Compuesto bioactivo que presentan actividad antihipertensivo	11
1.2.6.2.4 Actividad anticancerígena.....	11
1.2.6.2.4.1 Mecanismo de acción	12
1.2.6.2.4.2 Compuestos bioactivos que presentan actividad anticancerígena	12
1.2.6.2.5 Actividad antitrombótica	12
1.2.6.2.5.1 Mecanismo de acción	12
1.2.6.2.5.2 Compuesto bioactivo que presentan actividad antitrombótica.....	13
1.2.6.2.6 Actividad antiinflamatoria	13
1.2.6.2.6.1 Mecanismo de acción	13
1.2.6.2.6.2 Compuestos bioactivos que presentan actividad antiinflamatoria ...	13

1.2.6.2.7 Actividad antioxidante	14
1.2.6.2.7.1 Mecanismo de acción	14
1.2.6.2.7.2 Compuestos bioactivos que presentan actividad antioxidante	14
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo General	14
1.3.2 Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO II	16
METODOLOGÍA	16
2.1 Definición del problema	16
2.2 Búsqueda de la información	16
2.3 Organización de la información	16
2.4 Análisis de la información	17
CAPÍTULO III	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1. Análisis y discusión de los resultados	18
3.2 Valor nutricional	18
3.2.1 Proteínas	18
3.2.2 Lípidos	21
3.2.3 Carbohidratos	22
3.2.4 Cenizas	24
3.2.5 Vitaminas	26
3.3 Actividades biológicas de los compuestos bioactivos	28
3.3.1 Actividad estrogénica	28
3.3.2 Actividad antimicrobiana	28
3.3.3 Actividad antihipertensiva	29

3.3.4 Actividad anticancerígena	30
3.3.5 Actividad antitrombótica.....	31
3.3.6 Actividad antiinflamatoria.....	31
3.3.7 Actividad antioxidante	32
CAPÍTULO IV	33
CONCLUSIONES	33
4.1 Conclusiones	33
CAPÍTULO V	35
BIBLIOGRAFÍA	35
5.1 Bibliografía	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabl 1. Porcentaje de proteína en soja, quinua y garbanzo.....	18
Tabla 2. Aminoácidos esenciales de la soja, quinua y garbanzo.	19
Tabla 3. Porcentaje de lípidos en la soja, quinua y garbanzo.	21
Tabla 4. Porcentaje de ácidos grasos en la soja, quinua y garbanzo.	21
Tabla 5. Porcentaje de carbohidratos en la soja, quinua y garbanzo.	22
Tabla 6. Porcentaje de los principales carbohidrato en la soja, arveja y garbanzo.....	23
Tabla 7. Porcentaje de cenizas en la soja, quinua y garbanzo.	24
Tabla 8. Minerales presentes en la soja, quinua y garbanzo.....	24
Tabla 9. Contenido vitamínico de la soja, quinua y garbanzo.	26
Tabla 10. Actividad antimicrobiana de los péptidos de la soja, quinua y fréjol.....	28
Tabla 11. Porcentaje de actividad antihipertensiva de los péptidos de la soja y quinua.	29
Tabla 12. Porcentaje de actividad anticancerígena de los péptidos de la soja y fréjol.	30

Tabla 13. Porcentaje de actividad antitrombótica de los péptidos de la soja y el amaranto.	31
Tabla 14. Porcentaje de actividad antiinflamatoria de los fitoesteroles de la soja y otros compuestos bioactivos del garbanzo.	31
Tabla 15. Medida de actividad antioxidante de las isoflavonas de la soja con otros compuestos bioactivos del garbanzo y fréjol.....	32

ÍNCIDE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación taxonómica de la soja	3
Figura 2. Estructura y numeración del esqueleto de las isoflavonas	6
Figura 3. Composición de un péptido a partir de sus aminoácidos	7
Figura 4. Estructura química de los fitoesteroles	8
Figura 5. Estructura de la lectina	8
Figura 6. Estructura química de las saponinas tipo esteroidal	9

RESUMEN

Actualmente, la industria alimentaria se enfoca en materias primas que contengan un alto valor nutricional y biológico, ya que a partir de ellas se puede promover la salud; la soja cumple con estas características y a nivel mundial es considerada como un súper alimento. El objetivo de la investigación fue compilar información que nos permita evaluar la composición nutricional y conocer las actividades biológicas que cumplen sus compuestos bioactivos. Los resultados muestran que la soja posee 40.50 por ciento de proteína, valor superior al encontrado en garbanzo y quinua; su alta calidad proteica se debe a la presencia de todos los aminoácidos esenciales. En cuanto al contenido de lípidos este grano presenta 18.98 por ciento, es rico en ácidos grasos poliinsaturados como el linoleico y linolénico, importantes para la salud cardiovascular. Contiene una baja cantidad de carbohidratos, entre ellos la rafinosa y estaquiosa. Con relación a las vitaminas y minerales (folatos, vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina K, fósforo, magnesio, zinc y hierro) ayudan a cubrir más del 50 por ciento de la ingesta diaria recomendada (IDR). Por otro lado, las isoflavonas, péptidos y fitoesteroles provenientes de la soja han demostrado ser responsables de algunas actividades biológicas como la estrogénica, antimicrobiana, antihipertensiva, anticancerígena, antitrombótica, antiinflamatoria y antioxidante. A partir de los resultados encontrados, se concluye que la soja supera a granos de consumo habitual en Latinoamérica en contenido de proteína, lípidos, vitaminas y minerales; de igual manera presenta actividad biológica con posibles beneficios para el consumidor, previniendo el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles.

Palabras claves: Investigación bibliográfica, industria alimentaria, oleaginosas, actividades biológicas, compuestos bioactivos, soja.

ABSTRACT

Currently, the food industry focuses on raw materials that contain a high nutritional and biological value, since they can promote health; soybeans has these characteristics and is considered a superfood worldwide. The research aimed at compiling information that allowed us to evaluate the nutritional composition and to know the biological activities that its bioactive compounds fulfill. The results show that soybeans have 40.50 percent protein, a higher value than the one found in chickpeas and quinoa; its high protein quality is due to the presence of all the essential amino acids. Regarding the lipid content, this grain has 18.98 percent, it is rich in polyunsaturated fatty acids such as linoleic and linolenic acids, important for cardiovascular health. It contains a low amount of carbohydrates, including raffinose and stachyose. In relation to vitamins and minerals (folates, vitamin B₁, vitamin B₂, vitamin K, phosphorus, magnesium, zinc and iron) they help cover more than 50 percent of the recommended daily intake (RDI). On the other hand, isoflavones, peptides and phytosterols from soybeans have been shown to be responsible for some biological activities such as estrogenic, antimicrobial, antihypertensive, anticarcinogenic, antithrombotic, anti-inflammatory and antioxidant. Based on the results, it is concluded that soybeans exceed grains commonly consumed in Latin America in terms of protein, lipids, vitamins and minerals; in the same way, it presents biological activity with possible benefits for the consumer, preventing the development of chronic non-communicable diseases.

Keywords: Bibliographic research, food industry, oilseeds, biological activities, bioactive compounds, soybean.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1 Justificación

La utilización de la Soja dentro del mundo alimenticio ha generado un alto interés en los investigadores y en las industrias, por su alta demanda y sus beneficios (**Rodríguez Hernández, 2020**).

INEC (2012), redacta que a nivel mundial se produce un promedio de 202'621,534 TM de soja al año, repartidos principalmente entre Estados Unidos, Brasil, China, Argentina, India, Bolivia y Canadá. En tanto, Ecuador presenta 77,441 TM al año, llevándose una participación del 0.04% de producción, que no cubre la demanda nacional, requiriendo la compra a granel a otros países.

Los principales países consumidores de soja al año son China 5'298,076.43 TM, Japón 1'032,343.59 TM, India 910,380 TM, Brasil 540,531 TM y Nigeria 377,460 TM (**INEC, 2015**).

En muchas industrias la soja es el insumo principal para la producción, incrementando el mercado de productos con alto valor nutritivo a base de esta leguminosa (**García Martínez & Gómez Hernández, 2013**), como pasta, aceite, carne, leche, salsa, tofu, harina, etc (**Jaime Echeverría, 2014**).

Esta semilla está compuesta por carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales, donde su principal fuente de energía son los macronutrientes (**Cárdenas Mazón, Romero Machado, Salazar Yacelga, Cevallos Hermida, & Ruiz Ruiz, 2019**).

Cabe recalcar que las proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales como: Leucina, isoleucina, lisina, metionina, valina, fenilamina, treonina y triptófano (**Solano, Fonseca, & Santiesteban, 2012**). El grano también se caracteriza por sus 2 ácidos grasos esenciales: linoleico y linolénico (**Leamy, Zhang, Li, Chen, & Song, 2017**).

Noboa Auz (2013), menciona que la soja tiene elementos biológicamente activos que interfieren en actividades celulares y fisiológicas, promoviendo la salud. Los elementos activos encontrados en la soja son las isoflavonas, saponinas, fitoesteroles, péptidos, lectinas entre otros, que disminuyen la incidencia de la diabetes tipo 2, previene la osteoporosis, las enfermedades cardiovasculares, enfermedades renales y coronarias (**Garcia Martinez & Gomez Hernandez, 2013**). Además, reduce los niveles de colesterol en la sangre, calma los dolores de la menopausia (**Noboa Auz, 2013**), previene el cáncer y disminuye el peso corporal (**Garcia Martinez & Gomez Hernandez, 2013**).

En el presente trabajo se realizará una investigación bibliográfica profunda sobre la soja, que servirá como aporte científico para la elaboración de alimentos procesados, con el fin de conservar el valor nutricional y biológico de los mismos; cabe destacar que la información acarreada educará a los consumidores, incrementando la aceptabilidad de los alimentos a base esta leguminosa.

1.1 Antecedentes

1.2.1 La soja

1.2.2 Historia

La Soja o soya (*Glycine Max*) fue cultivada por primera vez en China y otros países asiáticos hace 3000 años a partir de la soja silvestre. Su primera cosecha en América del Norte se dio en el año de 1765 y su introducción en América Central y del Sur, se llevó acabo en la mitad del siglo pasado (**Chito Trujillo, Ortega Bonilla, Ahumada Mamián, & Rosero López, 2017**).

1.2.3 Taxonomía

Se coloca en el grupo de las cotiledóneas, familia de las fabaceae (*leguminosea*). A continuación, se muestra la clasificación taxonómica de la soja.

Clasificación Taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae (Leguminosae)
Subfamilia	Faboideae
Género	Glycine
Especie	<i>Glycine max</i> (L)

Figura 1. Clasificación taxonómica de la soja

Fuente: (Valencia Ramírez, 2016)

1.2.4 Características generales

La soja es uno de los cultivos más importantes en el mundo perteneciente a la familia de las leguminosas (Morán Caicedo, Mejía Gonzales, & Beltrán Castro, 2019). Son cultivadas para la obtención de proteína vegetal y aceite, juntas son el 56% del peso seco de las semillas y son ampliamente utilizadas en la industria farmacéutica, producción de biodiesel y alimentos para consumo humano y animal. Se cosecha después de 120 días posteriores a su plantación y su alto rendimiento tiene una estrecha relación con el clima (Ragus, 1987), ya que se desarrolla óptimamente en las regiones cálidas y tropicales (Moreno, Luciano, & Rodríguez, 2017). Tiene la característica de fijar nitrógeno atmosférico, a través de nódulos que fertilizan el suelo, produciendo los 8 aminoácidos esenciales en porciones correctas (Herrera Castellón & Jiménez Fernández, 2011).

1.2.5 Composición nutricional de soja

1.2.5.1 Proteínas

Yada (2002), señala que las proteínas son el conjunto de aminoácidos que están conformados por carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y azufre, unidos por enlaces peptídicos. Sus propiedades funcionales dependen de la longitud de la cadena, sus combinaciones y la organización estructural.

Los aminoácidos esenciales presentes en la soja son: valina, fenilamina, isoleucina, leucina, metionina, lisina, treonina y triptófano, y los aminoácidos no esenciales: cistina, arginina, Ac. aspártico, Ac. glutámico, serina, tirocina, glisina, prolina y alanina (**Solano et al., 2012**).

1.2.5.2 Lípidos

Los lípidos son el conjunto de compuestos orgánicos que están estructurados por carbono, hidrógeno, oxígeno y en ocasiones por azufre, nitrógeno y fósforo. La grasa de la soja se compone de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) y ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico y linolénico), siendo los esenciales el linoleico y linolénico (**Leamy et al., 2017**).

1.2.5.3 Hidratos de carbohidratos

Los carbohidratos están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Son llamados azúcares y se convierten en la primera fuente de energía para el funcionamiento satisfactorio del metabolismo (**Moreano Pilatasig, 2015**). Los carbohidratos presentes en la soja son: estaquiosa, sacarosa y la rafinosa (**Hagely, Palmquist, & Bilyeu, 2013**).

1.2.5.4 Vitaminas

Las vitaminas son micronutrientes, asimilados por el cuerpo en pequeñas cantidades. La disminución de este componente se ve afectado por el estado de maduración, cocción, producción y el mal almacenamiento. El consumo de las vitaminas es de suma importancia ya que ayuda en las funciones biológicas y previene enfermedades (**Villacís Samaniego, 2012**).

El contenido vitamínico que presenta la soja es: vitamina C, vitamina B_1 , vitamina B_2 , vitamina B_5 , vitamina B_6 , vitamina A, vitamina K, vitamina E, vitamina B_3 y folatos (**Westmark, 2016**).

1.2.5.5 Minerales

Villacís Samaniego (2012), señala que los minerales son considerados micronutrientes y primordiales para las células del cuerpo humano. El descenso de estos minerales es afectado por el estado de maduración y la cantidad de minerales del suelo donde son cultivadas las plantas de la soja.

Los minerales presentes en la soja, son: calcio, cobre, hierro, potasio, magnesio, fósforo, manganeso, sodio y zinc (**Shahzad, Shehzad, Bilal, & Lee, 2020**).

1.2.6 Compuestos con actividad biológica de la soja

En la actualidad se busca no solo tener una dieta que contenga nutrientes, sino también compuestos bioactivos con efectos positivos en la salud de las personas. Es por eso que la soja es considerada para la elaboración de alimentos, ya que posee isoflavonas, saponinas, fitoesteroles, péptidos y lectinas; que la convierten en una de las leguminosas más ricas en compuestos biológicamente activos (**Espinoza Gámez, Flores Lara, & Lugo Sepúlveda, 2016**). Entre los beneficios de estos compuestos en la dieta diaria tenemos:

- ❖ Disminuyen la cantidad de colesterol y triglicéridos en la sangre.
- ❖ Al ingerirlos diariamente puede prevenir tumores en el seno, próstata y en el colon.
- ❖ Evitan los trastornos cardiovasculares.
- ❖ Reemplazan el estrógeno en la menopausia.
- ❖ Controlan la diabetes.
- ❖ Colocan el calcio en los huesos evitando el desarrollo de la osteoporosis, etc
(Benavides Bolaños & Recalde Centeno, 2011).

1.2.6.1 Compuestos bioactivos

1.2.6.1.1 Isoflavonas

Químicamente las isoflavonas poseen una estructura fenólica no esteroideal, con radicales libres en distintas posición que dan lugar a la formación de nuevos compuestos (Krizová, Dadáková, Kašparovská, & Kašparovský, 2019).

Las isoflavonas predominantes son la genisteína, daidzeína, junto con una pequeña cantidad de gliciteína que no es de interés funcional en la soja (J. Wu, Shi, & Zhang, 2005).

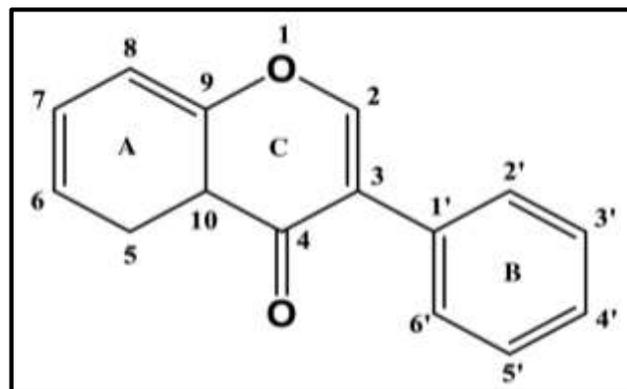


Figura 2. Estructura y numeración del esqueleto de las isoflavonas

Fuente: (Miadokova, 2009)

1.2.6.1.2 Péptidos

Badui Dergal (2016), menciona que los péptidos son un conjunto de aminoácidos que se juntan covalentemente creando un enlace amida entre los grupos α -amino y α -carboxilo, dando lugar a la formación del enlace peptídico.

Cabe recalcar que los aminoácidos son liberados de la proteína por hidrólisis *in vitro* o por la cadena de producción, en donde muestran gran variedad de actividades biológicas que son beneficiosas para la salud (**Lammi, Aiello, Boschin, & Arnoldi, 2019**).

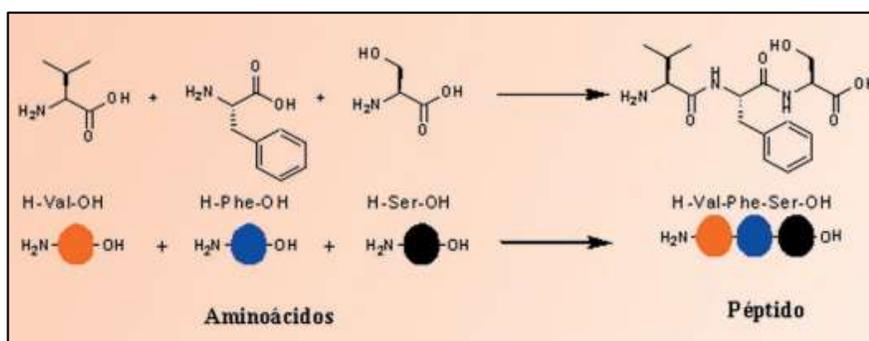


Figura 3. Composición de un péptido a partir de sus aminoácidos

Fuente: (Lledó, Palomera, & Jiménez, 2004)

1.2.6.1.3 Fitoesteroides

Los fitoesteroides tienen una estructura química similar a la del colesterol y se encuentran en forma libre o conjugada (**Abumweis, Marinangeli, Frohlich, & Jones, 2014**). Se dividen en esteroides y estanoles. Los estanoles son: beta-sitosterol, campesterol y el estigmasterol; y en los estanoles tenemos los beta-sitostanol y el campestanol (**Gupta, Savopoulos, Ahuja, & Hatzitolios, 2011**).

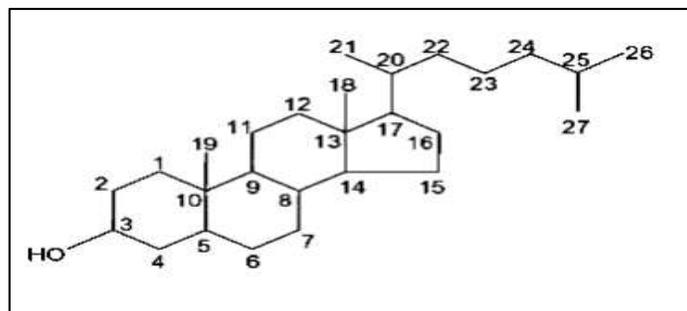


Figura 4. Estructura química de los fitoesteroles

Fuente: (González, 2012)

1.2.6.1.4 Lectinas

Las lectinas son un conjunto de proteínas que se unen de forma reversible a los carbohidratos sin alterar su estructura covalente, mediante fuerzas de van der Waals, puentes de hidrógeno, interacciones iónicas y electrostáticas (Lamus, 2013).

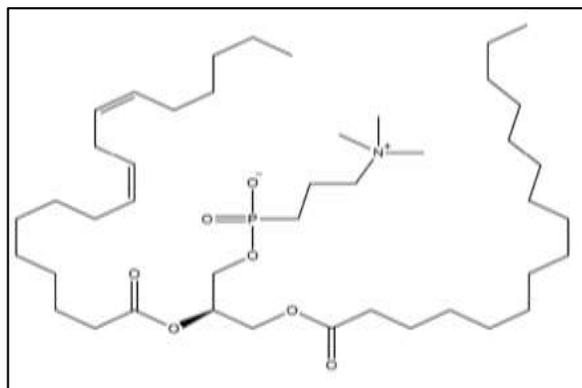


Figura 5. Estructura de la lectina

Fuente: (A. S. A. Hernández, 2019)

1.2.6.1.5 Saponinas

La estructura de las saponinas contienen triterpeno o esteroides aglicona unidos a restos de oligosacáridos (Güçlü Üstündağ & Mazza, 2007), con propiedades químicas que actúan

como hidrófobas, polares y ácidas. Este compuesto bioactivo no se destruye bajo procesos de cocción, manteniéndose durante la elaboración de alimentos procesados.

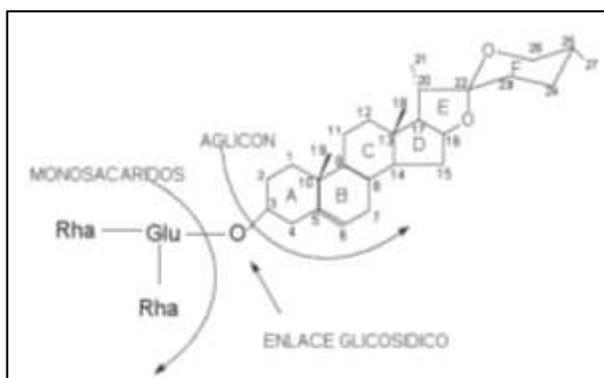


Figura 6. Estructura química de las saponinas tipo esteroidal

Fuente: (Panchana Tigrero & Velásquez Chalco, 2018)

1.2.6.2 Actividades biológicas de los compuestos bioactivos

1.2.6.2.1 Actividad estrogénica

Actúa como modulador de los primeros síntomas de la menopausia, menorando su frecuencia e intensidad (López Luengo, 2010).

1.2.6.2.1.1 Mecanismo de acción

Las isoflavonas son dotadas con propiedades antioxidantes, antiproliferativas e inhibidoras de enzimas, siendo estas características ideales para que interfieran en el proceso menopáusico (López Luengo, 2010). Este compuesto se une a los receptores de estrógeno, provocando un incremento en la asimilación y captación de estrógenos en los órganos y en el tejidos diana, que descende los niveles plasmáticos de proteínas transportadoras de esteroides sexuales en mujeres post-menopáusicas y la supresión de la hormona luteinizantes (Navarro Despaigne, 2001).

1.2.6.2.1.2 Compuesto bioactivo que presenta actividad estrogénica

- Isoflavona

1.2.6.2.2 Actividad antimicrobiana

Los compuestos químicos que poseen la actividad antimicrobiana tienen la función de inhibir los ácidos nucleicos a través de la degradación de la membrana citoplasmática, que hacen que se eliminen las bacterias y se bloquee el mecanismo de resistencia (Lee et al., 2011)

1.2.6.2.2.2 Mecanismo de acción

Existen dos mecanismos por la cuales se da la acción antimicrobiana: Interacción con objetivos intracelulares (dianas intercelulares) y permeabilización /ruptura de la membrana celular. Para que se lleve a cabo estas vías se requiere primero la interacción del bioactivo con la membrana del patógeno, en donde el contacto se da por las diferencias de cargas catiónicas de la membrana del compuesto con la carga aniónica de las membranas de los patógenos. Al estar unidos el bioactivo aprovecha su estructura anfipática para interactuar con los componentes hidrófobos de la membrana, provocando la ruptura o permeabilización de la misma, introduciendo su extremo hidrófobo en ella (Brandwein, Bentwich, & Steinberg, 2017).

1.2.6.2.2.3 Compuestos bioactivos que presentan actividad antimicrobiana

- Péptidos
- Saponinas

1.2.6.2.3 Actividad antihipertensiva

Los agentes antihipertensivos son utilizados para disminuir la presión arterial, evitando el progreso de enfermedades cardiovasculares en donde los pacientes pueden desarrollar un ataque cerebrovascular, infarto de miocardio e insuficiencia cardíaca (**Abalos, Duley, Steyn, & Gialdini, 2018**).

1.2.6.2.3.1 Mecanismo de acción

El mecanismo antihipertensivo se lleva a cabo por la inhibición de la actividad de la enzima convertidora de la angiotensina (ECA). Este proceso parte del angiotensinógeno, en donde es degradado por la renina, originando el decapeptido inactivo angiotensina I. La angiotensina I es degradado por la ECA liberando la angiotensina II. La angiotensina II libera la aldosterona y contrae el músculo liso vascular, impidiendo el aumento de la presión sanguínea que causa la retención de sodio y agua. También la ECA actúa en el sistema quinina-caliceína degradando las bradiquininas (**Ahnfelt Ronne, 1991**).

1.2.6.2.3.2 Compuesto bioactivo que presentan actividad antihipertensivo

- Péptidos

1.2.6.2.4 Actividad anticancerígena

El cáncer es la principal causa de muerte a nivel mundial, siendo los tratamientos clínicos como la quimioterapia, radioterapia y cirugía, las únicas que alargan la vida del paciente. Varios científicos han hecho considerables esfuerzos para buscar agentes anticancerosos, que inhiban el crecimiento anormal de las células y su propagación, a partir de productos naturales que sean inofensivos para el organismo (**S. Kim, 2018**).

1.2.6.2.4.1 Mecanismo de acción

Mecanismos como la inducción de la apoptosis, inhibición de la adhesión celular, bloqueo del ciclo celular, daño a la membrana celular, modulación de la respuesta inmune e inhibición de la señalización intracelular; son las vías por las cuales se ejecuta ésta actividad (**Umayaparvathi y col., 2014; Pan y col., 2016**).

1.2.6.2.4.2 Compuestos bioactivos que presentan actividad anticancerígena

- Saponinas
- Fitoesteroles
- Péptidos
- Lectinas
- Isoflavonas

1.2.6.2.5 Actividad antitrombótica

Esta actividad disminuye la formación de coágulos que cierran el flujo sanguíneo, provocando un accidente cerebrovascular, un ataque cardíaco y obstrucción en las arterias (**Guzmán Rodríguez et al., 2019**).

1.2.6.2.5.1 Mecanismo de acción

Los elementos antitrombóticos inhiben la adhesión de las plaquetas entre sí, reemplazando la secuencia Arg-Gli-Asp (RGD) del fibrinógeno por la secuencia RGD del compuesto bioactivo, que antagoniza el acoplamiento del fibrinógeno a la glicoproteína de la membrana de las plaquetas (**Miyashita et al., 1999**), impidiendo la trombos que conllevan al desarrollo de las enfermedades antes mencionadas (**Sánchez López, 2021**).

1.2.6.2.5.2 Compuesto bioactivo que presentan actividad antitrombótica

- Péptidos
- Isoflavona

1.2.6.2.6 Actividad antiinflamatorio

Las inflamaciones son respuesta a los daños provocados por infecciones patógenas, células dañadas, irritación química y las lesiones tisulares (**Karak, 2019**). La persistencia de esta afectación puede causar cáncer, alergias, aterosclerosis y enfermedades autoinmunes (**Riaz et al., 2018**).

1.2.6.2.6.1 Mecanismo de acción

Los compuestos bioactivos que contienen esta actividad, cumplen con la función de estabilizar la membrana de los glóbulos rojos, evitando la liberación de enzimas proteasas y bactericidas que generan inflamaciones más graves (**V. Kumar, Bhat, Kumar, Bohra, & Sheela, 2011**).

1.2.6.2.6.2 Compuestos bioactivos que presentan actividad antiinflamatoria

- Saponinas
- Fitoesteroles
- Lectinas.

1.2.6.2.7 Actividad antioxidante

Tiene la capacidad de atrapar radicales libres con el fin de evitar el desarrollo incorrecto de las biomoléculas, que desenlazan en enfermedades como: reumatismo, hipertensión arterial, inflamación, diabetes, cáncer, enfermedades cardiovasculares, trastornos neurodegenerativos y mutaciones genéticas (**Sarfraz et al., 2018**).

1.2.6.2.7.1 Mecanismo de acción

Los antioxidantes encargados de esta actividad actúan como suicidas ya que se oxidan al neutralizar los radicales hidroxilos, el oxígeno singlete, el anión superóxido y las especies reactivas de oxígeno (ROS) (**Sarfraz et al., 2018**) que se encuentran libres en cantidades excesivas en las células, causando el estrés oxidativo (**Venero Gutiérrez, 2002**). La eliminación de estos radicales mantienen el equilibrio del sistema prooxidante y antioxidante, que evitan daños en el organismo (**Munteanu & Apetrei, 2021**).

1.2.6.2.7.2 Compuestos bioactivos que presentan actividad antioxidante

- Isoflavonas
- Fitoesteroles
- Péptidos

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Compilar información a través de investigaciones y documentos científicos acerca de la composición nutricional y compuestos con actividad biológica de soja.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la composición nutricional de la soja.
- Conocer los compuestos con actividad biológica que contiene la semilla de soja.
- Indagar a través de revisión bibliográfica los beneficios que tienen los compuestos bioactivos de la soja en el organismo humano.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Definición del problema

Existe un alto índice de consumo de la soja a nivel mundial por sus beneficios, es por ello que el presente trabajo de investigación se enfoca en la recopilación de información acerca de su valor nutricional y compuestos bioactivos capaces de prevenir enfermedades; cabe mencionar que se encuentran pocas investigaciones bibliográficas que abarquen ésta información científica actualizada.

2.2 Búsqueda de la información

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo a través de indagaciones en diferentes bases de datos disponibles en páginas de internet, recurriendo a SciElo, Scopus, Web of Science, Science Direct, google scholar, tesis de grado, libros virtuales, etc., que tendrán contenido que nos permitan evaluar la composición nutricional de la semilla, conocer los compuestos con actividad biológica y los beneficios que tienen los compuestos bioactivos de la soja en el organismo humano.

2.3 Organización de la información

Para la organización de las referencias bibliográficas se utiliza el programa EndNote X9, que ubicará de manera sistemática los apellidos de los autores en orden alfabético, al momento de ser expulsada al documento Word.

2.4 Análisis de la información

A través de un análisis documental, se realizó una recolección de las ideas más importantes, en cada uno de los estudios, con el fin de satisfacer todas las interrogantes con respecto a la composición nutricional y los compuestos bioactivos de la soja. Tanto la información cualitativa y cuantitativa adjunta nos permitirá comparar valores e información que comprobará la veracidad de las investigaciones con respecto a los beneficios que esta semilla posee.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

La soja es considerada como un cultivo oleaginoso por su contenido elevado de grasas saludables; junto a las proteínas, carbohidratos, agua y cenizas aportan muchos beneficios para el organismo. La introducción de esta leguminosa a nivel mundial, también se debe a la presencia de compuestos bioactivos con capacidad para prevenir ciertas enfermedades, razón por la cual esta semilla se ha convertido en un foco de estudios, con el fin de explotar sus altos beneficios (Martín Salinas & López Sobaler, 2017).

Se realiza una comparación de la composición nutricional y los compuestos bioactivos de la soja con otras semillas de consumo habitual en Latinoamérica.

3.2 Valor nutricional

3.2.1 Proteínas

En la siguiente tabla se da a conocer el porcentaje de proteína en diferentes granos.

Tabla 1

Porcentaje de proteína en soja, quinua y garbanzo.

Granos	Proteína %
Soja	40.50
Quinua	16.20

Garbanzo	22.70
----------	-------

Fuente: (Neira Quezada, 2021), (Choi et al., 2021), (E. Kim et al., 2021), (Angeli et al., 2020), (Solórzano Castro, 2019)

En la tabla 1 se encuentra que la soja presenta un 40.50, el garbanzo 22.70 y la quinua 16.20 con respecto al porcentaje de proteínas; siendo la soja la de mayor abundancia y por tanto una fuente rica en este macronutriente. **Lobato et al. (2012)** redactan que las proteínas de esta leguminosa son de alta calidad, ya que la puntuación de sus aminoácidos esenciales es semejante a las proteínas de la carne y los lácteos, logrando reemplazar parcialmente a estos alimentos. Entre los beneficios de su consumo tenemos la reducción de la obesidad, el cáncer, diabetes y colesterol, este último relacionado con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (**Moradi, Daneshzad, & Azadbakht, 2020**)

A continuación, se describe los aminoácidos esenciales que se hallan en la soja, quinua y garbanzo.

Tabla 2

Aminoácidos esenciales de la soja, quinua y garbanzo.

Aminoácidos esenciales	mg/100g		
	Soja	Quinua	Garbanzo
Isoleucina	17	7	4,8
Leucina	28,4	7,3	8,7
Lisina	22,9	8,4	7,2
Metionina	10,7	2,1	1,7
Fenilalanina	18,9	5,3	8,3
Treonina	14,5	5,7	3,1
Triptófano	5	0,9	0,9

Valina	17,6	7,6	4,6
--------	------	-----	-----

Fuente: (León, Castañeda, & Matos, 2017), (Mazón, 2019), (Ccala Sucasaca & Ramirez Carrasco, 2021), (González Cruz, Filardo Kerstupp, Juárez Goiz, Guemes Vera, & Aurea Bernardino, 2014)

Los aminoácidos esenciales son aquellos que no pueden ser sintetizados en el organismo y por ello son obtenidos a través de la dieta. En la tabla 2 se puede visualizar que existe un alto índice de aminoácidos en la soja en comparación con las otras semillas, donde la leucina con 28,4 mg/g fue la más destacada y es utilizada en los tejidos grasos y músculos, formando esteroides que cumplen funciones reguladoras, estructurales y hormonales; también reduce los niveles de azúcar en la sangre y aumenta la producción de la hormona del crecimiento (Laurente Flores, 2016). La lisina por su parte con 22,9 mg/g tiene la función según Zúñiga Quispe (2014) de absorber el calcio, promueve la producción de huesos, forma colágeno y anticuerpos. El aminoácido con 18,9 mg/g corresponde a la fenilalanina que al compararse con las otras semillas también tienen un amplio rango de diferencia, cumple con acción antidepresiva, analgésica, mejorar la memoria y el aprendizaje (López López, 2007). 17,6 mg/g corresponde a la valina que permite intervenir en el metabolismo muscular y en la reparación de los tejidos. Por otro lado 17 mg/g de la isoleucina es importante en la síntesis de la hemoglobina y la regulación de los niveles de glucosa sanguínea (Laurente Flores, 2016). La treonina con 14,5 mg/g tiene una gran participación en la formación de colágeno, elastina y esmalte de los dientes; también ayuda en la desintoxicación del hígado y transporta el fosfato para mantener la cantidad adecuada de proteína en el cuerpo (Hernández & Sánchez Contreras, 2005). La metionina alcanza un 10,7 mg/g, García (2010) menciona que este aminoácido ayuda a mejorar los trastornos del cabello, piel y uñas; de igual manera evita la acumulación de grasa en el hígado y en las arterias. Por último tenemos al triptófano con un valor de 5 mg/g que ayuda a disminuir la ansiedad, reduce la depresión, estabiliza el estado de ánimo y el funcionamiento correcto del sistema inmunológico (Villarreal Méndez, 2019).

Se identificó al triptófano como el aminoácido limitante en las 3 semillas (tabla 2), sin embargo, la concentración de este aminoácido en la soja es mayor a las demás, significando

que nuestro organismo asimilaría mejor los aminoácidos esenciales. Se trata de una semilla de gran mayor calidad proteica (**Genova, Leal, Rupolo, dos Reis, & Barbosa, 2017**).

3.2.2 Lípidos

Los lípidos y ácidos grasos que contienen la soja, quinua y garbanzo se exponen a continuación:

Tabla 3

Porcentaje de lípidos en la soja, quinua y garbanzo.

Granos	Lípidos %
Soja	18.98
Quinua	10.00
Garbanzo	5.00

Fuente: (Neira Quezada, 2021), (Choi et al., 2021), (E. Kim et al., 2021), (Angeli et al., 2020), (Solórzano Castro, 2019)

Tabla 4

Porcentaje de ácidos grasos en la soja, quinua y garbanzo.

ÁCIDOS GRASOS	ANÁLISIS (%)		
	Soja	Quinua	Garbanzo
Ácido palmítico	11.76	8.55	9.7
Ácido esteárico	3.68	1.1	1.8
Ácido oleico	19.20	29.58	27.9
Ácido linoleico	55.15	49.55	45.78
Ácido linolénico	8.88	5.4	2.33

Fuente: (Khrisanapant, Kebede, Leong, & Oey, 2019), (Park, Lee, Shin, Jung, & Ha, 2021), (L. Wu, Wang, Shen, & Qu, 2020)

En cuanto a los lípidos la soja tiene valores por encima de la quinua y el garbanzo (tabla 3), y su calidad se debe a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (tabla 4) como el ácido linoleico que es el predominante y el linolénico, con 55.1 y 8.88%, respectivamente. También contiene ácidos grasos monoinsaturados como el oleico 19.20% y ácidos grasos saturados (palmítico 11.76% y esteárico 3.68%). Al comparar estos valores con lo que señala **Prabakaran et al. (2018)** concuerda que los ácidos grasos poliinsaturados son los sobresalientes, y que gracias a sus porcentajes se debe la calidad, estabilidad y valor nutricional del aceite (**Abedi & Sahari, 2014**). La presencia de estos ácidos beneficia a la salud cardiovascular siempre y cuando la concentración del palmítico sea menor al de los ácidos poli y monoinsaturados, cosa que se cumple en todas las semillas que se encuentran expuestas en la tabla 3 (**Connor, 2000**). También los ácidos insaturados (oleico, linoleico y linolénico) juegan un papel importante en la regulación del sistema inmunológico, la coagulación sanguínea, la neurotransmisión y el metabolismo del colesterol (**Abedi & Sahari, 2014**).

3.2.3 Carbohidratos

El grano con mayor porcentaje de carbohidratos es el garbanzo con 66.30%, luego la quinua 55.60% y por último la soja con 30.97% (tabla 5), siendo la que provee menor energía al organismo. Los carbohidratos de la soja están compuestos en su mayoría por la sacarosa, rafinosa, estaquiosa; y en menor proporción encontramos a los polisacáridos solubles (pectinas) e insolubles como la celulosa, hemicelulosa y lignina (**Farfán López & De Basilio, 2014**); cabe resaltar que esta leguminosa carece de almidón (**Rackis, 1981**).

Tabla 5

Porcentaje de carbohidratos en la soja, quinua y garbanzo.

Granos	Carbohidratos %
--------	-----------------

Soja	30.97
Quinoa	55.60
Garbanzo	66.30

Fuente: (Neira Quezada, 2021), (Choi et al., 2021), (E. Kim et al., 2021), (Angeli et al., 2020), (Solórzano Castro, 2019)

Tabla 6

Porcentaje de los principales carbohidrato en la soja, arveja y garbanzo.

	Sacarosa (%)	Rafinosa (%)	Estaquiosa (%)
Soja	2.9	0,4	3.5
Garbanzo	3	1.44	2.8
Arveja	3	0.5	3.9

Fuente: (Pennacchiotti, 1989), (Brain, 2013), (Naranjo Coello & Rodríguez Troya, 2017), (Frimpong, 2010)

La tabla 6 muestra los porcentajes de los principales azúcares, donde se visualiza que los valores de sacarosa son iguales para el garbanzo y la arveja; por otro lado, la mayor cantidad de estaquiosa está en la arveja y por último la mayor presencia de rafinosa en el garbanzo. Según **Jeanes (1975)**, menciona que la mayoría de las leguminosas provocan flatulencias que es causado por los oligosacáridos (rafinosa y estaquiosa), convirtiéndose en indeseables para algunas personas. Cabe señalar que ha estos carbohidratos se los denomina prebióticos, por su participación en la salud intestinal promoviendo la proliferación y el metabolismo de las bacterias intestinales (**Ma, Wu, Giovanni, & Meng, 2017**). **Roberfroid (2007)**, menciona que los prebióticos también ayudan a la reducción del colesterol, disminución de la presión arterial y previenen algunos tipos de cáncer. Se puede mencionar que la soja contiene menor cantidad de azúcares en comparación con las otras semillas, lo cual favorece su consumo ya que ejecuta las funciones antes mencionadas con menos intensidad de flatulencias.

3.2.4 Cenizas

El contenido de minerales en los granos se determinó por el total de cenizas (tabla 7), recayendo la mayor cantidad en el grano de soja.

Tabla 7

Porcentaje de cenizas en la soja, quinua y garbanzo.

Granos	Cenizas %
Soja	4.70
Quinua	3.40
Garbanzo	3.00

Fuente: (Neira Quezada, 2021), (Choi et al., 2021), (E. Kim et al., 2021), (Angeli et al., 2020), (Solórzano Castro, 2019)

Tabla 8

Minerales presentes en la soja, quinua y garbanzo.

MINERALES	g/100g		
	Soja	Quinua	Garbanzo
Calcio	0,31	0,10	0,14
Magnesio	0,26	0,12	0,11
Fósforo	1,13	0,57	0,37
Potasio	1,78	1,24	0,85
	mg/100g		

Cobre	1,96	1,15	0,87
Manganeso	3,73	2,76	0,66
Sodio	25,19	20,45	2,52
Zinc	5,98	4,43	3,69
Hierro	10,71	3,37	6,47

Fuente: (E. Kim et al., 2021), (De Bock et al., 2021), (Kinfe, Singh, & Fekadu, 2015), (Kaur, Grewal, Gill, & Singh, 2019), (Landi et al., 2021)

En la tabla 8 se puede apreciar que los minerales presentes en la soja superan los valores de la quinua y del garbanzo. Según el Consejo de Alimentación y Nutrición del Instituto de Medicina de los Estados Unidos, señala que la ingesta diaria recomendada (IDR) de fósforo es de 1,25 g/día, que al ser comparado con 1,13 g/100 g que contiene la soja, abarca el 90.4% de la necesidad diaria. En tanto 5,98 mg/100g de zinc al compararlo con la IDR (8 mg/día) que menciona la FAO suple el 74.75%. La presencia de 0,26 g/100 g de magnesio es relacionado con el valor de 0,42 g/día, cubriendo el 61.90% de la IDR. Por último, la OMS considera un consumo diario de hierro de 18 mg/día, cubriendo la soja un 59.5% con respecto a la IDR.

Después de conocer la contribución de los minerales de la soja a la IDR, se destaca las funciones que cumple cada uno de ellos. El fósforo evita la pérdida de masa ósea, previene caries, actúa como amortiguador del pH en la sangre y ayuda en la actividad enzimática (Badui Dergal, 2016). El zinc es esencial para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento de la función inmunológica (Read, Obeid, Ahlenstiel, & Ahlenstiel, 2019). El magnesio interviene en la formación de huesos/dientes, mantiene el funcionamiento normal de músculos/nervios y actúa como coenzima en el metabolismo de los carbohidratos. Finalmente el hierro participa en la formación de hemoglobina, del colágeno; y también interviene en el transporte de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre (Anderson & Frazer, 2017).

3.2.5 Vitaminas

El contenido de vitaminas expuestas en la tabla 9, evidencia que la quinua carece de vitamina A, el garbanzo tiene ausencia de la vitamina K y vitamina B₅. Por otro lado, los valores de la soja superan a las demás en vitamina C, vitamina B₁, vitamina B₂, vitamina B₅ y vitamina K. Según **A. Kumar et al. (2017)**, las cantidades de estos micronutrientes son muy pequeños pero a la vez suficientes para realizar las funciones específicas del metabolismo y mantener la salud.

Tabla 9

Contenido vitamínico de la soja, quinua y garbanzo.

VITAMINA	mg/100g		
	Soja	Quinua	Garbanzo
Vitamina C (Ácido ascórbico)	6	4,9	4
Vitamina B ₁ (Tiamina)	0,87	0,83	0,48
Vitamina B ₂ (Riboflavina)	0,87	0,39	0,22
Vitamina E (Tocoferol)	0,85	2,08	0,82
Vitamina B ₆ (Piridoxina)	0,38	0,21	0,49
Vitamina B ₃ (Niacina)	1,62	1,70	1,4
Vitamina B ₅ (Ácido Pantoténico)	0,79	0,62	-

	$\mu\text{g} / 100\text{g}$		
Vitamina A (Retinol)	1	-	3
Vitamina K (filoquinona)	47	2	-
Folatos (Ácido fólico)	375	184	557

Fuente: (Martín Salinas & López Sobaler, 2017), (Longvah, Annantan, Bhaskarachary, Venkaiah, & Longvah, 2017), (Pérez Rosas, 2021)

Al realizar un análisis de los valores de las vitaminas presentes en la soja, se observa que las vitaminas que abarcan más del 50% de la IDR son los folatos, vitamina B₁, vitamina B₂ y la vitamina K. La presencia de folatos en la soja es de 375 $\mu\text{g}/100\text{g}$, que al ser relacionado con los 400 $\mu\text{g}/\text{día}$ que menciona la OMS, proporciona 93.75% de la IDR. La vitamina B₁ con 0,87 $\text{mg}/100\text{g}$ abarca el 72.5% de la cantidad recomendada por la FAO que es de 1,2 $\text{mg}/\text{día}$. Por otro lado, tenemos a la vitamina B₂ cuyo IDR según la OMS es 1,3 $\text{mg}/\text{día}$, al ser comparada con 0,87 $\text{mg}/100\text{g}$ de la soja, concede el 66.92% con respecto a la cantidad planteada. Finalmente, la IDR de la vitamina K es de 90 $\mu\text{g}/\text{día}$, lo cual significa que la semilla ayuda con el 52.2%.

Las vitaminas mayoritarias de la soja desempeñan varias funciones, los folatos intervienen en la síntesis de la proteína, en el crecimiento celular, en el desarrollo prenatal y el control de la hipertensión (Paiva Azevedo et al., 2020). La vitamina B₁ ayuda con el correcto funcionamiento de los músculos y el sistema nervioso (Rapala Kozik, 2011). La vitamina B₂ tiene la función de ayudar con la producción de glóbulos rojos y reduce el riesgo de cáncer colorrectal (Saedisomeolia & Ashoori, 2018). Por su lado la vitamina K construye y mantiene en buen estado los huesos (Badui Dergal, 2016).

3.3 Actividades biológicas de los compuestos bioactivos

3.3.1 Actividad estrogénica

El análisis de la actividad estrogénica de las isoflavonas de la soja se llevó a cabo en mujeres posmenopáusicas, con dosis de 60 mg de isoflavonas al día por un período de 12 semanas, logrando una efectividad del 57% (Cheng, Wilczek, Warner, Gustafsson, & Landgren, 2007). El estudio menciona que las isoflavonas podrían usarse como tratamiento alternativo para disminuir la intensidad y frecuencia de los sofocos en mujeres menopáusicas, obteniendo estos beneficios a través de una dieta rica en isoflavonas de soja (Thomas et al., 2014).

3.3.2 Actividad antimicrobiana

Tabla 10

Actividad antimicrobiana de los péptidos de la soja, quinua y fréjol.

	<i>Escherichia coli</i> (-)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (-)	<i>Bacillus cereus</i> (+)	<i>Listeria monocytogenes</i> (+)	<i>Staphylococcus aureus</i> (+)
Soja (cm)	3,2 ± 0	2,75 ± 0,1	1,63 ± 0,02	1,78 ± 0,02	2,70 ± 0,050
Quinua (cm)	1,5 ± 0,10	1,5 ± 0,06	1,8 ± 0,12	N/A	N/A
Fréjol (cm)	1,7 ± 0,10	1,5 ± 0,06	1,9 ± 0,08	N/A	N/A

Fuente: (Singh, Vij, & Singh, 2016), (Emiroglu, Yemis, Coskun, & Candogan, 2010), (Morales Manzano, 2018)

La actividad antimicrobiana de las fracciones peptídicas frente a la *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* y *Pseudomona aeruginosa*; se llevó a cabo con la metodología de halo de inhibición, en donde el diámetro de la zona de inhibición determina si existe sensibilidad o resistencia a los antibióticos. La tabla 10 demuestra que existe una ausencia de la actividad por parte de los péptidos de la quinua y el fréjol sobre *L. monocytogenes* y *S. aureus*; mientras que la fracción peptídica de la soja presenta valores positivos para todos los microorganismos. Según la norma **CLSI (2015)**, los diámetros de los halos que sean ≥ 20 mm son sensibles (S); si se encuentra entre 15-19 mm se lo llama intermedio (I) porque funciona bajo ciertas condiciones, y por último tenemos el resistente (R). Al comparar con la información de la norma solo los péptidos de la soja genera inhibición sensible en los microorganismos *E.coli*, *P. aeruginosas* y *S. aureus*; y el resto se los consideró intermedio. También los datos de la quinua y el fréjol fueron designados intermedios porque se encuentran entre el rango de 1,5-1,9 cm, respectivamente. **Ariaza (2014)**, menciona que la actividad antimicrobiana tiene mayor efecto en las Gram negativas, ya que las Gram positivas presentan resistencia a los antibióticos; en el caso de la soja es un excelente antibiótico debido a la presencia de sus péptidos. De igual manera se comparó estos datos con los resultados del estándar (gentamicina) donde el *E. coli* obtuvo $2,4 \pm 0,12$ cm, *P. aeruginosas* $2,6 \pm 0,12$ cm, *B. cereus* $2,8 \pm 0,10$ cm, *L. monocytogenes* $2,9 \pm 0,10$ cm y *S. aureus* $3,2 \pm 0,15$ cm; encontrándose que la fracción peptídica de la soja supera al estándar en *E. coli* y *P. aeruginosas*. Estos resultados demuestran que los péptidos con mayor actividad antimicrobiana proceden de la soja, cuyos valores son semejantes al fármaco gentamicina.

3.3.3 Actividad antihipertensiva

Tabla 11

Porcentaje de actividad antihipertensiva de los péptidos de la soja y quinua.

	Soja (%)	Quinua (%)
Actividad antihipertensiva	67.43	61.28

Fuente: (Chalid, Hermanto, & Rahmawati, 2019), (Zheng et al., 2019)

La actividad antihipertensiva de los péptidos se evaluó con Hippuril-Histidil-Leucina (HHL) usando un método espectrofotométrico (Jimsheena & Gowda, 2009). En la tabla 11 se observa que los péptidos de la soja tienen 67.43% y la quinua 61.28% de actividad antihipertensiva, recayendo el mayor valor en el bioactivo de la soja. Los péptidos confieren esta actividad gracias a sus aminoácidos hidrofóbicos en el extremo C-terminal, responsables de la actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) (Zhang et al., 2017).

3.3.4 Actividad anticancerígena

Tabla 12

Porcentaje de actividad anticancerígena de los péptidos de la soja y fréjol.

	Soja (%)	Fréjol (%)
Actividad anticancerígena	68	57.3

Fuente: (Rayaprolu et al., 2017), (Teniente Martínez, 2019)

La actividad anticancerígena de los péptidos se realizó a través de un estudio *in vitro*, determinando el porcentaje de inhibición en función del valor de absorbancia. En la tabla 12 se evidencia una notable presencia anticancerígena de los péptidos de la soja con 68% a una concentración de 800 µg/ml; por otro lado el estándar (genisteína) demostró tener una actividad del 71% a 200 µg/ml (Rayaprolu, Hettiarachchy, Chen, Kannan, & Mauromostakos, 2013). Aunque los valores de actividad anticancerígena de la soja y el estándar son similares, las concentraciones empleadas en el ensayo determinan que existe una diferencia significativa en los resultados.

3.3.5 Actividad antitrombótica

Tabla 13

Porcentaje de actividad antitrombótica de los péptidos de la soja y el amaranto.

	Soja (%)	Amaranto (%)
Actividad antitrombótica	37.5	31.44

Fuente: (Jin Taek et al., 2011), (Orosco Condori, 2013), (Chen, Jiang, Gan, Chen, & Huang, 2019)

La tabla 13 da a conocer resultados de un estudio en sangre de ratas, donde los péptidos provenientes de la soja (200 µg/ml de sangre) presentan una efectividad antitrombótica del 37,5%, y los péptidos del amaranto (230 µg/ml) del 31.44%, demostrándose que las proteínas hidrolizadas de la soja tienen una gran actividad antitrombótica. Es necesario mencionar que el consumo de fármacos antitrombóticos como la aspirina afectan a largo plazo la salud, aumentando el riesgo de hemorragia (Baigent et al., 2009); por esta razón las investigaciones se enfocan en buscar otras alternativas alimenticias para eventos trombóticos (Rahman & Lowe, 2006).

3.3.6 Actividad antiinflamatoria

Tabla 14

Porcentaje de actividad antiinflamatoria de los fitoesteroles de la soja y compuestos bioactivos del garbanzo.

	Soja (%)	Garbanzo (%)
Actividad antiinflamatoria	64	37

Fuente: (Castillejo Mejía & Trujillo Pablo, 2021), (Acevedo Martinez, Yang, & Gonzalez de Mejia, 2021)

La tabla 14 indica resultados determinados a través del método del edema subplantar en ratones, presentando los fitoesteroles de la soja un porcentaje de actividad superior a los compuestos bioactivos del garbanzo. Para esta investigación un grupo de ratones consumió 30 mg/kg p.c. de diclofenaco (estándar) reduciendo al 100% la inflamación, mientras que otro grupo ingirió 70 mg/kg p.c. de fitoesteroles de soja mostrando una actividad antiinflamatoria de 64%; este resultado puede convertir a esta semilla en una alternativa para este tipo de problemas.

3.3.7 Actividad antioxidante

Tabla 15

Medida de actividad antioxidante de las isoflavonas de la soja, y compuestos bioactivos del garbanzo y fréjol

	Soja ($\mu\text{mol TE/g}$)	Garbanzo ($\mu\text{mol TE/g}$)	Fréjol ($\mu\text{mol TE/g}$)
Actividad antioxidante	86,8	52,2	20,03

Fuente: (De Camargo et al., 2019), (Nadeem et al., 2019)

De Camargo et al. (2019), mencionan que el efecto antioxidante de la soja se asocia con sus isoflavonas. Esta actividad biológica se midió mediante el método de capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) (**Saracoglu, Ozturk, Yildiz, & Kucuker, 2017**), utilizando como estándar el trolox (análogo de la vitamina E) (**Yoshiara et al., 2018**). La tabla 15 muestra el resultado de actividad antioxidante de las isoflavonas de la soja (86,8 $\mu\text{mol TE/g}$), cuyo valor está por encima de los compuestos bioactivos de las otras semillas.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- En la actualidad aún existe un desconocimiento en la mayoría de la población con respecto a las propiedades y bondades que tiene la soja, es por ello que se ha recolectado información cualitativa y cuantitativa acerca de la composición nutricional y los compuestos bioactivos de la misma; con el fin de educar al consumidor y pueda considerar esta leguminosa como alimento de consumo habitual.
- Los valores de los macro y micronutrientes determina que la soja sobrepasa nutricionalmente a semillas de consumo habitual, ya que posee un buen perfil lipídico, alta cantidad y calidad de proteína con presencia de aminoácidos esenciales y bajo contenido de carbohidratos; en cuanto a las vitaminas y minerales, se ha encontrado en concentraciones significativas que ayudan a cubrir las necesidades diarias recomendadas, sobre todo en folatos, vitamina B_1 , vitamina B_2 , vitamina K, fósforo, magnesio, zinc y hierro.
- Se identificó algunos compuestos bioactivos presentes en la soja como las isoflavonas, péptidos y fitoesteroles. El conocimiento de estos compuestos permite reconocer los beneficios de esta leguminosa, ya que son responsables de diferentes actividades biológicas que influyen en la salud humana, razón por la cual se le considera un alimento multifuncional.
- Algunos componentes de la soja presentan actividades biológicas con resultados prometedores. Se evidencia actividad estrogénica por la presencia de isoflavonas, las

mismas que disminuyen los síntomas de la menopausia. Los péptidos muestran actividad antimicrobiana, inhibiendo el crecimiento de *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* y bajo ciertas condiciones la *L. monocytogenes*. También se destacan por su función antihipertensiva, anticancerígena y antitrombótica, regulando la presión arterial, impidiendo el crecimiento celular anormal y eliminando coágulos en sangre. Por otro lado, los fitoesteroles demostraron ser los responsables del efecto antiinflamatorio. Por último, la actividad antioxidante se debe a la presencia de isoflavonas, encargadas de atrapar radicales libres causantes de anomalías en biomoléculas. Los valores de las actividades antes mencionadas superan al resto de granos estudiados, convirtiendo a la soja en una alternativa natural para prevenir enfermedades crónicas no transmisibles.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFÍA

5.1 Bibliografía

- Abalos, E., Duley, L., Steyn, D. W., & Gialdini, C. (2018). Antihypertensive drug therapy for mild to moderate hypertension during pregnancy. *The Cochrane database of systematic reviews*, *10*(10), CD002252-CD002252. doi:10.1002/14651858.CD002252.pub4
- Abedi, E., & Sahari, M. A. (2014). Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food science nutrition*, *2*(5), 443-463.
- Abumweis, S., Marinangeli, C., Frohlich, J., & Jones, P. (2014). Implementación de fitoesteroles en la práctica médica como estrategia para reducir el colesterol: descripción general de la eficacia, efectividad y seguridad. *Can J Cardiol*, *30*(10), 1225-1232. doi:10.1016/j.cjca.2014.04.022
- Acevedo Martinez, K. A., Yang, M. M., & Gonzalez de Mejia, E. (2021). Technological properties of chickpea (*Cicer arietinum*): Production of snacks and health benefits related to type-2 diabetes. *Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety*.
- Anderson, G., & Frazer, D. (2017). Current understanding of iron homeostasis. *Am J Clin Nutr*, *106*(Suppl 6), 1559s-1566s. doi:10.3945/ajcn.117.155804
- Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M., Hamar, A., Khajehei, F., . . . Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the "Golden Grain" and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*, *9*(2). doi:10.3390/foods9020216
- Ariaza, T. (2014). Obtención de fracciones peptídicas de *Phaseolus vulgaris* L. y evaluación de su actividad biológica. Unidad profesional interdisciplinaria de biotecnología.
- Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos*: México, Pearson Educación.
- Baigent, C., Blackwell, L., Collins, R., Emberson, J., Godwin, J., Peto, R., . . . Meade, T. (2009). Aspirin in the primary and secondary prevention of vascular disease: collaborative meta-analysis of individual participant data from randomised trials. *Lancet*, *373*(9678), 1849-1860.

- Benavides Bolaños, G. A., & Recalde Centeno, J. M. (2011). *Utilización de okara de soya como enriquecedor en galletas integrales edulcoradas con panela y azúcar morena*. Universidad Técnica del Norte, Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/244/1/03%20AGI%20199%20TESIS.pdf>
- Brain, J. C. (2013). *Strategies for the removal of raffinose family oligosaccharides from navy bean flour: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Bioprocess Engineering at Massey University, Palmerston North, New Zealand*. Massey University, Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20398/1/apaGs-TESIS-FINAL.pdf>
- Brandwein, M., Bentwich, Z., & Steinberg, D. (2017). Endogenous antimicrobial peptide expression in response to bacterial epidermal colonization. *Frontiers in immunology*, 8, 1637.
- Cárdenas Mazón, N. V., Romero Machado, E. R., Salazar Yacelga, J. C., Cevallos Hermida, C. E., & Ruiz Ruiz, G. O. (2019). Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soya, y su aplicación en la elaboración de harinas. *La Ciencia al Servicio de la Salud*, 10(Ed. Esp.), 260-269.
- Castillejo Mejía, E., & Trujillo Pablo, C. (2021). Efecto antibacteriano in vitro del extracto acuoso de semillas de “Lupinus mutabilis Sweet”(Chocho) frente a la cepa de Escherichia coli ATCC 8739.
- Ccala Sucasaca, J., & Ramirez Carrasco, S. (2021). Identificación y Cuantificación de aminoácidos esenciales en Cicer arietinum L.“garbanzo” y Phaseolus lunatus L.“pallar” por Cromatografía Líquida de Alta Performance (HPLC).
- Chalid, S. Y., Hermanto, S., & Rahmawati, A. (2019). Angiotensin converting enzyme inhibitor activity of the soybean tempeh protein as functional food. *GEOMATE Journal*, 16(56), 73-78.
- Chen, F., Jiang, H., Gan, Y., Chen, W., & Huang, G. (2019). Optimization of hydrolysis conditions for obtaining antithrombotic peptides from Tenebrio molitor larvae. *Am J Biochem Biotechnol*, 15, 52-60.
- Cheng, G., Wilczek, B., Warner, M., Gustafsson, J. A., & Landgren, B.-M. (2007). Isoflavone treatment for acute menopausal symptoms. *Menopause*, 14(3), 468-473.
- Chito Trujillo, D. M., Ortega Bonilla, R. A., Ahumada Mamián, A. F., & Rosero López, B. (2017). Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) versus soja (Glycine max [L.] Merr.) en la nutrición humana: revisión sobre las características agroecológicas, de composición y tecnológicas. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(2), 184-198.

- Choi, Y., Yoon, H., Shin, M., Lee, Y., Hur, O., Lee, B., . . . Desta, K. (2021). Metabolite contents and antioxidant activities of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seeds of different seed coat colors. *Antioxidants (Basel)*, *10*(8). doi:10.3390/antiox10081210
- CLSI, C. a. L. S. I. (2015). *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests for Bacteria Isolated from Animals: CLSI Supplement VET01S; Replaces VET01-S2*: Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Connor, W. E. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American journal of clinical nutrition*, *71*(1), 171S-175S.
- De Bock, P., Daelemans, L., Selis, L., Raes, K., Vermeir, P., Eeckhout, M., & Van Bockstaele, F. (2021). Comparison of the Chemical and Technological Characteristics of Wholemeal Flours Obtained from Amaranth (*Amaranthus* sp.), Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Buckwheat (*Fagopyrum* sp.) Seeds. *Foods*, *10*(3). doi:10.3390/foods10030651
- De Camargo, A., Favero, B., Morzelle, M., Franchin, M., Alvarez Parrilla, E., De la Rosa, L., . . . Schwember, A. (2019). Is Chickpea a Potential Substitute for Soybean? Phenolic Bioactives and Potential Health Benefits. *Int J Mol Sci*, *20*(11). doi:10.3390/ijms20112644
- Emiroglu, Z. K., Yemis, G. P., Coskun, B. K., & Candogan, K. (2010). Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat science*, *86*(2), 283-288.
- Espinoza Gámez, F., Flores Lara, Y., & Lugo Sepúlveda, R. E. (2016). Comparación de la actividad antioxidante del extracto etanólico de espárrago, TBHQ y tocoferoles sobre aceite de soya utilizando el método Rancimat. *11*.
- Farfán López, C., & De Basilio, V. (2014). Desactivación del frijol integral de soya y su utilización en el alimento para engorde de cerdos.
- Frimpong, A. (2010). *A Study of Chickpea ('Cicer Arietinum'L.) Seed Starch Concentration, Composition and Enzymatic Hydrolysis Properties*. University of Saskatchewan, Recuperado de <https://sii.ecosur.mx/Content/ProductosActividades/archivos/31157/textocompleto.pdf>
- García, J. M. (2010). Restricción de la metionina en la dieta y aumento de la longevidad. *Encuentros En La Biol*, *3*(3), 61-63.
- Garcia Martinez, H. E., & Gomez Hernandez, J. A. (2013). *Propuesta para el consumo de Glycine max L (soya), cultivado en la comunidad nueva esperanza, jiquilisco usulután y tres alimentos derivados*. Universidad de El Salvador, Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56019542/Analisis_Bromatologico_proximal.pdf?1520709852=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalisis_Bromatologico_proximal.pdf&Expir

es=1617132524&Signature=D7IMjkLS1-T74ggRVfxyAeuJJYzlbMaTl4dd0Eb36uPWVg6h88N-R-TTqu43h2Zp4k4ZAn4qvN5fhMPW2XJvdol4DXdJzoiwJHJfDYvLMLmvi-FMS0r6OAAxz6-s6LdTM-cv9pCAsO6t5uMqWbP2wG2d40T1VEDRespPO2xGc4OpQjR7qxmraAj~yevjlc9SuWetYcH7wOWwoILa4l~2IQPiGqvkG~oJ8fSJt-rUZoY5AtbFGswXtRrokpkFyW5MmFFRSJVINsQYuErRGz7-00eob7GGPHzdA7tyhccIvfJoIOB23FNThvbKVHgoaiIYaIV66T6rJK99xqqSxMpKug__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

- Genova, J. L., Leal, I. F., Rupolo, P. E., dos Reis, L. E., & Barbosa, V. M. (2017). Aminoácidos limitantes na nutrição de suínos. *Revista Eletronica Nutritime, on line, Vicosa, 14(5)*, 7032-7045.
- González Cruz, L., Filardo Kerstupp, S., Juárez Goiz, J., Guemes Vera, N., & Aurea Bernardino, N. (2014). Características nutricionales del garbanzo. 135-147.
- González, M. d. R. A. (2012). *Evaluación de fitoesteroles en aceites de semillas de girasol modificadas genéticamente*. Universidad de Sevilla, Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2012aguirevalu.pdf
- Güçlü Üstündağ, Ö., & Mazza, G. (2007). Saponins: Properties, Applications and Processing. *Critical reviews in food science nutrition, 47(3)*, 231-258.
- Gupta, A., Savopoulos, C., Ahuja, J., & Hatzitolios, A. (2011). Role of phytosterols in lipid reduction: current perspectives. *QJM: An International Journal of Medicine, 104(4)*, 301-308.
- Guzmán Rodríguez, F., Gómez Ruiz, L., Rodríguez Serrano, G., Alatorre Santamaría, S., García Garibay, M., & Cruz Guerrero, A. (2019). Liberación de péptidos acarreadores de hierro yantitrombóticos durante la fermentación de leche con lactobacillus casei shirota. *Revista Mexicana de Ingeniería Química, 18(3)*, 1161-1165.
- Hagely, K. B., Palmquist, D., & Bilyeu, K. D. (2013). Classification of distinct seed carbohydrate profiles in soybean. *Journal of agricultural food chemistry, 61(5)*, 1105-1111.
- Hernández, & Sánchez Contreras, F. (2005). *Tratado de nutrición: Bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición: Acción Médica*.
- Hernández, A. S. A. (2019). *Aislamiento y evaluación de compuestos bioactivos con actividad antibacteriana in vitro de extractos metanólicos de Gracilaria vermiculophylla contra Vibrio parahaemolyticus*. Estatal de Sonora, Recuperado de <http://investigacionyposgrado.ues.mx/archivos/repositorio/07202019%20ALEGRIA%20HERNANDEZ.pdf>

- Herrera Castellón, E., & Jiménez Fernández, R. (2011). Componentes de la soja de interés en alimentación, nutrición y salud humana. In.
- INEC. (2012). *Producción de soya*. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.com/>
- INEC. (2015). *Cadenas alimentarias*. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/cadenas-agroalimentarias/>
- Jaime Echeverria, H. A. (2014). *Estudio de la densidad de población de tres variedades de soya glycine max l. iniap-307 iniap-308 iniap-jupiter 102-97*. Universidad Técnica de Machala, Recuperado de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1061/7/CD317_TESIS.pdf
- Jeanes, A. R. (1975). *Physiological Effects of Food Carbohydrates: A Symposium Co-sponsored by the Division of Carbohydrate Chemistry and the Division of Agricultural and Food Chemistry at the 168th Meeting of the American Chemical Society, Atlantic City, NJ, Sept. 11-12, 1974* (Vol. 168): ACS.
- Jimsheena, V., & Gowda, L. R. (2009). Colorimetric, high throughput assay for screening angiotensin I converting enzyme inhibitors. *Analytical chemistry*, 81(22), 9388-9394.
- Jin Taek, H., Chang Won, A., Hyun Jin, K., Kyung Ae, L., Ock Jin, P., & Dae Young, K. (2011). Black soybean peptide mixture purified from *Rhynchosia volubilis* exerts antioxidant activity against H₂O₂ induced cytotoxicity and improves thrombosis.
- Karak, P. (2019). Biological activities of flavonoids: An overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Research*, 10(4), 1567-1574.
- Kaur, K., Grewal, S., Gill, P., & Singh, S. (2019). Comparison of cultivated and wild chickpea genotypes for nutritional quality and antioxidant potential. *J Food Sci Technol*, 56(4), 1864-1876. doi:10.1007/s13197-019-03646-4
- Khrisanapant, P., Kebede, B., Leong, S., & Oey, I. (2019). A Comprehensive Characterisation of Volatile and Fatty Acid Profiles of Legume Seeds. *Foods*, 8(12). doi:10.3390/foods8120651
- Kim, E., Oh, S., Lee, S., Park, H., Kang, Y., Lee, G., . . . Lee, S. (2021). Comparison of the seed nutritional composition between conventional varieties and transgenic soybean overexpressing *Physaria* FAD3-1. *J Sci Food Agric*, 101(6), 2601-2613. doi:10.1002/jsfa.11028
- Kim, S. (2018). Competitive Biological Activities of Chitosan and Its Derivatives: Antimicrobial, Antioxidant, Anticancer, and Anti-Inflammatory Activities. *International journal of polymer science*, 2018.

- Kinfe, E., Singh, P., & Fekadu, T. (2015). Physicochemical and functional characteristics of desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Bodity, Ethiopia and sensory evaluation of boiled and roasted products prepared using chickpea varieties.
- Krizová, L., Dadáková, K., Kašparovská, J., & Kašparovský, T. (2019). Isoflavones. *Molecules*, *24*(6), 1076.
- Kumar, A., Palfrey, H., Pathak, R., Kadowitz, P., Gettys, T., & Murthy, S. (2017). The metabolism and significance of homocysteine in nutrition and health. *Nutrition metabolism*, *14*(1), 1-12.
- Kumar, V., Bhat, Z., Kumar, D., Bohra, P., & Sheela, S. (2011). In-vitro anti-inflammatory activity of leaf extracts of basella alba linn. var. alba. *Int J Drug Dev Res*, *3*(2), 176-179.
- Lammi, C., Aiello, G., Boschini, G., & Arnoldi, A. (2019). Péptidos multifuncionales para la prevención de enfermedades cardiovasculares: un nuevo concepto en el área de péptidos bioactivos derivados de alimentos. *Journal of Functional Foods*, *55*, 135-145.
- Lamus, M. P. C. (2013). Utilización de lectinas en la inhibición de la adhesión de *Pasteurella multocida*. *Revista de Medicina Veterinaria*(25), 93-107.
- Landi, N., Piccolella, S., Ragucci, S., Faramarzi, S., Clemente, A., Papa, S., . . . Di Maro, A. (2021). Valle Agricola Chickpeas: Nutritional Profile and Metabolomics Traits of a Typical Landrace Legume from Southern Italy. *Foods*, *10*(3). doi:10.3390/foods10030583
- Laurente Flores, Y. R. (2016). Obtención del concentrado protéico y determinación del perfil de aminoácidos de dos variedades de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).
- Leamy, L., Zhang, H., Li, C., Chen, C., & Song, B. (2017). A genome wide association study of seed composition traits in wild soybean (*Glycine soja*). *BMC genomics*, *18*(1), 18. doi:10.1186/s12864-016-3397-4
- Lee, Y. S., Han, S. H., Lee, S. H., Kim, Y. G., Park, C. B., Kang, O. H., . . . Shin, D. W. (2011). Synergistic effect of tetrandrine and ethidium bromide against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *The Journal of toxicological sciences*, *36*(5), 645-651.
- León, M., Castañeda, M., & Matos, A. (2017). Composición química e indicadores de calidad del frijol de soya (*Glycine max*) integral procesado con vapor para la alimentación de aves y cerdos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *67*(1), 49-55.

- Lledó, E. G., Palomera, F. A., & Jiménez, J. C. (2004). *Péptidos y la industria farmacéutica*. Paper presented at the Anales de la Real Sociedad española de química.
- Lobato, L. P., Iakmiu Camargo Pereira, A. E., Lazaretti, M. M., Barbosa, D. S., Carreira, C. M., Mandarino, J. M. G., & Grossmann, M. V. E. (2012). Snack bars with high soy protein and isoflavone content for use in diets to control dyslipidaemia. *International journal of food sciences nutrition*, 63(1), 49-58.
- Longvah, T., Annantan, I., Bhaskarachary, K., Venkaiah, K., & Longvah, T. (2017). *Indian food composition tables*: National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research Hyderabad.
- López López, H. (2007). Elaboración de galletas de trigo fortificadas con harina, aislado y concentrado de *Lupinus mutabilis*.
- López Luengo, M. (2010). Fitoestrógenos: eficacia y seguridad. *Ambito farmacéutico fitoterapia*, 29(3).
- Ma, Y., Wu, X., Giovanni, V., & Meng, X. (2017). Effects of soybean oligosaccharides on intestinal microbial communities and immune modulation in mice. *Saudi journal of biological sciences*, 24(1), 114-121.
- Martín Salinas, C., & López Sobaler, A. (2017). Beneficios de la soja en la salud femenina. *Nutrición Hospitalaria*, 34, 36-40.
- Mazón, N. V. C. (2019). Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soja, y su aplicación en la elaboración de harinas. *La Ciencia al Servicio de la Salud*, 10(Ed. Esp.), 260-269.
- Miadokova, E. (2009). *Isoflavonoids: una descripción general de sus actividades biológicas y posibles beneficios para la salud*. *Interdisc Toxicol.* 2 (4). 211–218.
- Miyashita, M., Akamatsu, M., Ueno, H., Nakagawa, Y., Nishimura, K., Hayashi, Y., & SaTo, Y. (1999). Structure activity relationships of rgd mimetics as fibrinogen receptor antagonists. *Bioscience, biotechnology, biochemistry*, 63(10), 1684-1690.
- Moradi, M., Daneshzad, E., & Azadbakht, L. (2020). The effects of isolated soy protein, isolated soy isoflavones and soy protein containing isoflavones on serum lipids in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Critical reviews in food science nutrition*, 60(20), 3414-3428.
- Morales Manzano, A. L. (2018). *Determinación de la actividad antiinflamatoria y antimicrobiana en concentrados e hidrolizados proteicos de quinua (Chenopodium quinoa Willd) variedad Tunkahuan y fréjol rojo moteado (Phaseolus vulgaris L.)*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...,

- Recuperado de
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29131/1/AL%20696.pdf>
- Morán Caicedo, I., Mejía Gonzales, A., & Beltrán Castro, F. (2019). Industrialización del cultivo de soya. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*(noviembre).
- Moreano Pilatasig, M. M. (2015). *Determinación de azúcares reductores y su relación con carbohidratos no absorbidos en niños (a) del centro de educación inicial “María Montessori” del cantón Latacunga en el período 2014-2015*. Universidad Técnica de Ambato, Recuperado de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10569/1/TESIS%20MAYRA%20MOREANO%20\(1\).pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10569/1/TESIS%20MAYRA%20MOREANO%20(1).pdf)
- Moreno, N. M., Luciano, G. A., & Rodríguez, J. C. G. (2017). Huasteca 600: soya variety for the south of Tamaulipas.
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380.
- Nadeem, M. A., Gündogdu, M., Ercisli, S., Karakoy, T., Saracoglu, O., Habyarimana, E., . . . Baloch, F. S. (2019). Uncovering Phenotypic Diversity and DArTseq Marker Loci Associated with Antioxidant Activity in Common Bean. *Genes (Basel)*, 11(1). doi:10.3390/genes11010036
- Naranjo Coello, I. E., & Rodríguez Troya, A. V. (2017). *Determinación del porcentaje de remoción de Oligosacáridos (Rafinosa) en harina de arvejas secas (Pisumsativum)*. Universidad de Guayaquil, Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20398/1/apaGs-TESIS-FINAL.pdf>
- Navarro Despaigne, D. A. (2001). Fitoestrógenos y su utilidad para el tratamiento del síndrome climatérico. *Revista cubana de endocrinología*, 12(2), 0-0.
- Neira Quezada, A. M. (2021). *Análisis bromatológico de la harina de soya*. Recuperado de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16978/1/E-12172_NEIRA%20QUEZADA%20ANGIE%20MISHEL.pdf
- Noboa Auz, M. (2013). *Determinación de la aceptación del consumo de productos derivados de soya en el sector norte en la ciudad de Guayaquil* Universidad de especialidades espíritu santo Recuperado de <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/163/1/Tesis%20Marjorie%20Noboa%20Auz.pdf>
- Orosco Condori, E. A. (2013). *Actividad biológica de péptidos de amaranto obtenidos por acción de microorganismos*. Universidad Nacional de La Plata, Recuperado de

- Rayaprolu, S., Hettiarachchy, N., Horax, R., Phillips, G., Mahendran, M., & Chen, P. (2017). Soybean peptide fractions inhibit human blood, breast and prostate cancer cell proliferation. *Food Sci Technol*, 54(1), 38-44. doi:10.1007/s13197-016-2426-2
- Read, S., Obeid, S., Ahlenstiel, C., & Ahlenstiel, G. (2019). The role of zinc in antiviral immunity. *Adv Nutr*, 10(4), 696-710. doi:10.1093/advances/nmz013
- Riaz, A., Rasul, A., Hussain, G., Zahoor, M. K., Jabeen, F., Subhani, Z., . . . Selamoglu, Z. (2018). Astragalin: A Bioactive Phytochemical with Potential Therapeutic Activities. *Advances in pharmacological sciences*, 2018.
- Roberfroid, M. (2007). Prebiotics: the concept revisited. *The Journal of nutrition*, 137(3), 830S-837S.
- Rodríguez Hernández, D. (2020). *Compuestos bioactivos de la soja: Antinutrientes y reguladores*. Universidad de Valladolid, Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42208/TFG-M-N2029.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saedisomeolia, A., & Ashoori, M. (2018). Riboflavin in human health: a review of current evidences. *Advances in food nutrition research*, 83, 57-81.
- Sánchez López, F. (2021). *Identificación de péptidos bioactivos en fracciones proteicas de Amaranthus hypochondriacus hidrolizadas por bacterias lácticas*. Instituto Tecnológico de Veracruz, Recuperado de <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/1614/1/2021%20FabiolaS%c3%a1nchezL%c3%b3pez%20.pdf>
- Saracoglu, O., Ozturk, B., Yildiz, K., & Kucuker, E. (2017). Pre-harvest methyl jasmonate treatments delayed ripening and improved quality of sweet cherry fruits. *Scientia Horticulturae*, 226, 19-23.
- Sarfraz, I., Rasul, A., Jabeen, F., Younis, T., Zahoor, M. K., Arshad, M., & Ali, M. (2018). Astragalin: A Bioactive Phytochemical with Potential Therapeutic Activities. *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*.
- Shahzad, R., Shehzad, A., Bilal, S., & Lee, I. (2020). Bacillus amyloliquefaciens RWL-1 as a New Potential Strain for Augmenting Biochemical and Nutritional Composition of Fermented Soybean. *Molecules*, 25(10). doi:10.3390/molecules25102346
- Singh, D., Vij, S., & Singh, B. P. (2016). Antioxidative and antimicrobial activity of whey based fermented soy beverage with curcumin supplementation. *J Indian J. Dairy Sci*, 69(2), 171-177.

- Solano, G., Fonseca, R., & Santiesteban, R. (2012). Proteína, aminoácidos y grasa en el grano de variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merry) cultivadas en el oriente de Cuba. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19(4).
- Solórzano Castro, B. M. (2019). *Estudio de tres fuentes de proteína vegetal, Lens culinaris (Lenteja), Cicer arietinum (Garbanzo) y Glycine max (Soja) en sustitución parcial de la proteína animal para la elaboración de embutidos de pasta fina (salchicha tipo vienesa)*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo Recuperado de https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3785/3/T-UTEQ-0036.pdf?fbclid=IwAR1WlQcepF85140O-U17P8D9DEuzyiFe4_13O09tMNarB-Q14JREIN1SlxY
- Teniente Martínez, G. (2019). *Caracterización bioquímica y evaluación biológica de los péptidos bioactivos de dos variedades de frijol ayocote (Phaseolus coccineus L.)*. Recuperado de <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/448/1/Teniente-%20Martinez%20Gerardo.pdf>
- Thomas, A. J., Ismail, R., Taylor Swanson, L., Cray, L., Schnall, J. G., Mitchell, E. S., & Woods, N. F. (2014). Effects of isoflavones and amino acid therapies for hot flashes and co occurring symptoms during the menopausal transition and early postmenopause: a systematic review. *Maturitas*, 78(4), 263-276.
- Valencia Ramírez, R. (2016). *Origen, taxonomía y morfología de la soya*.
- Venereo Gutiérrez, J. R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de medicina militar*, 31(2), 126-133.
- Villacís Samaniego, M. E. (2012). *Elaboración y Evaluación Nutricional de una Bebida Proteica para Infantes a Base de Lactosuero y Leche de Soya*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Recuperado de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/1583/1/56T00264.pdf>
- Villarreal Méndez, D. J. (2019). *“Inclusión de cuatro aminoácidos esenciales (Lisina, Metionina, Treonina, Triptófano) en un programa de alimentación forraje balanceado para el engorde de cuyes (Cavia porcellus)*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6553/IAIomej.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Westmark, C. (2016). Soy-Based Therapeutic Baby Formulas: Testable Hypotheses Regarding the Pros and Cons. *Front Nutr*, 3, 59. doi:10.3389/fnut.2016.00059
- Wu, J., Shi, C., & Zhang, H. (2005). Genetic analysis of embryo, cytoplasmic, and maternal effects and their environment interactions for protein content in *Brassica napus* L. *Australian journal of agricultural research*, 56(1), 69-73.

- Wu, L., Wang, A., Shen, R., & Qu, L. (2020). Effect of processing on the contents of amino acids and fatty acids, and glucose release from the starch of quinoa. *Food Science Nutrition*, 8(9), 4877-4887.
- Yada, R. (2002). *Design of a high-potency antihypertensive peptide based on ovokinin*: Woodhead Publishing.
- Yoshiara, L. Y., Mandarino, J. M. G., Carrão Panizzi, M. C., Madeira, T. B., Da Silva, J. B., De Camargo, A. C., . . . Ida, E. I. (2018). Germination changes the isoflavone profile and increases the antioxidant potential of soybean. *Journal of Food Bioactives*, 3, 144-150.
- Zhang, Zhou, F., Zhao, M., Ning, Z., Sun Waterhouse, D., & Sun, B. (2017). Soy peptide aggregates formed during hydrolysis reduced protein extraction without decreasing their nutritional value. *Food function* 8(12), 4384-4395.
- Zheng, Y., Wang, X., Zhuang, Y., Li, Y., Tian, H., Shi, P., & Li, G. (2019). Isolation of novel ACE inhibitory and antioxidant peptides from quinoa bran albumin assisted with an in silico approach: characterization, in vivo antihypertension, and molecular docking. *Molecules*, 24(24). doi:10.3390/molecules24244562
- Zúñiga Quispe, C. (2014). Efecto de la temperatura expandido sobre la concentración de aminoácidos esenciales en granos de amaranthus caudatus (kiwicha), variedad oscar blanco.