



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



Análisis nutricional y actividades biológicas de compuestos bioactivos derivados del
chocho (*Lupinus Mutabilis*)

Trabajo de Titulación, Modalidad 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: Allison Adriana Arellano Martínez

Tutor: Ing. Rubén Vilcacundo Chamorro PhD

Ambato - Ecuador

Marzo - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro, 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, 05 de Febrero del 2022

Ing. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

C.I. 1802738102

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Allison Adriana Arellano Martínez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Allison Adriana Arellano Martínez

C.I 171853380-3

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritores 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:

MSc. Liliana Patricia Acurio Arcos
C.I. 180406708-8

Dra. Jacqueline De Las Mercedes Ortiz Escobar
C.I. 180217135-3

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar, PhD
C.I. 0501873954

Ambato, 22 de Marzo del 2022

DERECHOS DE 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 y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

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



Allison Adriana Arellano Martínez

C.I 171853380-3

AUTORA

DEDICATORIA

A mis queridos padres, a mis hermanos, mi querida tía y mi adorada abuelita, que siempre han estado a mi lado apoyándome y me han ayudado a convertir en la mujer que soy.

A mis seres queridos que tuvieron que partir antes de hora, gracias por cuidar de mi desde el cielo.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a Dios por permitirme terminar mis estudios de la mano de mis seres queridos, en estos momentos críticos que atraviesa el mundo.

A mis padres Arturo y Cecilia que con amor y sacrificio me apoyaron para culminar mis estudios, por la confianza que depositaron en mí y sobre todo por siempre estar en los momentos más difíciles de mi vida, gracias papitos.

A mis hermanos Andrés, Karen y a mi primo Dylan por ser mi mayor inspiración para seguir adelante, por su complicidad y lealtad.

A mi tía Paulina, por cada consejo de vida y profesional. A mi querida abuelita, por siempre confiar en mí, por cada abrazo y por tener listas esas tortillas de verde cada que regresaba a casa.

A mi esposo Michael, por la paciencia, el amor y apoyo, que me ha brindado durante este tiempo, gracias por no dejarme sola en los momentos difíciles.

A mi tío Aníbal y mi abuelita Susana, que por cosas del destino tuvieron que partir antes de hora, gracias por su amor, sus consejos y sobre todo gracias por seguir cuidando de mí.

A la Universidad Técnica de Ambato por los momentos vividos en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología durante estos 5 años de carrera universitaria, a mis maestros por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas.

A mi mejor amiga Maribel por su apoyo, su cariño y por cada consejo tanto en la vida estudiantil, personal y ahora profesional. A mis amigas de clases Vale, Flor y Naty, que grato fue empezar y terminar la carrera junto a ustedes, gracias por su cariño y amistad.

A mi tutor y maestro, Doctor Rubén Vilcacundo, por su tiempo, dedicación, conocimientos y sus experiencias.

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE GRÁFICOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPITULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Justificación.....	1
1.2. Antecedentes Investigativos	2
1.2.1. Lupino	3
1.2.2. Taxonomía.....	3
1.2.3. Valor nutricional	4
1.2.3.1. Proteínas	5
1.2.3.2. Aminoácidos.....	5
1.2.3.3. Péptidos Bioactivos	7
1.2.3.4. Lípidos	8
1.2.3.5. Ácidos Grasos.....	8
1.2.3.6. Carbohidratos	8
1.2.3.7. Fibra.....	9
1.2.3.8. Minerales	9
1.2.3.9. Vitaminas.....	9
1.2.4. Compuestos bioactivos del chocho	10
1.2.4.1. Polifenoles	10

1.2.4.2.	Fitoesteroles.....	11
1.2.4.3.	Carotenoides	11
1.2.4.4.	Tocoferoles	12
1.2.4.5.	Fenoles.....	12
1.2.4.6.	Alcaloides	12
1.2.5.	Actividades Biológicas.....	13
1.2.5.1.	Capacidad Antioxidante	13
1.2.5.2.	Capacidad Anticancerígena.....	14
1.2.5.3.	Capacidad Antimicrobiana	14
1.2.5.4.	Capacidad antidiabética.....	14
1.3.	OBJETIVOS	15
1.3.1.	Objetivo General	15
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	15
CAPITULO II		16
2.	METODOLOGÍA	16
2.1.	Definición del problema	16
2.2.	Búsqueda de la información	16
2.3.	Organización de la información.....	17
2.4.	Análisis de la información	17
CAPÍTULO III.....		18
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1.	Composición nutricional	18
3.1.1.	Proteínas.....	18
3.1.2.	Aminoácidos	20
3.1.3.	Lípidos	22
3.1.4.	Ácidos grasos	22
3.1.5.	Carbohidratos.....	24
3.1.6.	Fibra	25
3.1.7.	Minerales.....	26
3.1.8.	Vitaminas	27
3.2.	COMPUESTOS BIOACTIVOS	29
3.2.1.	Polifenoles.....	29
3.2.2.	Fitoesteroles	30
3.2.3.	Tocoferoles.....	31

3.2.4.	Carotenoides.....	33
3.2.5.	Alcaloides.....	33
3.3.	ACTIVIDADES BIOLÓGICAS	34
3.3.1.	Actividad Antioxidante	35
3.3.2.	Actividad anticancerígena.....	36
3.3.3.	Actividad Antimicrobiana.....	38
3.3.4.	Actividad Antidiabética	39
CAPITULO IV.....		40
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
4.1.	CONCLUSIONES.....	40
4.2.	RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA.....		42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la semilla de chocho y otras semillas	18
Tabla 2. Comparación de proteína presente en las diferentes especies de lupinus ...	19
Tabla 3. Comparación de los aminoácidos presentes en las especies de lupinus	20
Tabla 4. Contenido de aminoácidos en chocho, soya, frejol y maní	21
Tabla 5. Ácidos grasos en las diferentes especies de lupinus.....	23
Tabla 6 Comparación de la cantidad de carbohidratos en las especies de lupinus....	24
Tabla 7. Composición de los carbohidratos presentes en el <i>lupinus mutabilis</i>	25
Tabla 8. Comparación de la cantidad de fibra presente en las especies de lupinus...	25
Tabla 9. Minerales presentes en las especies de lupinus	26
Tabla 10. Composición mineral de cotiledones y tegumento de la semilla de lupinus	27
Tabla 11. Contenido de vitaminas en la semilla de <i>lupinus mutabilis</i>	27
Tabla 12. Compuestos fenólicos totales (equivalentes de ácido gálico) de las semillas de altramuza.....	30
Tabla 13. Contenido de esteroides en diferentes tipos de aceites.....	30
Tabla 14. Contenido de fitoesteroides durante 9 días de germinación.....	31
Tabla 15. Contenido de tocoferoles expresado en mg/100 g de semilla	32
Tabla 16. Contenido de tocoferoles en diferentes tipos de aceites.....	32
Tabla 17. Contenido de carotenoides en las especies de lupinus	33
Tabla 18. Principales alcaloides del chocho.....	34
Tabla 19. Contenido de alcaloides en las diferentes especies de Lupinus	34
Tabla 20. Actividad antioxidante contenida en las distintas especies de lupinus.....	35
Tabla 21. Citotoxicidad del <i>lupinus mutabilis</i> frente varias líneas celulares	37
Tabla 22. Actividad mutagénica de compuestos fenólicos extraídos del <i>lupinus mutabilis</i> contra el 1-nitropireno en cepas de Salmonella.....	37
Tabla 23. La actividad antibacteriana de los extractos obtenidos de diferentes especies de lupinus contra E.Coli y Bacillus S.....	38
Tabla 24. Reducción de glucosa e insulina por efecto del <i>lupinus mutabilis</i>	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta y semilla de lupinos	4
Figura 2 Aminoácidos estándar.....	7
Figura 3. Principales polifenoles presentes en las especies de lupinus.....	11
Figura 4. Estructura de los alcaloides del chocho	13

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Comparativo proteico entre el chocho, la soya y el frejol.....	19
Gráfico 2 Composición proteica de la harina integral de chocho, maíz y quinua	20
Gráfico 3. Contenido de ácidos grasos insaturados en chocho, soya y maní	23
Gráfico 4. Comparativo nutricional entre el chocho y la soya	26
Gráfico 5. Contenido de vitaminas presentes en la semilla de soya y chocho	28
Gráfico 6. Comparación de compuestos bioactivos del grano de chocho, frejol negro y soya.....	29
Gráfico 7. Relación de los coeficientes de actividad antioxidante de distintos extractos mediante etanol frio y caliente.....	36

RESUMEN

El choco conocido científicamente como *Lupinus Mutabilis* es la especie de leguminosa predominante en América Latina, su calidad nutricional y biológica depende de factores como la zona geográfica, la especie, las condiciones a las que se somete el grano entre otras. Se considera una matriz alimenticia rica en macro y micro nutrientes, sobresaliendo la proteína con un 44,3 por ciento superior a la soya y el frejol; posee todos los aminoácidos esenciales, entre los más abundantes esta la leucina y lisina; también contiene aminoácidos no esenciales como el ácido glutámico, importante desde el punto de vista fisiológico ya que ayuda a proteger el tracto gastrointestinal. A pesar de no ser una oleaginosa el chocho tiene un aceptable contenido de lípidos, predominando los ácidos grasos insaturados omega 3, 6 y 9. Presenta un 32,9 por ciento de carbohidratos, alto contenido de fibra ubicada en la cáscara, su importancia radica en la capacidad saciante que ayuda al control de la obesidad y estreñimiento. Entre los minerales abundantes en el grano se encuentra el calcio (Ca), potasio (K), hierro (Fe) y magnesio (Mg). Sus compuestos bioactivos como polifenoles, fitoesteroles, tocoferoles, carotenoides y alcaloides presentan diferentes actividades biológicas (antioxidante, anticancerígena, antimicrobiana y antidiabética), cuyos mecanismos de acción previenen enfermedades crónicas no transmisibles. A pesar de ser un alimento completo y tener grandes utilidades a nivel tecnológico, es poco conocido, es por esto, que el objetivo de esta revisión bibliográfica es dar a conocer su importancia nutricional y biológica, para promover su ingesta y utilización.

Palabras claves: Investigación bibliográfica, compuestos nutricionales, compuestos bioactivos, actividades biológicas, tratamientos.

ABSTRACT

The chocho scientifically known as *Lupinus Mutabilis* is the predominant species in Latin America, its nutritional and biological quality depends on different factors such as the geographical area, the species, the conditions to which the grain is subjected, among others. However, despite all this, it is considered a food matrix rich in macro and micro nutrients, as is the case of protein with 44.3 percent higher than soybeans and beans; it has all the essential amino acids among the most abundant is leucine and lysine; Its non-essential amino acid content also plays an important role, as is the case of glutamic acid that helps protect the gastrointestinal tract and stomach. Despite not being an oilseed, lupine has a high lipid content, predominantly omega 3, 6 and 9 unsaturated fatty acids. It contains 32.9 percent carbohydrates, with a high fiber content, located in the shell, covers importance for its ability to satiate, preventing obesity and constipation. Among the abundant minerals in the grain are calcium (Ca), potassium (K), iron (Fe) and magnesium (Mg). Its bioactive compounds such as polyphenols, phytosterols, tocopherols, carotenoids and alkaloids encompass antioxidant, anticancer, antimicrobial and antidiabetic biological activities, preventing chronic non-communicable diseases. Despite being a complete food and having great uses at a technological level, it is little known, which is why the objective of this bibliographic review is to make known its nutritional and biological importance, to promote its intake and use.

Keywords: Bibliographic research, nutrition, biological activities, bioactive compounds, plant proteins, Andean foods, chocho chocho.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Justificación

La Región Andina se destaca por su variedad en cultivos andinos, considerados una fuente importante de nutrientes y son utilizados para mejorar la alimentación de la población (Apaza & Ahumada, 2019), siendo los de mayor importancia en Ecuador la quinua, amaranto y el chocho (Villacrés, Cuadrado, & Falconí, 2013).

Una de las leguminosas que ha cobrado importancia tanto en el ámbito nutricional como alimenticio es el chocho (Ramírez, 2018), que debido a su alto contenido de proteína y ácidos grasos, es conocido como la soya andina, convirtiéndolo en una excelente fuente de nutrición humana y animal (INIAP, 2018). La semilla de chocho es una fuente importante de metabolitos primarios y secundarios, sus características fisicoquímicas varían de acuerdo a las condiciones ambientales y la zona de cultivo (Ortega, Rodríguez, David, & Zamora, 2010).

Existen alrededor de 300 especies de chocho (*lupinus*), cuatro de estas especies son de interés científico y agrícola por su alto contenido en proteínas y ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (Carvajal, Linnemann, Nout, & Van, 2016) como: *L. luteus*, *L. albus*, *L. angustifolius*, pertenecientes a la zona europea y *L. mutabilis* propio de la zona andina de América del Sur (Gresta et al., 2017).

Según la FAO (2016) el chocho tiene 51% de proteína, 21,9% de grasa, 13% fibra, 3,23 % de alcaloides, 0,37% calcio, 0,6% de hierro y 0,3% de zinc, cabe mencionar que debido a su alto contenido de alcaloides el chocho debe pasar por un proceso térmico para eliminar parcialmente su fracción y evitar una intoxicación (Yáñez, 2017), además el *lupinus* contiene compuestos bioactivos tales como fenoles, tocoferoles y carotenoides que juntos juegan un papel importante en sus actividades biológicas (Ranilla, Genovese, & Lajolo, 2010).

Los nutrientes y compuestos bioactivos del chocho presentan diversos beneficios para el ser humano previniendo enfermedades como cáncer, disminución de índice glicémico, cálculos renales, entre otras (**Arnoldi, Boschín, Zanoni, & Lammi, 2015**), gracias a sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antimicrobianas y antidiabéticas (**Ranilla, Genovese, & Lajolo, 2010**).

La presente investigación servirá como base de información sobre la composición nutricional y los beneficios de los compuestos bioactivos presentes en el *Lupinus Mutabilis*.

1.2. Antecedentes Investigativos

Según la **FAO (2016)**, la producción de chocho en Sudamérica se concentra desde Ecuador hasta Chile y el noreste de Argentina, esta leguminosa junto con otros cultivos andinos, jugaron un papel importante en la alimentación de la población indígena; antes de la conquista española (**Peralta, 2016**).

Ecuador ha experimentado en los últimos años cambios en las condiciones agroalimentarias, asociándolo con un consumo de tendencia occidental, lo que ocasiona un decrecimiento en la ingesta de alimentos andinos tradicionales como el chocho, camote, quinua, oca, etc., (**Horton, 2014**). Gracias al programa de recuperación de cultivos andinos dirigido por el INIAP desde 2001 (**Berti, Villacrés, Segovia, Mazon, & Peralta, 2013**), en promedio en el país se consume 8 kilos de chocho anuales por persona ya sea por sus propiedades gastronómicas o nutricionales, pero a pesar de esto se conoce muy poco sobre las actividades biológicas de sus compuestos bioactivos.

1.2.1. Lupino

El Lupino es una leguminosa que se cultiva entre los 2.800 y 3.500 m.s.n.m con un tiempo de cosecha de 180 a 240 días (**Peralta, Murillo, & Mazón, 2014**), reconocida por su alto contenido de nutrientes siendo los más representativos la proteína y los ácidos grasos (**Suca, 2015**).

Actualmente la mayor producción se encuentran en Ecuador, Perú y Bolivia, en estas zonas la planta soporta condiciones adversas, como plagas, sequías y heladas. Además, muchos agricultores la usan como fungicida para cuidar sus sembríos, por su alto contenido de alcaloides (**Ortega et al., 2010**).

1.2.2. Taxonomía

Según **CABI, (2019)** la taxonomía del chocho es la siguiente:

- **Dominio:** Eucariota
- **Reino:** Plantae
- **División:** Espermatofitas
- **Sub-división:** Angiosperma
- **Clase:** Dicotiledóneas
- **Sub-clase:** Arquiclamídeas
- **Orden:** Rosales
- **Familia:** Leguminosas
- **Género:** Lupinus
- **Nombre Común:** Tarwi, tahuri, altramuz, chocho



Figura 1. Planta y semilla de lupinos (Peralta, 2016)

1.2.3. Valor nutricional

El chocho contiene cantidades adecuadas de nutrientes, uno de ellos es la proteína que al combinarlo con algunos cereales en la dieta diaria; logra la complementación de aminoácidos, llegando su valor proteico a ser comparable con los alimentos de origen animal como la carne y derivados de la leche (Castañeda, Manrique, Muñoz, Ramos, & Martínez, 2018).

Posee un elevado contenido de aceites (18-22%), en el que predominan los ácidos grasos no saturados: oleico, linoleico, linolénico. El consumo suficiente de estos ayuda al desarrollo óptimo del sistema nervioso central y crecimiento corporal (Suca, 2015).

La fibra localizada en la cáscara del chocho ya desamargado es de 10,37% y cumple la función de saciar, lo que ayuda a prevenir la obesidad, el estreñimiento y compresión en el tracto intestinal (Villarino, Jayasena, Coorey, Chakrabarti, & Johnson, 2015). Además, la cáscara es una fuente valiosa de calcio con una concentración promedio de 0,48% y una concentración de fosforo de 0,43%, donde el equilibrio calcio-fosforo es importante ya que un exceso de este mineral provoca que el fosfato de calcio no sea absorbido por el organismo (Santana, 2017).

El hierro sobresale de entre los minerales que posee el chocho por su importancia en la producción de hemoglobina y transporte de oxígeno en la sangre, además el chocho es una fuente rica en vitaminas B2 y B3 fundamentales en el proceso de transformación de vitaminas y absorción de proteínas (**Larenas, 2013**).

1.2.3.1. Proteínas

La molécula de proteína está conformada de aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos, la unión de un bajo número de aminoácidos da lugar a un péptido, si el número de aminoácidos es mayor a 10 se conoce como polipéptido y si la unión es superior a 20 aminoácidos se habla de una proteína (**Gálvez, Flores, & Amelia, 2016**).

Las proteínas son parte esencial de todos los organismos, ya que desempeñan varias funciones como regulación metabólica, transporte, defensa y la catálisis de reacciones en beneficio del organismo, esto gracias a la posibilidad de combinación de aminoácidos (**McKee, 2014**).

Las proteínas poseen un papel fundamental en la nutrición; por su aporte de nitrógeno y aminoácidos, en el lupinus el contenido de proteína varía de acuerdo a su proceso de elaboración, es así que el *lupinus mutabilis* presenta 47% de proteína en su estado natural (amargo) y 54,05% ya procesado (desamargado) (**Falconí, Núñez, & Toscano, 2019**). Esto se debe a la eliminación de la fracción de alcaloides.

1.2.3.2. Aminoácidos

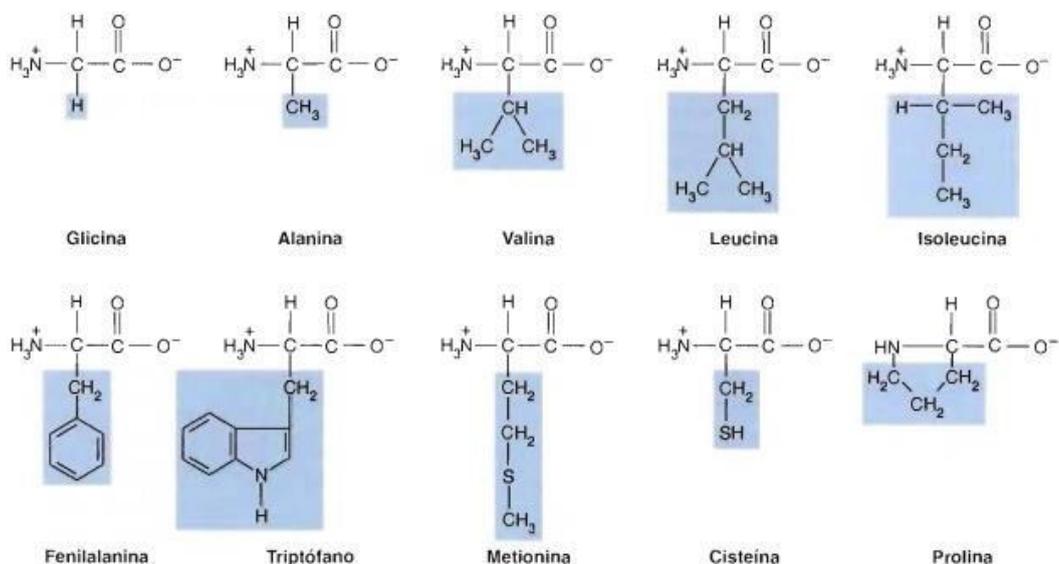
Son la unidad más simple de las proteínas, contienen un código genético en el que se encuentran codificados los 20 α - aminoácidos, la unión de varios de estos conforman los péptidos, los cuales al alcanzar altos pesos moleculares se denominan proteínas (**Gálvez, Flores, & Amelia, 2016**).

Los aminoácidos están formados por un grupo amino (NH₂) un grupo carboxilo (COOH), unidos a un carbono central y una cadena lateral que difiere según el aminoácido (**Devlin, 2015**).

En la figura 2 se muestra cómo se comporta la estructura de los aminoácidos en el pH celular. El grupo amino ($-\text{NH}_2$) acepta un protón hasta convertirse en ($-\text{NH}_3^+$) y el grupo carboxilo dona un protón convirtiéndose en $-\text{COO}^-$ disociado.

Los aminoácidos se agrupan dependiendo de las propiedades de sus cadenas laterales, es así como los aminoácidos apolares son hidrófobos mientras que los polares son hidrófilos. Los aminoácidos ácidos tienen en su cadena lateral el grupo carboxilo que al disociarse en el pH celular tiene carga negativa, mientras que los aminoácidos básicos tienen un grupo amino el cual se disocia en el pH celular otorgándole una carga positiva. Tanto aminoácidos ácidos como básicos son hidrófilos (McKee, 2014).

Aminoácidos neutros apolares



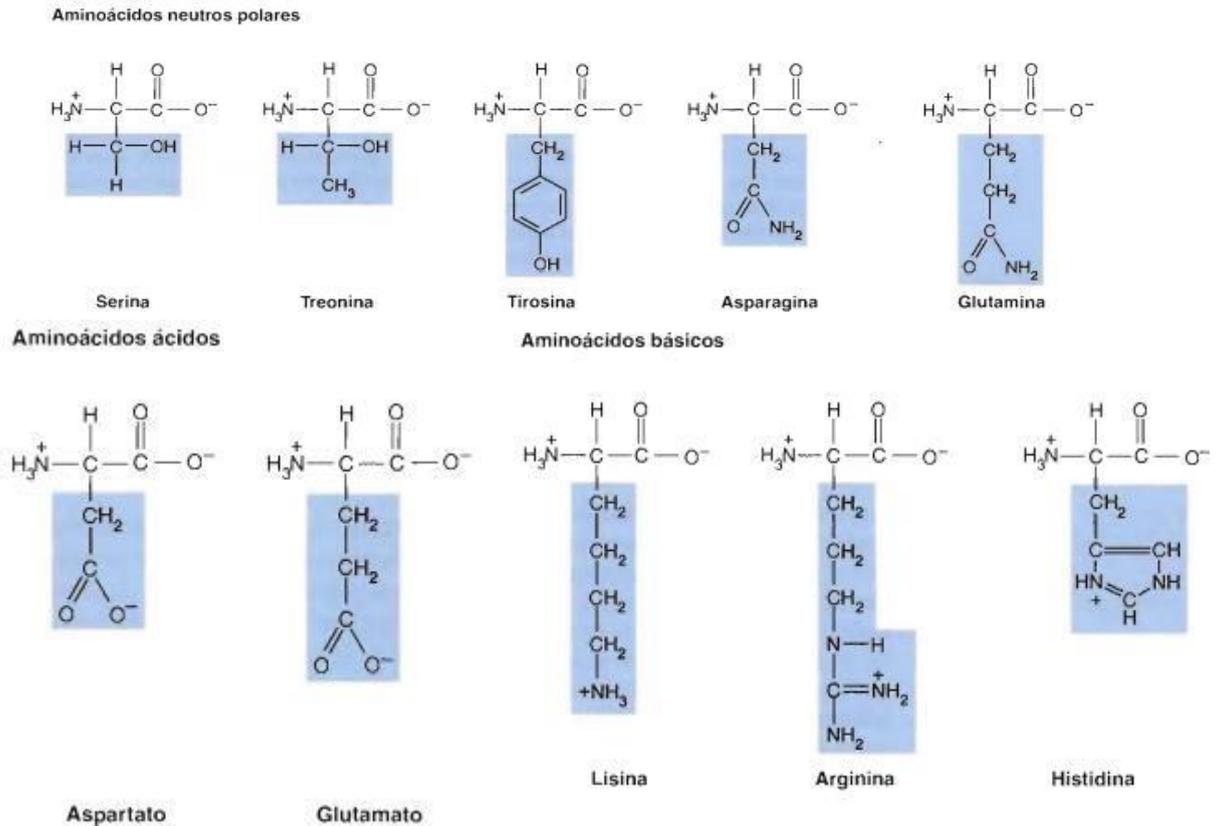


Figura 2. Aminoácidos estándar (McKee, 2014)

El chocho posee las cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales como lisina y leucina, sin embargo su nivel de aminoácidos azufrados es bajo como es el caso de la metionina (Guerra & Pozo, 2018).

1.2.3.3. Péptidos Bioactivos

Los péptidos bioactivos contienen de 2 a 20 residuos de aminoácidos, sin embargo, existe la lunasina formada por 43 aminoácidos con actividad anticancerígena (Bhat, Kumar, & Bhat, 2015).

(Segura, Chel, & Betancur, 2013) menciona que numerosos estudios demuestran que cualquier proteína sin importar el origen, puede generar péptidos con actividad biológica, los cuales son seguros y mejor absorbidos en el tracto gastrointestinal, además causan menores reacciones que los fármacos (Agyei & Danquah, 2011).

1.2.3.4. Lípidos

Los lípidos están constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno, son los compuestos nutricionales con mayor interés tecnológico después de las proteínas, el *lupinus mutabilis* contiene mayor porcentaje de lípidos en comparación con las demás especies (**Zabaleta, 2018**).

Según (**Carvajal et al., 2016**) los lípidos presentes en la semilla son de muy buena calidad ya que del 3 al 14% son ácidos grasos esenciales, lo que lo ha llevado a posicionarse como un alimento funcional y de importancia tecnológica, en este caso, como aceite.

1.2.3.5. Ácidos Grasos

Son biomoléculas lineales formadas por uniones de moléculas de carbono e hidrógeno con un grupo carboxilo en un extremo, se clasifican por el número de insaturaciones, en saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (**Martorell, 2013**).

Los ácidos grasos que se destaca en la semilla del chocho son: linoleico, oleico y en bajas concentraciones el ácido linolénico, el cual disminuye los niveles de estrés oxidativo y colesterol (**Trino, Torres, Gonzáles, Miranda, & Dávalos, 2017**). También se encuentra en bajas concentraciones los ácidos grasos saturados como el palmítico y esteárico (**Arias, 2015**).

1.2.3.6. Carbohidratos

Los carbohidratos contenidos en el lupinus, poseen altos niveles de polisacáridos solubles e insolubles, donde el contenido de almidón y sacarosa es relativamente bajo comparado con otros oligosacáridos como la rafinosa y verbascosa, los cuales son eliminados durante la eliminación de alcaloides (**Quispe, 2019**).

1.2.3.7. Fibra

La fibra es la parte estructural de la pared celular y le confiere rigidez y firmeza a los vegetales, en su estructura tiene presente sustancias no digeribles como celulosa, hemicelulosa, pectinas y ligninas (**Villacrés et al., 2013**).

La fibra alimentaria ubicada en la cáscara del chocho, tiene gran importancia debido a su efecto de saciedad ayudando así al tracto intestinal, en la cáscara se encuentra entre un 58 y 88% mientras que el cotiledón se encuentra alrededor del 2% (**Ortega et al., 2010**).

1.2.3.8. Minerales

Los minerales son sustancias orgánicas que pueden encontrarse disueltas en nuestro organismo, entre sus funciones está la de regular los procesos metabólicos de las funciones de diversos tejidos (**Mártinez, 2016**).

Existen diferentes minerales presentes en el chocho como calcio, hierro y fósforo, los cuales ayudan al crecimiento de huesos y dientes, mantenimiento del sistema óseo, la producción de hemoglobina, transporte de oxígeno en la sangre y la correcta actividad del corazón (**Leonel, 2012**), sin embargo la cantidad de minerales varía dependiendo la especie y condiciones ambientales en la que se cultiva el grano (**Carvajal et al., 2016**).

1.2.3.9. Vitaminas

Las vitaminas se encuentran presentes en los alimentos en pequeñas cantidades, son sustancias orgánicas vitales en el desarrollo y dieta del ser humano, además que su carencia se relaciona con enfermedades como anemia, afecciones en la piel entre otras (**Latham, 2012**).

El grano del chocho es una fuente valiosa de vitamina B1, B2 y B3 que cumple diferentes funciones en el organismo (**Marroú, Villacorta, & Pagardo, 2011**).

La tiamina (vitamina B1) en su forma activa (pirofosfato de tiamina), actúa como coenzima controlando la participación en las reacciones químicas que degradan la glucosa, fomentando así la producción de energía para el correcto funcionamiento del corazón, músculos y nervios (**Lalić et al., 2014**).

La riboflavina (Vitamina B2) participa en los procesos de degradación oxidativa de los ácidos grasos, mientras que la niacina (Vitamina B3) cumple un papel importante en el metabolismo de la glucosa, las grasas, proteínas, el alcohol y la respiración celular ayudando así a mantener el buen funcionamiento digestivo, nervioso y de la piel (**Gonzáles & Calderón, 2017**).

1.2.4. Compuestos bioactivos del chocho

Son aquellos que aportan un beneficio más allá de la nutrición básica a la salud. El uso de compuestos bioactivos es de gran interés científico, ya que cumple con el propósito de prevenir enfermedades crónicas no transmisibles (**Herrera, Betancur, & Segura, 2014**).

El chocho contiene cantidades significativas de compuestos bioactivos como carotenoides, fenoles, tocoferoles y sobre todo alcaloides, en comparación con otras leguminosas, debido a esto esta semilla puede ser considerada como una materia prima de gran potencial en la industria alimentaria.

1.2.4.1. Polifenoles

Existen pocas especies de lupinos en las que se ha analizado los compuestos fenólicos (**Muhammad et al., 2015**).

Los principales compuestos fenólicos identificados pertenecen a la sub clase de flavonas (gliconas o glucósidos de luteolina, apigenina y diosmetina), ácidos fenólicos (ácido hidroxibenzoico e hidroxicinámico) e isoflavonas donde la principal flavona es la genisteína (**Król et al., 2018**).

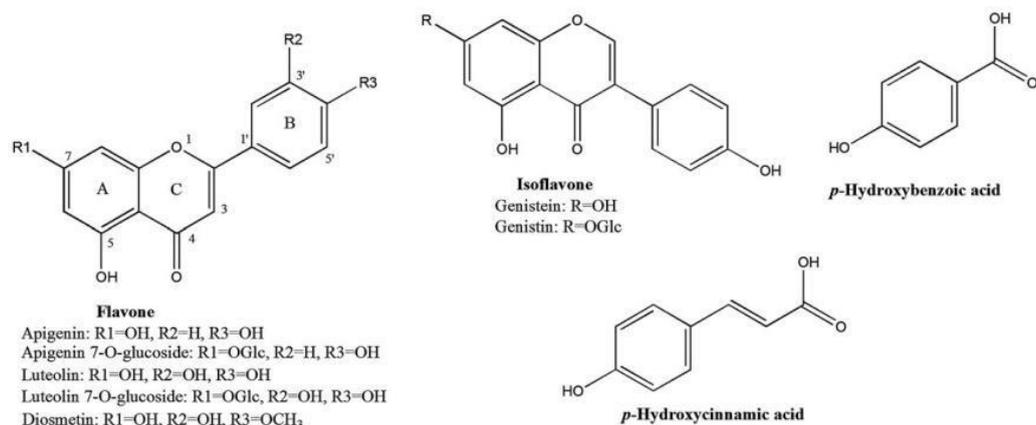


Figura 3. Principales polifenoles presentes en las especies de lupinus

(Muhammad, et al., 2015)

1.2.4.2. Fitoesteroles

Los fitoesteroles son compuestos análogos del colesterol en los animales, pero con una gran presencia en los aceites vegetales, los frutos secos y algunas legumbres, esta similitud les permite reubicar el colesterol de las lipoproteínas de baja densidad en el intestino humano (Chen et al., 2014).

1.2.4.3. Carotenoides

Los carotenoides son pigmentos liposolubles que se encuentran en la mayoría de frutas y verduras, existen varios tipos de carotenoides como la luteína y zeaxantina las cuales tienen efectos benéficos en la salud (Carranco, Calvo, & Pérez, 2011).

Córdova (2020), encontró carotenoides como luteína y zeaxantina en pequeñas cantidades en el chocho andino (*Lupinus Mutabilis*), mismas que se ven afectadas por el tratamiento térmico que se le da al grano.

1.2.4.4. Tocoferoles

Las especies de lupino contienen principalmente γ - tocoferol, δ - tocoferol y α - tocoferol, mientras que la presencia de β -tocoferol no ha sido comprobada en ninguna especie (**Boschin & Arnoldi, 2011**).

El proceso de cocción es uno de los parámetros que afecta mayormente a los tocoferoles, es así como el *lupinus albus* antes de ser cocinado contiene 20,1 mg/100 g de materia seca de γ - tocoferol y después de la cocción este valor disminuye a 0,2 mg (**Muhammad et al., 2015**).

1.2.4.5. Fenoles

Los compuestos fenólicos del chocho se encuentran en el tallo, hojas, raíces y semillas, sin embargo la composición puede variar en función a la parte de la planta (**Córdova, 2020**).

En general los principales compuestos fenólicos en las especies de lupinus son las flavonas (76%), ácidos fenólicos (19%) e isoflavonas (4%) (**Muhammad et al., 2015**).

1.2.4.6. Alcaloides

Los alcaloides son compuestos orgánicos nitrogenados derivados generalmente de los aminoácidos (**Gutiérrez, Infantes, & Cruces, 2016**), en el chocho los que destacan son: espartina, lupina y lupanina (**Hwang et al., 2020**).

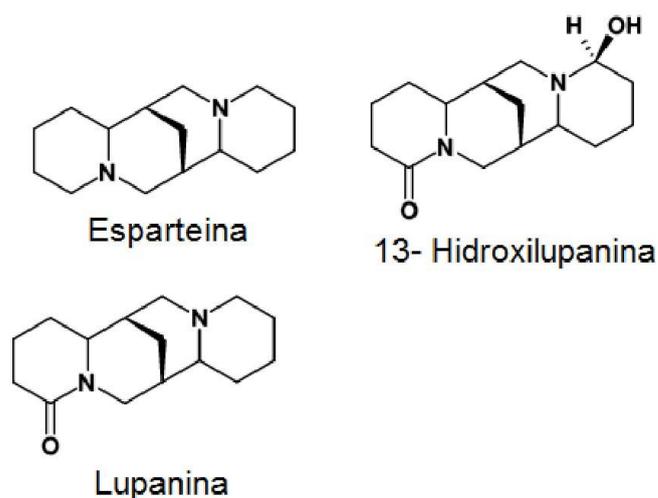


Figura 4. Estructura de los alcaloides del chocho (Velazco, 2011)

1.2.5. Actividades Biológicas

Los compuestos bioactivos presentes en el *lupinus mutabilis* permiten un efecto determinado sobre las células, otorgándole capacidad antioxidante, anticancerígena, antimicrobiana y antidiabética.

1.2.5.1. Capacidad Antioxidante

Cuando existen radicales libres estos comienzan a reaccionar en cadena dañando estructuras celulares (Coronado et al., 2015), en el caso de los carotenoides estabilizan el oxígeno singlete y lo convierten en oxígeno triplete (forma menos reactiva) a expensas de una actividad intramolecular (Jáuregui, Carrillo, & Romo, 2011), mientras que los flavonoides gracias a su bajo potencial de oxidación ayudan a estabilizar radicales libres donando electrones o átomos de hidrógeno (Ivey, Jensen, Hodgson, Cassidy, & Rimm, 2017).

La capacidad antioxidante del lupinus es igual o inferior a otras leguminosas, dependiendo del proceso de elaboración del choco. Es así como García (2018), demostró que la capacidad antioxidante disminuye con el proceso de desamargado, sin embargo, si se somete a un proceso de fermentación esta capacidad aumenta.

1.2.5.2. Capacidad Anticancerígena

Los avances en la investigación de cáncer han sido espectaculares, sin embargo es lamentable que la incidencia de cáncer este aumentando a un ritmo alarmante (Fernandez, 2017).

Liu (2010), investigó la actividad anticancerígena de los extractos de diferentes especies de lupinus en ratones, demostrando que las semillas que no pasaron por el proceso de eliminación de alcaloides presentaron mayor actividad citotóxica contra la línea celular leucémica.

Martínez, Loarca, & Dávila (2010), realizaron un estudio de mutagenesis del 1-NP evaluando el efecto de los compuestos fenólicos, carbohidratos y alcaloides encontrados en la semilla de *lupinus mutabilis* obteniendo resultados de inhibición de 86%, 76% y 75% respectivamente.

1.2.5.3. Capacidad Antimicrobiana

Gracias a la presencia de alcaloides y flavonoides en el chocho, le confieren actividades antifúngicas y antibacterianas, teniendo gran inhibición contra Grampositivas (*S. aureus*) y Gramnegativas (*Klebsiella pneumoniae*, *E coli*) esto gracias a la presencia de hidroxilos fenólicos, los cuales penetran la membrana celular bacteriana fácilmente, desnaturalizando las proteínas protoplasmáticas y actuando como veneno (Cuadrado, Villacrés, Ríos, Quelal, & Álvarez, 2015).

1.2.5.4. Capacidad antidiabética

En un estudio realizado por el Centro de Investigación Biomedica (2018), se afirmó que el *Lupinus Mutabilis* posee una proteína llamada gamma conglutin, la cual reduce los niveles de glucosa en la sangre por inhibición de la enzima dipeptidil peptidasa IV (DPP-IV), incrementando la sensibilidad de receptor insulina y evitando la glucogénesis en la diabetes tipo II.

La DPP-IV degrada las llamadas hormonas incretinas, el glucagón y el péptido insulínico dependiente de la glucosa, que tienen la función de regular los niveles de glucosa a través de la estimulación de la insulina después de una carga oral de glucosa y reduciendo la liberación de glucagón (**Bautista, 2017**).

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Analizar la composición nutricional y la actividad de los compuestos bioactivos derivados del chocho (*Lupinus Mutabilis*) mediante revisión bibliográfica en bases de datos científicas.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la composición nutricional del chocho.
- Evaluar las actividades biológicas de compuestos bioactivos, derivados del chocho.
- Evaluar el efecto de los procesos tecnológicos sobre los compuestos nutricionales y bioactivos.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Definición del problema

En la actualidad se ha puesto mucho énfasis en los cultivos andinos como la quinua, amaranto, soja y chocho por sus beneficios a nivel nutricional y de salud que trae el consumo de los mismos, sin embargo, no existe una recopilación detallada que evalúe los nutrientes y compuestos con actividades biológicas presentes en estos alimentos.

El reciente interés sobre las propiedades funcionales del *lupinus mutabilis*, hace que sea necesario realizar una recopilación con fundamentación científica sobre los macro y micronutrientes, compuestos bioactivos y propiedades biológicas de esta leguminosa.

2.2. Búsqueda de la información

El presente trabajo trata de una revisión bibliográfica utilizando como fuente principal de investigación las bases de datos disponibles en Scopus, Wiley, Online Library, Ebook Central, SciELO, Google Scholar, International Journal of Food Science & technology, y los repositorios de distintas universidades como la Universidad Técnica de Ambato, Central del Ecuador, Politécnica Nacional, Técnica Equinoccial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo etc., de las que se obtuvo la información necesaria para analizar la composición nutricional, evaluar las actividades biológicas y los procesos tecnológicos del *Lupinus*.

2.3. Organización de la información

Es importante llevar de manera organizada y sistemática las referencias utilizadas a lo largo de la revisión bibliográfica enfocada al análisis nutricional y actividades biológicas de compuestos bioactivos derivados del chocho, para lo que se utilizó la herramienta de análisis y organización de bibliografías ENDNOTE.

2.4. Análisis de la información

Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de toda la información recopilada para plantear las ideas que sustentan los beneficios de los nutrientes y compuestos bioactivos presentes en el lupinus, esta información fue clasificada dependiendo las especies de lupinus y la comparación con otro tipo de leguminosas. Enfocándonos en la especie de *lupinus mutabilis* por ser predominante en el Ecuador.

La veracidad de la información planteada en la presente investigación se denotará por las referencias bibliográficas citadas, a su vez en base a dicha información se determinaron los aspectos que aún no han sido investigados y que tienen gran importancia en cuanto al aspecto tecnológico y nutricional.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición nutricional

Arias (2015); menciona que el *lupinus mutabilis* es una leguminosa de alto contenido nutricional en comparación con otras semillas como la soya, frejol y maní, las cuales suplementan muy bien las dietas basadas en cereales en que predominan los carbohidratos.

Tabla 1. Composición nutricional de la semilla de chocho y otras semillas

Composición Química (%)	Chocho	Soya	Frejol	Maní
Humedad	9,00	8,00	12,00	12,00
Proteína	51,07	40,00	22,00	27,00
Grasa	20,44	18,00	1,60	42,00
Fibra	7,35	4,00	4,30	2,00
Cenizas	2,38	5,00	3,60	2,00

Fuente: (**Tapia, 2015**)

En la tabla 1 se muestra que el mayor porcentaje de proteína y fibra lo tiene el chocho, por otro lado, el maní contiene el mayor porcentaje de grasa, seguido del chocho, lo que lo convierte en una materia prima interesante para la industria alimenticia en cuanto a la producción de aceite y proteína (**Fornasini et al., 2012**).

3.1.1. Proteínas

La proteína del lupinus es rica en globulina, la cual representa aproximadamente el 87% (**Camarena et al., 2012**), mientras que el porcentaje restante tiene fracciones de prolamina y glutelina (**Carvajal et al., 2016**).

Tabla 2. Comparación de proteína presente en las diferentes especies de lupinus

	Especies de lupinus			
	<i>Albus</i>	<i>Angustifolius</i>	<i>Luteus</i>	<i>Mutabilis</i>
Proteína (g)	38,2	33,9	42,2	43,3

Fuente: (Carvajal et al., 2016)

Como se observa en la tabla 2 el contenido de proteína varía entre 33,9 y 43,3 g/100 g en base seca (b.s), siendo el *lupinus mutabilis* el que mayor contenido de proteína posee, sin embargo en un estudio realizado por Arias (2015), se reportó un valor de proteína de 47,80g /100g b.s , mientras que Quispe (2019), obtuvo un valor de 44,3 g/100 g b.s en el grano cultivado en Perú, esta variación puede estar asociada con factores genéticos, agronómicos, condiciones climáticas, entre otros (Pérez, 2017).

El chocho en comparación con otras leguminosas contiene un favorable porcentaje de proteína, considerando que este puede concentrarse de 44 a 64 % cuando se extrae los alcaloides y lípidos del grano (Tapia, 2015).

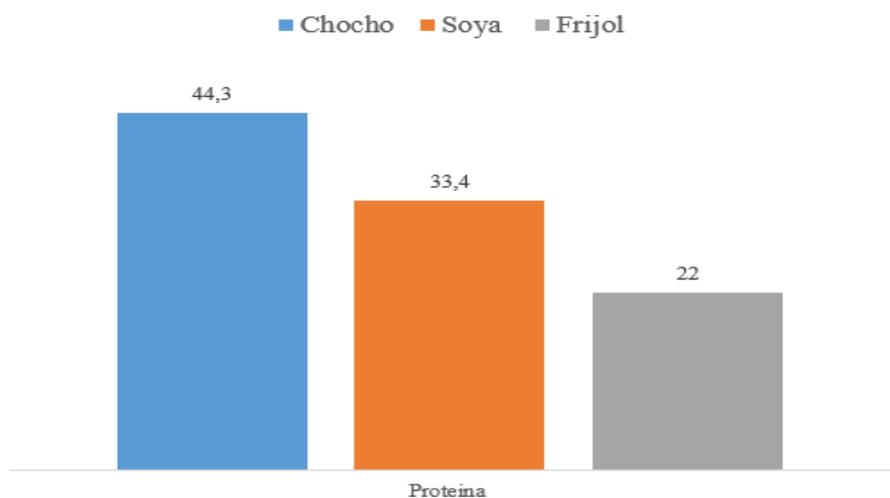


Gráfico 1. Comparativo proteico entre el chocho, la soya y el frejol (%) (Tapia, 2015)

Estudios han demostrado que, al mezclar el chocho con cereales como la quinua, el maíz o el trigo, se complementa los aportes nutricionales y se tiene un alimento ideal para combatir la desnutrición, considerándose un suplemento alimenticio (Cárdenas et al., 2019).

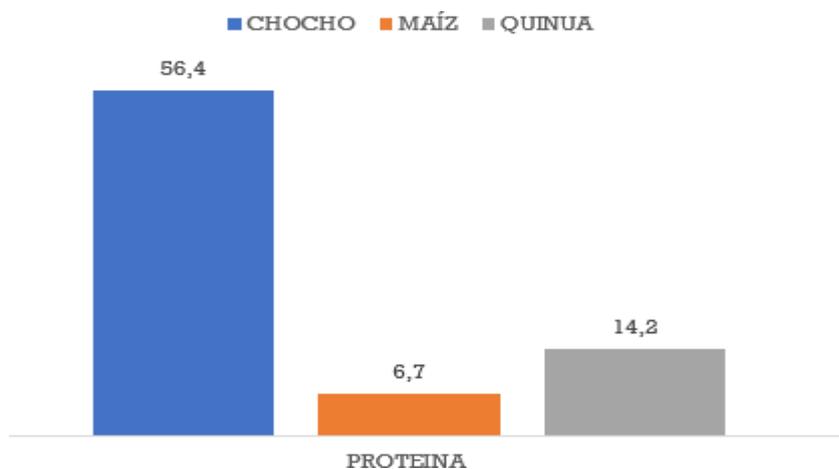


Gráfico 2. Composición proteica de la harina integral de chocho, maíz y quinua (% en base seca) (Villamagua, 2013) (Mira & Sucoshañay, 2016)

3.1.2. Aminoácidos

El análisis realizado por Carvajal et al., (2016), muestra muy poca variación entre las especies de lupinus.

Tabla 3. Comparación de los aminoácidos presentes en las especies de lupinus

	Especies de Lupinus			
	<i>Albus</i>	<i>Angustifolius</i>	<i>Luteus</i>	<i>Mutabilis</i>
Aminoácidos (g/100 g proteína)				
Alanina	-	-	-	3,3
Arginina	12,4	12	9,1	10,2
Ácido	-	-	-	9,8
Aspártico				
Cistina	1,5	1,6	2,4	1,6
Ácido	-	-	-	24,3
glutamico				
Glicina	-	-	-	3,8
Histidina	2	2,6	3,1	3,5
Isoleucina	4,1	4	3,6	4,2
Leucina	6,8	6,9	7,8	7

Lisina	4,5	4,6	4,5	5,8
Metionina	0,7	0,7	0,6	0,8
Fenilalanina	3,4	3,7	3,7	3,5
Treonina	3,4	3,4	3	3,5
Tirosina	4,8	3,4	2,9	4
Valina	3,8	3,7	3,4	3,8

Fuente: (Carvajal et al., 2016)

Como se muestra en la tabla 3 el *lupinus luteus* tiene un alto contenido de cistina y leucina 2,4 y 7,8 g/ 100g de proteína, respectivamente, la cantidad de tirosina en el *lupinus albus* es de 4,8 g/ 100g de proteína y el que mayor proporción de aminoácidos posee es el *lupinus mutabilis* ya que es el que registra valores altos de histidina, lisina, metionina, fenilalanina y treonina.

Tabla 4. Contenido de aminoácidos en chocho, soya, frejol y maní

Aminoácidos (mg/g de N total)	Chocho	Soya	Frejol	Maní
Isoleucina	274	284	262	211
Leucina	449	486	47	400
Lisina	331	399	450	221
Metionina	47	79	66	72
Cistina	87	83	53	78
Fenilalanina	231	309	326	311
Tirosina	221	196	158	244
Treonina	228	241	248	163
Triptófano	110	80	---	65
Valina	252	300	287	261
Arginina	594	452	355	697
Histidina	163	158	177	148
Alanina	221	266	262	243
Ácido aspártico	685	731	748	712
Ácido glutámico	1372	1169	924	1141
Glicina	259	251	237	349
Prolina	257	343	223	272
Serina	317	320	347	299

Fuente: (Zabaleta, 2018)

En la tabla 4 se observa que el chocho tiene mayor contenido de fenilalanina en comparación a la soya, frejol y maní; histidina en comparación a la soya y maní; triptófano, tirosina y arginina en comparación a la soya y frejol. Sin embargo, al igual que la mayoría de las leguminosas el chocho presenta deficiencia de aminoácidos

azufrados, como metionina y cistina, pese a esto contiene un mayor porcentaje de proteínas ricas en lisina (**Laurente, 2016**), la misma que ayuda a la formación de colágeno en huesos, e interviene en la síntesis de carnitina (otro aminoácido) ayudando a disminuir el colesterol en sangre, debido a que convierte la energía de los ácidos (**Brien, 2018**), el chocho contiene un balance adecuado de aminoácidos esenciales, lo que define su calidad nutricional.

En un estudio realizado por **Yáñez (2017)**, el contenido de ácido glutámico es de 1372mg/g de nitrógeno total, siendo superior al contenido de soya y el frijol que fue de 1169 y 920 mg/g de nitrógeno, respectivamente, mismo valor que fue reportado por **Zabaleta (2018)**, dándole así una característica biológica importante.

3.1.3. Lípidos

El chocho no es reconocido como una oleaginosa, sin embargo, tiene una razonable cantidad de lípidos del 13 y 14% en base seca, lo que eleva su potencial tecnológico en cuanto a extracción de aceite (**Villacrés, Cuadrado, & Falconí, 2013**).

Por otro lado, el contenido de ácidos grasos es relativamente alto, los ácidos grasos insaturados son los que predominan con el 79,38%, siendo los principales el omega 3 (2,7%), omega 6 (22,3%) y omega 9 (54,6%), indispensables para la nutrición y salud del ser humano, mientras tanto los ácidos grasos saturados representan el 12,19% (**Villacrés et al., 2010**).

3.1.4. Ácidos grasos

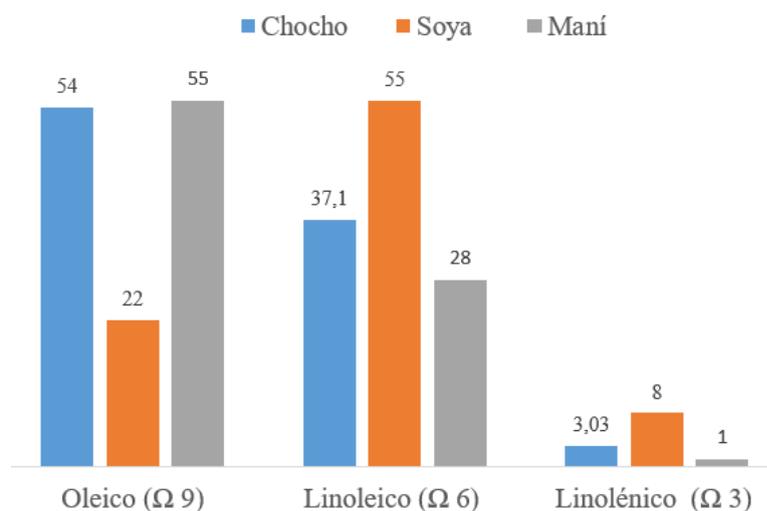
En el perfil lipídico del lupinus predominan los ácidos grasos esenciales con un 30% (**Chirinos, 2015**), siendo una valiosa fuente de ácidos grasos no saturados.

Tabla 5. Ácidos grasos en las diferentes especies de lupinus

Ácidos grasos %	Especies de lupinus			
	<i>Albus</i>	<i>Angustifolius</i>	<i>Luteus</i>	<i>Mutabilis</i>
Palmítico	7,9	10,3	5,8	10,4
Palmitoleico	-	-	-	0,13
Esteárico	1,6	5,2	2	4,5
Oleico	54	33,9	28,5	46,4
Linoleico	18,7	40,3	48,2	33,1
Linolénico	8,6	5,6	6,3	2,5
Araquidónico	1	0,7	2,2	0,15
Behémico	3,3	1,5	6,6	0,18

Fuente: (Carvajal et al., 2016)

Como se observa en la tabla 5 el ácido oleico predomina en el *lupinus Albus* con un valor de 54%, el linoleico en el *lupinus luteus* 48 %, el linolénico en el *lupinus Albus* con un 8,6 % y en el *lupinus mutabilis* predomina el ácido graso saturado palmítico con un valor de 10,4%

**Gráfico 3.** Contenido de ácidos grasos insaturados en chocho, soya y maní (g/100g b.s) (Zavaleta, 2018)

El aporte de ácidos grasos en el chocho es considerable ya que en comparación con otras especies como la soya (gráfico 3) tiene mayor cantidad de omega 9 y mayor cantidad de omega 3 y 6 en comparación con el maní, lo que contribuye y favorece la salud de los consumidores (Zavaleta, 2018).

El aceite de chocho es rico en ácidos grasos insaturados, contiene 28,17 % de omega 6 y 2,54% de omega 3, además contiene 1172,8 ppm de γ - tocoferol el mismo que actúa como antioxidante y estabiliza los ácidos grasos insaturado (Villacrés et al., 2010).

En el estudio realizado por Navarrete (2010), demostró que el tratamiento tecnológico que recibe el grano interfiere en el rendimiento de extracción de aceite, es así como se obtuvo un rendimiento de 25,65% p/p de a partir del grano desamargado con extractos de metanol, mientras que el grano sin tratamiento previo obtuvo un rendimiento de 16,19% p/p, esto debido a la eliminación de alcaloides que arrastra consigo cierta cantidad de aceites en el proceso.

3.1.5. Carbohidratos

Tabla 6 Comparación de la cantidad de carbohidratos en las especies de lupinus

	Especies de lupinus			
	<i>Albus</i>	<i>Angustifolius</i>	<i>Luteus</i>	<i>Mutabilis</i>
Carbohidratos (g/100 g b.s)	39,3	41	38,8	32,9

Fuente: (Carvajal et al., 2016)

En el contenido de carbohidratos presentado en la tabla 6 se excluyó el contenido de fibra y varió desde el más bajo que fue el de *lupinus mutabilis* con 32,9 g /100 g b.s hasta el más alto que fue el de *lupinus angustifolius* con 41 g/ 100g b.s (Carvajal et al., 2016).

Tabla 7. Composición de los carbohidratos presentes en el *lupinus mutabilis*.

Carbohidrato	Concentración
	mg/g
Sacarosa	9
Rafinosa	16,9
Estaquiosa	68,3
Verbascosa	5,8

Fuente: (Zabaleta, 2018)

En la tabla 7 se muestra que en el grano de chocho contiene bajos niveles de sacarosa y los oligosacáridos no aprovechables por el hombre son relativamente altos, los mismos que son los responsables de flatulencias por la producción de gases CO₂, H₂ y CH₄ cuando se consume de manera excesiva (Zabaleta, 2018).

3.1.6. Fibra

La mayor concentración de fibra se encuentra en la cubierta seminal del grano, representa entre un 5 y 10% del peso de la semilla (Cárdenas et al., 2019).

Tabla 8. Comparación de la cantidad de fibra presente en las especies de lupinus

	Especies de lupinus			
	<i>Albus</i>	<i>Angustifolius</i>	<i>Luteus</i>	<i>Mutabilis</i>
Fibra (g/100g b.s)	8,9	16	15,8	8,2

Fuente: (Carvajal et al., 2016)

Las proporciones de fibra en el grano varían notoriamente (tabla 8) dependiendo de la especie, es así como el contenido de fibra presente en el *lupinus angustifolius* (16 g/ 100 g b.s) es superior entre las especies, mientras que el *lupinus mutabilis* es el que menor contenido de fibra reporta, esto se puede deber a las condiciones climáticas, estrés hídrico, etc. Sin embargo, el *lupinus mutabilis* reporta un mayor contenido de fibra en comparación con la soya (Yáñez, 2017).

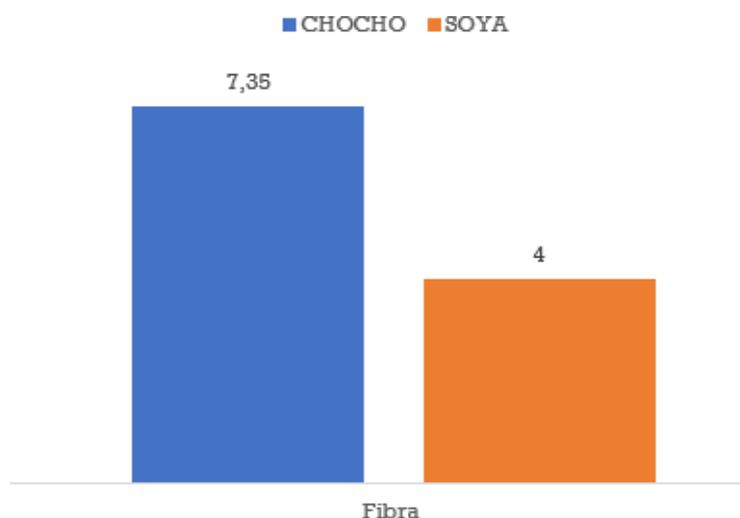


Gráfico 4. Comparativo nutricional entre el chocho y la soya (Yáñez, 2017)

3.1.7. Minerales

Tabla 9. Minerales presentes en las especies de lupinus

Minerales (mg/100 g b.s)	Especies de lupinus			
	<i>Albus</i>	<i>Angustifolius</i>	<i>Luteus</i>	<i>Mutabilis</i>
Calcio	200	232	210	147
Cobre	0,5	0,5	0,9	1
Hierro	2,6	6,1	9,3	5,9
Potasio	-	-	-	1265
Magnesio	-	-	-	285
Zn	3	3,6	5,6	3,5

Fuente: (Carvajal et al., 2016)

La composición de minerales en el lupinus tiene una amplia variabilidad, especialmente en magnesio y potasio que como se observa en la tabla 9, se encontró presente en el *lupinus mutabilis* con valores de 1265 mg/ 100 g b.s y 285 mg/ 100 g b.s respectivamente, esta variación podría deberse a los aspectos agronómicos en los que se cultiva cada grano.

Tabla 10. Composición mineral de cotiledones y tegumento de la semilla de lupinus

Mineral	Cotiledón (g/g x 100)	Tegumento
Calcio	0,04	0,57
Fósforo	1,24	0,14
Magnesio	0,35	0,27
Potasio	1,67	0,42
Azufre	0,38	0,08
(mg/kg)		
Cobre	10,00	6,00
Manganeso	38,00	12,00
Zinc	34,00	8,00
Hierro	58,00	46,00

Fuente: (Ortega et al., 2010)

En la tabla 10 se muestra que el chocho contiene elevados niveles de potasio, fosforo, hierro, magnesio y bajos niveles de calcio y manganeso, según **Ortega et al. (2010)**, la mayor concentración de minerales se encuentran en los cotiledones mientras que el hierro, manganeso y calcio se encuentran en el tegumento; con el 38% de la distribución de calcio, por tal motivo se debe tener en cuenta el proceso de descascarado para no desbalancear la relación calcio – fosforo.

3.1.8. Vitaminas

Se dispone de poca información acerca de las vitaminas en las diferentes especies de lupinus, el estudio realizado por **Carvajal et al. (2016)**, menciona que la variación de vitaminas en el grano seco y desamargado se debe al proceso de eliminación de alcaloides y el método de análisis utilizado (tabla 11).

Tabla 11. Contenido de vitaminas en la semilla de *lupinus mutabilis*

Vitaminas	Grano seco mg/100g	Grano desamargado mg/100g
B-caroteno	0,6	0,1
Tiamina	0,6	0,5
Riboflavina	0,5	0,42
Niacina	4,1	0

Fuente: (Carvajal et al., 2016)

El contenido de vitaminas en la semilla del chocho se asemeja a otras leguminosas como la soya, considerándola una fuente importante de niacina (vitamina B3) que ayuda al correcto funcionamiento celular **(Rodríguez, 2010)**.

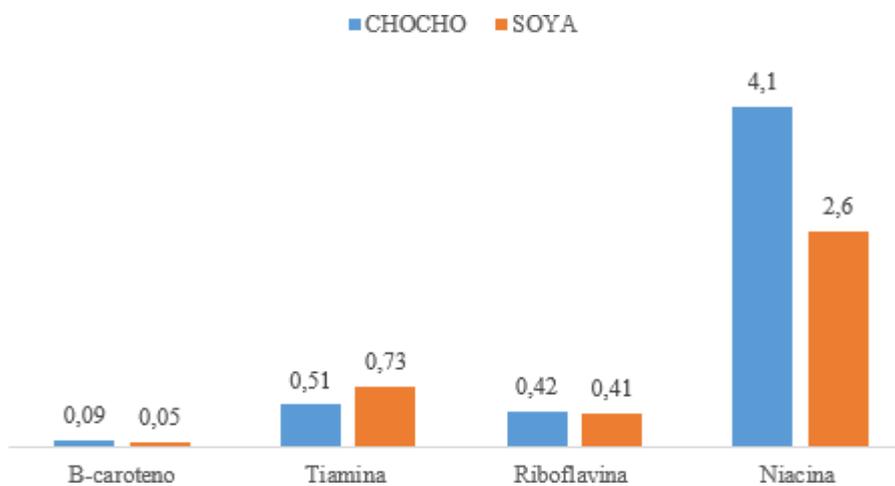


Gráfico 5. Contenido de vitaminas presentes en la semilla de soya y chocho (mg/100g) **(Rodríguez, 2010) & (Trujillo et al., 2018)**

3.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS

Son un grupo amplio de compuestos responsables de la protección frente varias enfermedades, entre ellos se encuentran los polifenoles, fenoles, tocoferoles, carotenoides, fitoesteroles entre otros (Kalogeropoulos et al., 2010). La semilla de lupinus tiene cantidades significativas de compuestos bioactivos en comparación con otras leguminosas, pudiendo ser considerado un ingrediente valioso en la industria de alimentos gracias a sus propiedades funcionales (Boschin & Arnoldi, 2011).

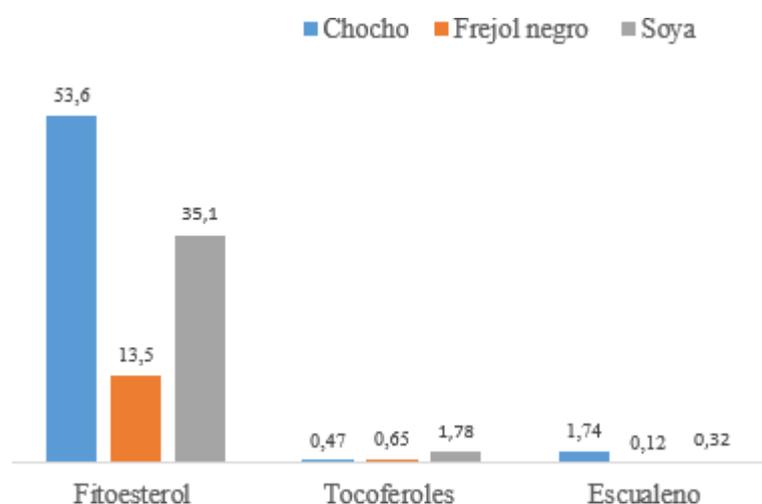


Gráfico 6. Comparación de compuestos bioactivos del grano de chocho, frejol negro y soya (mg/100g de peso fresco) (Kalogeropoulos et al., 2010).

3.2.1. Polifenoles

Un estudio realizado por Dueñas et al. (2019), se determinó que en la semilla de *lupinus mutabilis* las flavonas, ácidos fenólicos e isoflavonas están presentes en 75%, 17,5% y 3,2% respectivamente del total de compuestos fenólicos del grano.

Aunque las flavonas se encuentran en mayores cantidades, muchas de las isoflavonas presentes en el lupinus adquieren mayor importancia por su actividad fitoestrogénica, y su gran capacidad de atrapar el oxígeno singlete (Siger et al., 2012).

Tabla 12. Compuestos fenólicos totales (equivalentes de ácido gálico) de las semillas de altramuз.

Especie	Compuestos fenólicos totales equivalente de ácido gálico (mg/100 g b.s)
<i>Lupinus albus</i>	212,12 ± 2,24
<i>Lupinus luteus</i>	249,32 ± 4,72
<i>Lupinus angustifolius</i>	269,72 ± 9,97
<i>Lupinus Mutabilis</i>	255,32 ± 1,54

Fuente: (Siger et al., 2012)

Se han observado variaciones en el contenido fenólico (tabla 12) de las especies de lupinus; los contenidos fenólicos totales (expresados en ácido gálico) variaron de 212,12mg/100 g b.s hasta 269,72 mg/100 g b.s.

El proceso de cocción (100°C por varios minutos) al que es sometido el chocho afecta significativamente el contenido fenólico del grano. **Kalogeropoulos et al. (2010)**, estudiaron los microconstituyentes bioactivos en legumbres secas y cocidas, entre ellas el *lupinus albus*, donde se encontró una disminución significativa del contenido fenólico total durante la cocción, suceso que también puede ocurrir en la especie de *lupinus mutabilis*.

3.2.2. Fitoesteroles

El *lupinus mutabilis* resultó ser rico en esteroides (tabla 13) con 1200mg /100g en comparación con los aceites vegetales de negilla (200 mg/100g), girasol (400 mg/100g) y alcachofa (580mg/100g).

Tabla 13. Contenido de esteroides en diferentes tipos de aceites.

	Contenido de esteroides mg/100g
Negilla Sativa	200
<i>Lupinus Mutabilis</i>	1200
Alcachofa	580
Girasol	400

Fuente: (Hassanein, Shami, & Hassan, 2011)

Existe limitada información sobre esteroides en las diferentes especies de lupinus, sin embargo en el estudio de **Hassanein, Shami, & Hassan (2011)**, se encontró un 19,9 - 28,7% de esteroides en la fracción lipídica insaponificable del aceite de lupinus con una contribución mayoritaria de β -sitosterol, campesterol y estigmasterol.

En un estudio realizado por **Kalogeropoulos et al. (2010)**, el estigmasterol (4,98 mg por 100g de b.s) resultó más vulnerable a la cocción por un tiempo de 80 minutos que el campesterol (5,89 mg por 100 g b.s).

Por otra parte, la etapa de germinación aumenta significativamente el valor nutricional (tabla 14) (**Rumiyati & James, 2015**), pero no hay suficientes estudios sobre la concentración de compuestos bioactivos durante la germinación de la semilla de lupinus; sin embargo **Rodríguez (2016)**, menciona que durante la germinación se activan enzimas lipolíticas, proteolíticas y amilolíticas mismas que hidrolizan las reservas de la semilla, afectando la estructura de polisacáridos y la integridad de los tejidos, dando lugar al aumento de aminoácidos libres, fibra, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos.

Tabla 14. Contenido de fitoesteroides durante 9 días de germinación

Muestra g/100g de aceite				Total (g/100g de aceite)
	Campesterol	Estigmasterol	β-sitosterol	
Crudo	0,536±0,038	0,118±0,011	1,077±0,074	1,732 ±0,123
Día 1	0,561 ± 0,123	0,169±0,089	1,172±0,335	1,903±0,54
Día 3	0,886 ± 0,078	0,358±0,009	1,802±0,059	3,045±0,145
Día 5	1,197±0,048	0,559±0,065	2,439±0,221	4,146±0,324
Día 7	1,412 ± 0,085	0,865±0,086	2,964±0,165	5,241±0,326
Día 9	1,631 ±0,282	1,281±0,235	3,155±0,457	6,067±0,958

Fuente: (**Rumiyati et al., 2013**)

3.2.3. Tocoferoles

Los tocoferoles conocidos como vitamina E, se consideran los antioxidantes naturales más eficaces de la fase lipídica, evita la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, ayudando a prevenir algunas formas de cáncer, el envejecimiento y efectos de algunas toxinas (**Dueñas et al.,2019**).

El contenido de tocoferol (tabla 15) varía entre las diferentes especies de lupinus, el gamma- tocoferol es el isómero más abundante en todas las especies, mientras que el alfa y el delta-tocoferol no se detectaron en el *lupinus mutabilis* (**Boschin & Arnoldi, 2011**).

Tabla 15. Contenido de tocoferoles expresado en mg/100 g de semilla

Especies	Alfa-T (mg/100g)	Gamma-T (mg/100g)	Delta- T (mg/100g)
<i>Lupinus Albus</i>	0,158 ± 0,014	11,4 ± 0,707	0,255 ± 0,006
<i>Lupinus Angustifolius</i>	0,142 ± 0,001	7,81 ± 0,443	-
<i>Lupinus mutabilis</i>	-	10,3 ± 0,31	-

Fuente: (**Boschin & Arnoldi, 2011**)

El proceso de cocción provoca una disminución del contenido de tocoferoles, presentando concentraciones tan bajas como 0,02 mg por 100g de peso seco (**Kalogeropoulos et al., 2010**).

En el estudio realizado por **Hassanein et al., (2011)** se comprobó que el lupinus contiene altas concentraciones de tocoferoles en relación a otros aceites medicinales (tabla 16).

Tabla 16. Contenido de tocoferoles en diferentes tipos de aceites

Aceite	Total tocoferoles (ppm)	Composición de Tocoferoles (%)			
		α - T	β-T	γ- T	δ - T
Nigella	209	7,9	-	90,8	1,3
Lupinus	939	3,4	-	93,6	3
Alcachofa	311	96,5	-	2,5	1
Girasol	670	95,5	2,6	1	0,9
Algodón	630	44,8	-	55	0,2

Fuente: (**Hassanein et al., 2011**)

3.2.4. Carotenoides

El contenido de carotenoides como se observa en la tabla 17 tanto de las fracciones isocrómicas rojas como amarillas, en el *lupinus barkeri* fue mayor en comparación con *Lupinus mutabilis* y *Lupinus albus* (Guémes et al., 2012).

Tabla 17. Contenido de carotenoides en las especies de lupinus

Especie	Carotenoides isocrómicos	Carotenoides isocrómicos
	rojos (mg/g)	amarillos (mg/g)
<i>L. Albus</i>	0,284 ± 0,07	0,394 ± 0,07
<i>L. Barkeri</i>	0,726 ± 0,15	0,511 ± 0,15
<i>L. mutabilis</i>	0,174 ± 0,07	0,272 ± 0,07

Fuente: (Guemes et al., 2012)

La función de algunos carotenoides está relacionada con la actividad provitamina A como son α -caroteno, β -caroteno y β -criptoxantina, estas sustancias cumple con el papel de prevenir la deficiencia de la vitamina A (Córdova, 2020).

3.2.5. Alcaloides

En el chocho los alcaloides quinolizidínicos son sintetizados en los cloroplastos y trasportados principalmente a la semilla (Zamora et al., 2019)

Hwang et al. (2020), aislaron alrededor de 60 diferentes alcaloides en más de 180 especies de leguminosas, siendo las especies de lupinus los más ricos en alcaloides. El *lupinus mutabilis* cuenta con 5 tipos de alcaloides que son los más representativos en la semilla, la lupanina representa el 60% de los alcaloides totales (tabla 18) (Velazco, 2011).

Tabla 18. Principales alcaloides del chocho

Alcaloides	Porcentaje (%)
Lupanina	60
13-Hidroxylyupanina	15
Esparteína	8
4 Hidroxylyupanina	9
Isolupanina	3

Fuente: (Velazco, 2011)

El contenido total de alcaloides (tabla 19) varía considerablemente entre las especies, siendo el *lupinus albus* el de menor valor con 0,37 g/100 g b.s, mientras que el *lupinus mutabilis* presento 2,8 g/100g en b.s. Estos valores varían mucho dependiendo las condiciones a las que se someta el grano durante su germinación es así como los metabolitos secundarios pueden cambiar en respuesta a las condiciones climáticas o de defensa contra plagas (Zavaleta, 2018).

Tabla 19. Contenido de alcaloides en las diferentes especies de Lupinus

Contenido	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus</i>
g/100 g base seca	<i>Albus</i>	<i>Angustifolius</i>	<i>Luteus</i>	<i>Mutabilis</i>
Alcaloides	0,367	1,4	1,5	2,8

Fuente: (Carvajal et al., 2016)

3.3.ACTIVIDADES BIOLÓGICAS

Los compuestos bioactivos tienen un importante impacto en la salud además pueden ayudar a la prevención de enfermedades (Prakash & Gupta, 2011), en este caso se analizará algunas actividades biológicas de los compuestos del lupinus.

3.3.1. Actividad Antioxidante

La actividad antioxidante de las semillas de lupinus se le atribuye a su alto contenido de compuestos fenólicos, principalmente taninos, flavonoides y polifenoles (**García, 2018**).

En el estudio realizado por **Wang & Clements (2010)**, se evaluó la actividad antioxidante mediante el método de barrido de radicales DPPH (2,2-difenil-2-picrilhidrazil hidrato) en las distintas especies de lupinus, además se utilizó Trolox como compuesto de referencia, siendo el *lupinus mutabilis* el que mayor capacidad antioxidante con 0,339 mg Trolox Eq/ g (tabla 20).

Tabla 20. Actividad antioxidante contenida en las distintas especies de lupinus

Especie	Actividad Antioxidante
	mg Trolox Eq/g
<i>Lupinus albus</i>	0,153
<i>Lupinus luteus</i>	0,217
<i>Lupinus angustifolius</i>	0,163
<i>Lupinus Mutabilis</i>	0,339

Fuente: (**Wang & Clements, 2010**)

Las condiciones del proceso de extracción representan un factor importante en la capacidad antioxidante; en el estudio realizado por **Muhammad et al. (2015)**, se comprobó que los extractos fenólicos de *lupinus mutabilis* tienen mayor actividad antioxidante que la harina de soya, la cual presentó mayor actividad que la harina de chocho sin alcaloides. En todos los casos los extractos con metanol caliente mostraron mayor actividad antioxidante que los extractos en frío.

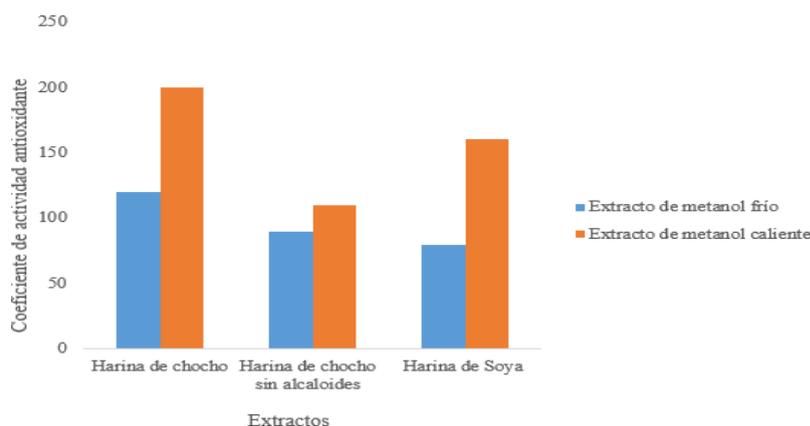


Gráfico 7. Relación de los coeficientes de actividad antioxidante de distintos extractos mediante etanol frío y caliente. (Muhammad et al., 2015)

El extracto de harina de chocho sin alcaloides presentó valores significativamente bajos en comparación con la harina de chocho, esto puede estar relacionado con la reducción de polifenoles presentes en la muestra, debido a que estos son solubles en agua y, por lo tanto, se eliminaron durante los lavados disminuyendo así su capacidad antioxidante.

La presencia de alcaloides en el grano es un obstáculo para su utilización por su toxicidad y al amargo que aportan, sin embargo, varios experimentos de laboratorio demuestran que el uso de alcoholes acuosos como el metanol, etanol e isopropanol pueden eliminar los alcaloides del chocho sin dañar los demás compuestos presentes en la semilla (Vollmannova et al., 2021).

3.3.2. Actividad anticancerígena

Liu (2010), investigó la actividad anticancerígena de los extractos fenólicos de las semillas de lupinus mediante una prueba de citotoxicidad contra varias líneas celulares de cáncer.

La citotoxicidad se evaluó contra una línea celular de linfoblastos de ratón (P388) y una variedad de líneas celulares humanas, incluyendo el cáncer de piel (A375), mama (MCF-7), hígado (Hep- G2), colón (Caco-2), de prepucio humano (Hs27) y las líneas celulares epiteliales del riñón (SV7tert).

En la tabla 21 se observa que hubo una mayor inhibición contra las líneas celulares P388, MCF-7, Hs27 y SV7tert a una concentración de 1000 µg/mL pero la inhibición cayó por debajo del 20% para Hep G2, Caco-2 y A375 cuando se redujo la concentración a 500 µg/mL.

Tabla 21. Citotoxicidad del *lupinus mutabilis* frente varias líneas celulares

Líneas celulares	Concentración µg/mL						
	1000	500	250	125	62,5	31,3	15,6
P388	100%	75%	60%	30%	15%	10%	0%
MCF-7	80%	10%	-10%	0%	0%	10%	10%
Hep-G2	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Caco-2	5%	0%	2%	0%	0%	-1%	-1%
A375	20%	0%	-5%	-7%	-10%	5%	0%
Hs27	85%	-22%	-5%	-2%	0%	0%	0%
SV7Tert	70%	-22%	-20%	-5%	0%	-3%	5%

Fuente: (Lui, 2010)

En el estudio realizado por **Martínez et al., (2010)**, se evaluó y demostró el efecto inhibidor de los compuestos fenólicos de las semillas de lupinos a una concentración de 200µg. La inhibición de la actividad mutagénica alcanzó el 86,3% (tabla 22) utilizando el ensayo de microsuspensión de Kado.

Tabla 22. Actividad mutagénica de compuestos fenólicos extraídos del *lupinus mutabilis* contra el 1-nitropireno en cepas de Salmonella

Extracto fenólico (µg/Tubo)	Inhibición (%)
0	0
0,025	8,1
0,050	12,1
0,100	24,0
0,200	33,3
25	47,2
50	57,9
100	80,5
200	86,3

Fuente: (Martínez et al., 2010)

3.3.3. Actividad Antimicrobiana

Lampart et al., (2013), estudiaron las propiedades antibacterianas de las especies de *L. albus*, *L. luteus*, *L. Mutabilis* y *L.angustigolius*, en los extractos de alcaloides con etanol de los cotiledones y de la cubierta de la semilla. Estos extractos se probaron en dos especies de bacterias Gram(+) *Bacillus subtilis* y Gram (-) *Escherichia coli*, demostrando así que los extractos de la cáscara presentan actividad antibacteriana contra las cepas indicada, mientras que para los extractos del cotiledón no se presentaron datos por su falta de inhibición bacteriana.

Tabla 23. La actividad antibacteriana de los extractos obtenidos de diferentes especies de lupinus contra E.Coli y Bacillus S.

Especies	Zona de inhibición del crecimiento (mm)	
	E.coli	B.subtilis
<i>L. albus</i>	15	13
<i>L. luteus</i>	17	20
<i>L. Mutabilis</i>	25	28
<i>L.angustigolius</i>	12	8

Fuente: (**Lampart et al., 2013**)

Los extractos de alcaloides derivados del *lupinus mutabilis* presentaron la actividad más fuerte, mientras que la actividad más baja se observó en *lupinus angustigolius*, esto tiene correlación con la cantidad de alcaloides presentes en el grano (tabla 23).

En otro estudio realizado por **Erdemoglu, Ozkan, & Tosun (2013)**, descubrieron que la semilla de *lupinus mutabilis* presentaba una propiedad antibacteriana sobre el *basilus subtilis*, *estafilococo aureus*, *pseudomonas aeruginosa*, a concentraciones de 250 µg/ mL, pero mostraron una actividad baja sobre *E.coli*.

Varios estudios informaron de la actividad antifúngica del extracto de semilla de lupinus, **Confortin et al., (2018)** descubrieron que las saponinas del extracto metanólico de la semilla de *lupinus angustifolius* presentaba actividad antifúngica contra *Candida albicans*.

3.3.4. Actividad Antidiabética

Zambrana et al., (2020) estudió la actividad antidiabética en ratas GK, donde se las sometió a un tratamiento a largo plazo con dosis de 1000 mg/Kg de peso corporal, de extractos hidroetanólicos con altas cantidades de alcaloides de *lupinus mutabilis*, redujeron en un 12% la glucosa postprandial (nivel de glucosa tras la comida) observada en las ratas. El extracto hidroetanólico de *lupinus mutabilis* mejoró la liberación de insulina en los islotes pancreáticos de las ratas con pronóstico de glucosa alta.

Por otro lado en un análisis realizado por **Saltos (2014)**, se estudió la diferencia en los niveles de glicemia en ayunas y proprandial, los resultados obtenidos mostraron una disminución en los niveles de glicemia con relación al tiempo (los resultados fueron tomados luego de 90 minutos); con 1,05 mg/dL de glicemia en ayunas y de 0,3494 mg/dL proprandial, concluyendo así que el consumo de *lupinus mutabilis* reduce los niveles de glicemia en pacientes con diabetes tipo II. La dosis administrada a los pacientes fue 3,8 mg/kg de *lupinus mutabilis* crudo y 2,9 mg/Kg de *lupinus mutabilis* cocido, demostrando que el consumo del cocido tiene mayor injerencia en los niveles de glucosa en relación al crudo (Tabla 24).

Tabla 24. Reducción de glucosa e insulina por efecto del *lupinus mutabilis*

	Glucosa sanguínea
<i>L. Mutabilis</i> crudo	114,2 a 107,8 mg/dL
<i>L. Mutabilis</i> cocido	112,8 a 101,6 mg/dL

Fuente: **(Saltos, 2014)**

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se realizó una revisión bibliográfica a partir de: artículos científicos, tesis, libros y otras publicaciones donde se abordó el valor nutricional, componentes bioactivos y actividades biológicas en diferentes especies de lupinus.
- El *Lupinus mutabilis* mostró altos contenidos de proteína, aminoácidos esenciales y vitaminas en comparación con otras especies de lupinus, además presentó un perfil nutricional mayor a la soja en cuanto a proteína y grasa, convirtiéndolo en una materia prima valiosa en la producción de aceites y suplementos proteicos.
- Los compuestos bioactivos (polifenoles, fitoesteroles, tocoferoles, carotenoides, alcaloides) presentes en el *lupinus mutabilis* son responsables de diferentes actividades biológicas como la antioxidante, antidiabética, anticancerígena y antimicrobiana; por tanto, su consumo podría ayudar a prevenir enfermedades crónicas no transmisibles entre ellas la diabetes, algunos tipos de cáncer, etc.
- El desamargado (quitar la fracción de alcaloides) es un proceso tecnológico que afecta la composición nutricional y biológica del *lupinus mutabilis*, ya que disminuye la cantidad de minerales y vitaminas presentes en el grano. Además, incide en la concentración de compuestos bioactivos sobre todo aquellos solubles en agua.

4.2. RECOMENDACIONES

- Estudiar las causas del aumento del valor nutricional en la etapa de germinación de la planta de *lupinus mutabilis*.
- Investigar a fondo el proceso de desamargado, enfocándose en la calidad nutricional y biológica, así como la efectividad del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- Agyei, D., & Danquah, M. (2011). Industrial-scale manufacturing of pharmaceutical-grade bioactive peptides. *Biotechnology advance*, 29(3), 272-277.
- Apaza, M., & Ahumada, G. (2019). Efecto del consumo de cultivos andinos quinua, cañihua y tarwi sobre el incremento de peso y nitrógeno retenido en ratas Wistar. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 194-204.
- Arias, M. (2015). Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal. *Revista de Bio ciencias*, 3(3), 163-172.
- Arnoldi, A., Boschini, G., Zanoni, C., & Lammi, C. (2015). The health benefits of sweet lupin seed flours and isolated proteins. *Journal of Functional Foods*, 18, 550-563.
- Bautista, R. (2017). *Obtención de inhibidores de la Dipeptidil Peptidasa-IV del grano de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) y su efecto en la glucemia de ratones diabéticos*. Obtenido de Repositorio Nacional de la Universidad Autónoma Metropolitana: <https://www.repositorionacionalcti.mx/recurso/oai:test:fj2362114>
- Bermudez, C. (2014). *Aplicación del aislado de la proteína de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet), como sustituto del aislado de soya en la elaboración de salchicha*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica Equinoccial: <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/5075>
- Berti, P., Villacrés, E., Segovia, G., Mazon, N., & Peralta, E. (2013). *Lupinus mutabilis* sweet, a traditional Ecuadorian grain: Fatty acid composition, use in the Ecuadorian food system, and potential for reducing malnutrition. *INIAP*.
- Bhat, Z., Kumar, S., & Bhat, H. (2015). Bioactive peptides of animal origin: a review. *Journal of food science and technology*, 52(9), 5377-5392.
- Biomedica, C. d. (2018). *INVESTIGACIÓN DE LA UTE DEMUESTRA QUE CONSUMIR CHOCHO BENEFICIA A LAS PERSONAS CON DIABETES*.

- Obtenido de Universidad Tecnológica Equinoccial:
<https://www.ute.edu.ec/investigacion-de-la-ute-demuestra-que-consumir-chocho-beneficia-a-las-personas-con-diabetes/>
- Boschin, G., & Arnoldi, A. (2011). Legumes are valuable sources of tocopherols. *Journal of Food Chemistry*, 127(3), 1199-1203.
- Boschin, J., & Arnoldi, A. (2011). *Legumes are valuable sources of tocopherols*. Obtenido de ELSEVIER- Quimica de Alimentos:
https://www.academia.edu/13463400/Legumes_are_valuable_sources_of_tocopherols
- Brien, S. (2018). *4 Impressive Health Benefits of Lysine*. Obtenido de Nutrition:
<https://www.healthline.com/nutrition/lysine-benefits>
- CABI. (2019). *Lupinus (Altramuces)*. Obtenido de Compendio de especies invasoras:
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/31704>
- Camarena, F., Jiménez, D., Mostacero, N., & Huaranga, A. (2012). *Revaloración de un cultivo subutilizado chocho o tarwi, Lupinus mutabilis Sweet*. Obtenido de Agencia Peruana ISBN : <https://isbn.cloud/9789972501401/revaloracion-de-un-cultivo-subutilizado-chocho-o-tarwi-lupinus-mutabilis-sweet/>
- Cárdenas, V., Rodrigo, E., Salazar, J. C., Cevallos, C., & Ruíz, O. (2019). *Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soya, y su aplicación en la elaboración de harinas*. Obtenido de Revistas ESPOCH:
<http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/265/228>
- Cárdenas, V., Rodrigo, E., Salazar, J. C., Cevallos, E., & Ruiz, G. (2019). *Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soya, y su aplicación en la elaboración de harinas*. Obtenido de Repositorio ESPOCH:
<http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/265/228>
- Carranco, E., Calvo, C., & Pérez, F. (2011). *Carotenoides y su función antioxidante*. Obtenido de SciELO:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000300001

- Carvajal, L., Linnemann, A., Nout, M., & Van, B. (2016). *Lupinus mutabilis*: composition, uses, toxicology, and debittering. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 56(9), 1454-1487.
- Castañeda, B., Manrique, R., Muñoz, A., Ramos, F., & Martínez, F. (2018). *Probiótico elaborado en base a las semillas de Lupinus mutabilis sweet (chocho o tarwi)*. Obtenido de SciELO: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172008000400005
- Chen, G., Hong, W., Xu, Z., & Shang, T. (2014). *Nutraceuticos y alimentos funcionales en el manejo de la hiperlipidemia*. Obtenido de Criticas en ciencia de alimentos y nutrición : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24499150/>
- Chirinos, A. (2015). *Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal*. Obtenido de Revista Bio Ciencia: <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/139/185>
- Clavijo, F., Barrera, V., Rodríguez, L., & Mosquera, J. (2015). *Evaluación del efecto del paico (Chenopodium Ambrosioides) y chocho (Lupinus Mutabilis Sweet) como antiparasitarios gastrointestinales en bovinos jóvenes*. Obtenido de La Granja: <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/24.2016.08>
- Confortin, T., Todero, I., Soares, J., Luft, L., Brun, T., & Rabuske, J. (2018). *Extracts from Lupinus albescens: antioxidant power and antifungal activity in vitro against phytopathogenic fungi*. Obtenido de Taylor & Francis Online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09593330.2018.1427800>
- Córdova, J. (2020). *Componentes de valor funcional y proteico antes y después de la extrusión y secado en tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) desamargado*. Obtenido de Universidad Agraria La Molina : <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4468/cordova-ramos-javier-saul.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
- Cuadrado, L., Villacrés, E., Ríos, A., Quelal, M., & Álvarez, J. (2015). *Actividad Antimicrobiana de extractos de Chocho (Lupinus mutabilis), quinua (Chenopodium quinoa wild)*. Obtenido de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2654/1/iniapsbt428.pdf>
- Devlin, T. (2015). Estructura de los aminoácidos. En *Bioquímica con aplicaciones clínicas* (pág. 95). España: REVERTÉ S.A.
- Díaz, L., Vega, B., & Sellés, Y. (2020). El desarrollo social en el proceso de formación profesional desde la Química Orgánica. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 20(26), 2661-6734.
- Dueñas, M., Hernández, T., Estrella, I., & Fernández, D. (2019). Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chemistry*, 117, 599-607.
- Erdemoglu, N., Ozkan, S., & Tosun, F. (2013). Alkaloid profile and antimicrobial activity of *Lupinus angustifolius* L. alkaloid extract. *Phytochemistry Reviews*, 6, 197-201.
- Falconí, P., Núñez, T., & Toscano, C. (2019). Efecto de la temperatura de deshidratación en la calidad nutricional de las harinas de Quinua (*Chenopodium quinoa*), Soya (*Glycine max*) y Chocho (*Lupinus mutabilis*). *La Ciencia al Servicio de la Salud*, 10, 245-259.
- FAO. (2013). *El estado mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de FAO publications : <http://www.fao.org/3/i3300s/i3300s.pdf>
- FAO. (2016). *Simposio Regional del chocho o tarwi (Lupinus mutabilis)*. Obtenido de Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: <http://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/451018/>
- Fernandez, E. (2017). *Determinación del contenido de antinutrientes en tres variedades de chocho (Andino INIAP 450, Guaranguito INIAP 451 y Criollo)*.

Obtenido de Repositorio PUCE:
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14472>

- Fornasini, M., Castro, J., Villacrés, E., Narváez, L., Villamar, M., & Baldeón, M. (2012). Hypoglycemic effect of *Lupinus mutabilis* in healthy volunteers and subjects with dysglycemia. *Nutrición Hospitalaria*, 27(2), 425-433.
- Gálvez, A., Flores, I., & Amelia, F. (2016). Proteínas. *Química de los Alimentos*, 119-121.
- García, G. (2018). *Determinación del efecto del desamargado y fermentado en el contenido de compuestos con capacidad antioxidante de tres variedades de chocho (Lupinus mutabilis sweet)*. Obtenido de Repositorio Universidad Central del Ecuador : <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15742>
- González, V., & Calderón, A. (2017). *Vitaminas* . Obtenido de GREDOS: <https://gredos.usal.es/handle/10366/133136>
- Gresta, F., Wink, M., Abberton, M., Capraro, J., Scarafoni, A., & Hill, G. (2017). Lupins in European cropping systems. *ResearchGate*, 88-108.
- Guémes, N., Martínez, J., Hernández, J., & Yañez, J. (2012). *Comparison of Chemical Composition and Protein Digestibility, Carotenoids, Tanins and Alkaloids Content of Wild Lupinus Varieties Flour*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/265085849_Comparison_of_Chemical_Composition_and_Protein_Digestibility_Carotenoids_Tanins_and_Alkaloids_Content_of_Wild_Lupinus_Varieties_Flour
- Guerra, D., & Pozo, P. (2018). Análisis proximal y perfil de aminoácidos del aislado proteico del chocho andino ecuatoriano (*Lupinus mutabilis*). *infoANALÍTICA*, 6(1), 55-66.
- Gutiérrez, A., Infantes, M., & Cruces, L. (2016). *Evaluación del efecto insecticida de las aguas residuales de tarwi (Lupinus mutabilis) sobre larvas de Spodoptera eridania (Lep:Noctuidae) bajo condiciones de laboratorio*. Obtenido de Agroindustrial Science: <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.18>

- Hassanein, M., Shami, S., & Hassan, M. (2011). Investigation of Lipids Profiles of Nigella, Lupin and Artichoke Seed Oils to be Used as Healthy Oils. *Journal of Oleo Science*, 60(3), 99-107.
- Herrera, F., Betancur, D., & Segura, M. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad: péptidos biológicamente activos. *Nutrición Hospitalaria*, 29, 10-20.
- Horton, D. (2014). *Investigación colaborativa de granos andinos en Ecuador*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/102>
- Hwang, I. M., Lee, H.-W., Yang, J.-S., Seo, H. Y., Chung, Y.-J., & Kim, S. H. (2020). Rapid and Simultaneous Quantification of Five Quinolizidine Alkaloids in *Lupinus angustifolius* L. and Its Processed Foods by UPLC–MS/MS. *ACS omega*, 5(33), 20825-20830.
- INIAP. (2018). *INIAP investigó propiedades nutritivas del chocho, alternativa para una mejor alimentación*. Obtenido de Ministerio de Agricultura: <https://www.agricultura.gob.ec/iniap-investigo-propiedades-nutritivas-del-chocho-alternativa-para-una-mejor-alimentacion/>
- Ivey, K., Jensen, M., Hodgson, J., Cassidy, A., & Rimm, E. (2017). Association of flavonoid-rich foods and flavonoids with risk of all-cause mortality. *British Journal of Nutrition*, 117(10), 1470-1477.
- Jáuregui, M. E., Carrillo, M., & Romo, F. (2011). Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 61(3), 233-241.
- Kalogeropoulos, A., Ioannou, M., Karathanos, V., Hassapidou, M., & Andrikopoulos, N. (2010). Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries. *Food Chemistry*, 121(3), 682-690.
- Kalogeropoulos, N., Chiou, A., Ioannou, M., & Karathanos, V. (2010). *Evaluación nutricional y microconstituyentes bioactivos (fitoesteroles, tocoferoles,*

polifenoles, ácidos triterpénicos) en legumbres secas cocidas habitualmente consumidas en los países mediterráneos. Obtenido de ELSEVIER-Química de Alimentos:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814610000452?via%3Dihub>

Lalić, J., Denić, M., Sunarić, S., Kocić, G., Trutić, N., Mitić, S., & Jovanović, T. (2014). Assessment of thiamine content in some dairy products and rice milk. *CyTA - Journal of Food*, 12(3), 203-209.

Lampart, E., Siger, A., Trojanowska, K., Malecka, M., & Pacholek, B. (2013). Chemical composition and antibacterial activities of lupin seeds extracts. *Research Papers*, 47(5), 286-290. Obtenido de National Library of Medicine: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14609081/>

Larenas, F. (2013). *Managing technological aspects of Lupinus mutabilis from a food sovereignty perspective in Ecuador.* Obtenido de SEMANTIC SCHOLAR: <https://edepot.wur.nl/278660>

Latham, M. (2012). *Vitaminas. Nutrición Humana en el mundo en desarrollo.* Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0f.htm#bm15x>

Laurente, Y. (2016). *Obtención del concentrado protéico y determinación del perfil de aminoácidos de dos variedades de Tarwi (Lupinus mutabilis).* Obtenido de Universidad Nacional del Altiplano: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3691/Laurente_Flores_Yeny_Roxana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Leonel, J. (2012). *Propiedades de los chochos.* Obtenido de Los Chochos: <http://josleonel.blogspot.com/2012/06/los-chochos-los-chochos.html>

Liu, L. (2010). *Phytochemical and pharmacological perspectives.* Obtenido de Southern Cross University: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.348.5923&rep=rep1&type=pdf>

- Marquez, C. (2016). *La siembra de chocho es más rentable*. Obtenido de Revista Líderes: <https://www.revistalideres.ec/lideres/siembra-chocho-produccion-chimborazo.html>
- Marrou, E., Villacorta, M., & Pagardo, S. (2011). Composición química de “oca”(Oxalis tuberosa), „arracacha“(Arracaccia xanthorrhiza) y „tarwi“(Lupinus mutabilis). Formulación de una mezcla base para productos alimenticios. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(2), 239-252. Obtenido de Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos .
- Martínez, A. (2016). Conceptos Básicos en Alimentación. En C. Pedrón, *Minerales* (págs. 20-21). España : Advanced Medical Nutrition.
- Martinez, C., Loarca, G., & Dávila, G. (2010). *Antimutagenic activity of phenolic compounds, oligosaccharides and quinolizidinic alkaloids from Lupinus*. Obtenido de Taylor&Francys: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02652030310001605998>
- Martorell, M. (2013). *Acción de alimentos funcionales ricos en ácidos grasos esenciales sobre el estrés oxidativo*. Obtenido de Universitat de les Illes Balears. Departament de Biologia Fonamental: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/128937#page=1>
- McKee, J. (2014). Aminoácidos, péptidos y proteína. En *Bioquímica las bases moleculares de la vida* (págs. 108-110). Madrid: Lite.
- Mira, J., & Sucoshañay, D. (2016). *Caracterización de la Harina de Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd) producida en la provincia de Chimborazo, Ecuador*. Obtenido de Repositorio ESPOCH: <http://ceaa.espoch.edu.ec:8080/revista.perfiles/Articulos/Perfiles16Art4.pdf>
- Muhammad, K., Weeraya, K., Syed, N., Syed, N., & Jayasena, V. (2015). *Phytochemical composition and bioactivities of lupin: A review* . Obtenido de International Journal of Food Science & Technology : https://www.researchgate.net/publication/274731517_Phytochemical_composition_and_bioactivities_of_lupin_A_review

- Navarrete, M. (2010). *Extracción, refinación y caracterización físico-química y nutracéutica del aceite de chocho (Lupinus mutabilis)*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/731/1/56T00249.pdf>
- Ortega, D., Rodríguez, A., David, A., & Zamora, Á. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta agronómica*, 59(1), 111-118.
- Peralta, E. (2016). *El chocho en Ecuador "Estado de Arte"*. Obtenido de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3938/1/iniapscdpCD99.pdf>
- Peralta, E., Murillo, Á., & Mazón, N. (2014). *Manual Agrícola de Granos Andinos: Quinoa, chocho, amaranto y ataco*. Obtenido de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2418/4/iniapscpm69.pdf>
- Pérez, L. (2017). *Fisiología Vegetal*. Obtenido de Nutrición Mineral: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf>
- Prakash, D., & Gupta, C. (2011). Role of phytoestrogens as nutraceuticals in human health. *Pharmacologyonline*, 1, 510-523.
- Quispe, E. (2019). *Diversidad genética y contenido total de proteínas y alcaloides en semillas de especímenes silvestres de lupinus de la región Arequipa*. Obtenido de Facultad de Ciencias Biológicas: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9114/BIquttge.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, D. (2018). *Chocho: Legumbre endémica andina*. Obtenido de GASTRONOMÍA: <https://ecuador.gastronomia.com/noticia/7899/chocho-legumbre-endemica-andina>
- Ranilla, L., Genovese, M., & Lajolo, F. (2010). Isoflavones and antioxidant capacity of Peruvian and Brazilian lupin cultivars. *Journal of Food Composition Analysis*, 22(5), 397-404.
- Rodríguez, T. (2016). *Influencia del proceso de germinación en el contenido y biodisponibilidad de melatonina en semillas de legumbres*. Obtenido de

- Rumiyati, J., & James, A. (2015). Effects of lupin incorporation on the physical properties and stability of bioactive constituents in muffins. *International Journal of Food Science & Technology*, 50, 103-110.
- Saltos, D. (2014). *Evaluación del efecto regulador de Lupinus Mutabilis sobre los niveles de glicemia en pacientes con diabetes mellitus Tipo 2*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8395/1/Saltos%20Barona%2c%20Daniel%20Fabricio.pdf>
- Santana, D. (2017). *Una mejor alimentación de los Ecuatorianos*. Obtenido de Scrib: <https://es.scribd.com/document/364813172/El-Chocho-Es-Una-Alternativa-Para-Una-Mejor-Alimentacion-de-Los-Ecuatorianos>
- Segura, M., Chel, L., & Betancur, D. (2013). *Bioactividad de péptidos derivados de proteínas alimentarias*. Barcelona: OmniaScience.
- Siger, A., Czubinski, J., Kachlicki, P., Dwiecki, K., Lampart, E., & Kalucka, M. (2012). Antioxidant activity and phenolic content in three lupin species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 25, 190-197.
- Suca, G. (2015). Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 18(2), 55-71.
- Tapia, M. (2015). *El Tarwi Lupino Andino (Lupinus Mutabilis)*. Obtenido de Fondo Italo peruano: <http://fadvamerica.org/wp-content/uploads/2017/04/TARWI-espanol.pdf>
- Trino, R., Torres, R., Gonzáles, J., Miranda, W., & Dávalos, J. (2017). Evaluación del aporte nutricional del amaranto (*amaranthus caudatus linnaeus*), quinua (*chenopodium quinoa willd*) y tarwi (*lupinus mutabilis sweet*) en el desayuno. *Revista CON-CIENCIA*, 5, 15-18.

- Velazco, J. (2011). *Aprovechamiento del forraje de Lupinus rotundiflorus (Fabaceae) mediante ensilaje y el efecto de su inclusión en dietas para ovinos*. Obtenido de Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias: http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4781/Herrera_Velazco_Jose_Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villacrés, E., Cuadrado, L., & Falconí, F. (2013). Los granos andinos: Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y sangorache (*Amaranthus hybridus* L.) fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética. *INIAP*, 180-190.
- Villacrés, E., Navarrete, M., Lucero, O., Espin, S., & Peralta, E. (2010). *Evaluación del Rendimiento, características Físico-Químicas y Nutraceuticas del Aceite de Lupinus mutabilis*. Obtenido de Revista Tecnológica ESPOL : <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1499/1/iniapscr2010CD17C Vev.pdf>
- Villamagua, L. (2013). *Elaboración de una mezcla alimenticia a base de Chocho y Maíz, que contribuya a mejorar el Estado Nutricional de los niños y niñas menores de 5 años*. Obtenido de Repositorio Pontificia Universidad Católica del Ecuador : <http://201.159.222.35/bitstream/handle/22000/7517/8.29.001740.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Villarino, J., Jayasena, R., Coorey, S., Chakrabarti, B., & Johnson, S. (2015). *Nutritional, Health, and Technological Functionality of Lupin Flour Addition to Bread and Other Baked Products: Benefits and Challenges*. Obtenido de Taylor and Francis Online: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.814044>
- Vollmannova, A., Lidikova, J., Musilova, J., Snirc, M., Bojnanska, T., Urminska, D., . . . Zetochova, E. (2021). White Lupin as a Promising Source of Antioxidant Phenolics for Functional Food Production. *Journal of Food Quality*, 551-680.
- Wang, S., & Clements, J. (2010). *Antioxidant Activities of Lupin Seeds*. Obtenido de Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture: https://www.academia.edu/32501059/Antioxidant_Activities_of_Lupin_Seeds

- Yáñez, A. (2017). *Aprovechamiento del chocho como fuente de proteína alternativa a la soya en el diseño y desarrollo de una formulación de alimento balanceado para ratones blancos de experimentación* . Obtenido de Repositorio Universidad Central del Ecuador : <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13798/1/T-UCE-0008-QF022-2017.pdf>
- Zabaleta, A. (2018). *Lupinus mutabilis (Tarwi) Leguminosa andina con gran potencial industrial*. Obtenido de Universidad Nacional Mayor de San Marcos: <https://fondoeditorial.unmsm.edu.pe/index.php/fondoeditorial/catalog/download/216/199/900-1?inline=1#:~:text=El%20cultivo%20del%20tarwi%2C%20una,aceites%2C%20por%20lo%20general>
- Zambrana, S., Mamani, O., Canavin, M., Gutierrez, M., Bogdan, C., Ostenson, C., & Gonzales, E. (2020). *Propiedad anti-diabética de Amaranthus caudatus y Lupinus mutabilis*. Obtenido de Department of Molecular Medicine and Surgery: <http://sicyt.umsa.bo/investigaumsa/proyecto/featuredPdfFile/60>
- Zamora, F., García, P., Ruiz, M., Rodríguez, R., & Salcedo, E. (2019). *Composición y Concentración de alcaloides en Lupinus Mutabilis. Durante su crecimiento y desarrollo*. Obtenido de Inverciencia: <https://www.inverciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/672-c-ZAMORA-5-OL.pdf>