UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

TÍTULO

"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LOS ALCALOIDES DEL TARWI *(Lupinus mutabilis)* Y SU USO COMO ANTIHELMÍNTICO"

AUTOR

Vilma Verónica Espín Chimbo

Jessica Vanesa López Grefa

DIRECTOR DE PROYECTO / TRABAJO

Ing. Vicente Fabricio Domínguez Narváez MSc.

Puyo – Ecuador

Enero 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Quienes suscriben Vilma Verónica Espín Chimbo con C.I 1804732228, y Jessica Vanesa López Grefa con C.I 1500847031, hacen constar que son autores del Proyecto de investigación/ Trabajo de Integración Curricular titulado: **"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LOS ALCALOIDES DEL TARWI *(Lupinus mutabilis)* Y SU USO COMO ANTIHELMÍNTICO"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. Vicente Fabricio Domínguez Narváez. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 31 días del mes de enero del 2021





……. …….

Vilma Verónica Espín Chimbo

C.I: 1804732228

Jessica Vanesa López Grefa

C.I: 1500847031

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación/ trabajo de Integración Curricular aprueba el proyecto de investigación/ trabajo de Integración Curricular titulado: **"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LOS ALCALOIDES DEL TARWI *(Lupinus mutabilis)* Y SU USO COMO ANTIHELMÍNTICO"**

Firmado electrónicamente por: LUIS RAMON BRAVO

Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez PhD.

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por: MIGUEL ANGEL ENRIQUEZ ESTRELLA

Msc. Miguel Ángel Enríquez Estrella

Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por: MONICA PAULINA ECHEVERRIA GUEVARA

Dra. Mónica Paulina Echeverria Guevara PhD.

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTIPLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 28-SAU-UEA-2021

Puyo, 18 de febrero de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a las estudiantes: ESPÍN CHIMBO VILMA VERÓNICA con C.I. 1804732228; y LÓPEZ GREFA JESSICA VANESA con C.I. 1500847031, con el Tema: **"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LOS ALCALOIDES DEL TARWI (Lupinus mutabilis) Y SU USO COMO ANTIHELMÍNTICO."**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director de la investigación Ing. Vicente Dominguez Narváez MSc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 9%, Informe generado con fecha 17 de febrero de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ITALO MARCELO

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

DERECHOS DE AUTOR

©2020, Vilma Verónica Espín Chimbo y Jessica Vanesa López Grefa

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios por darme la salud, vida y permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A toda mi familia, pero especialmente a mi padre el Sr. Segundo por su apoyo incondicional y a mi madre la Sra. María por ser mi pilar fundamental darme su amor y confianza para continuar con mis estudios.

A mi hermana Isabel por ser ese estímulo de continuar y alcanzar el anhelado título universitario.

Vilma Espín

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado, a Dios por brindarme su protección, guiarme, y enseñarme el camino correcto.

A mis padres Bolívar y Norma, hermanos, primos, y a todas aquellas personas que me inspiraron moral, ética, espiritualmente dándome consejos, y recomendaciones durante mi formación profesional.

A mis maestros que aportaron con sus conocimientos para poder llegar a concluir con éxito una etapa más de mi vida.

Jessica López

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por darme la fortaleza, sabiduría, y paciencia que puso en mí durante este tiempo de aprendizaje y culminar con mi carrera universitaria.

A la Universidad Estatal Amazónica, por abrirme las puertas de su institución y lograr alcanzar mi formación profesional.

A mis padres por su apoyo incondicional tanto moral, espiritual y económico, a mi hermana por sus consejos, aliento de alcanzar mis sueños y continuar con mis estudios.

A mi tutor, el Ing. Vicente Domínguez por su colaboración de guía durante todo el transcurso del desarrollo de la investigación del proyecto, por su conocimiento, tiempo y dedicación he alcanzado a culminar con planificación y éxito mi tesis.

Vilma Espín

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

El más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica, por darme la oportunidad de ser parte de su institución para obtener un título y crecer profesionalmente.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Vicente Domínguez quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación.

A mi compañera de tesis por, la dedicación y confianza otorgado a largo de este trabajo de titulación.

Jessica López

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca; identificar mediante revisión bibliográfica las propiedades del tarwi *(lupinus mutabilis)* en los aspectos fisicoquímico, nutricionales, los alcaloides, más abundantes y su actividad como antihelmíntico. Los granos de esta planta son utilizados en la alimentación humana, debido a su alto contenido de proteína 44.77%, humedad 11.26%, carbohidratos 20.43%, grasa 17.79%, fibra 8.02% y ceniza 3.76%, sin embargo, las semillas necesitan de un proceso de deslupinización para ser consumidas, siendo necesario eliminar las sustancias anti-nutricionales como la lupanina 66.10%, esparteína 17.55%, 13-hidroxilupanina 14.81 % entre otros, que son los alcaloides que le dan efecto amargo al alimento, el agua residual que se obtiene del proceso de desamargado es usado como defensa para el control de plagas de insectos e incluso como desparasitante en los animales para la eliminación de parásitos internos y externos, por poseer características antihelmínticas, antibacterianas e insecticidas entre otras cualidades presentando inhibición de 18% hasta el 95.8%. Uno de los inconvenientes del uso de estos alcaloides es su toxicidad, pero datos alternativos muestran que la dosis tóxica de los alcaloides quinolizidínicos para humanos es de 25mg/kg.

Palabras clave: *Lupinus mutabilis*, deslupinización, alcaloides, antihelmínticos, antiparasitario, AQ (alcaloides quinolizidínicos).

ABSTRAC

The present research work seeks; to identify through a bibliographic review the properties of tarwi (lupinus mutabilis) in the physicochemical and nutritional aspects, the most abundant alkaloids, and its activity as an anthelmintic. The grains of this plant are used in human food, due to its high content of protein 44.77%, humidity 11.26%, carbohydrates 20.43%, fat 17.79%, fiber 8.02% and ash 3.76%, however, the seeds need a delupinization process to be consumed, being necessary to eliminate anti-nutritional substances such as lupanin 66.10%, sparteine 17.55%, 13-hydroxylupanin 14.81% among others, which are the alkaloids that give the food a bitter effect, the residual water that is obtained from the debittering process is used as a defense for the control of insect pests and even as a dewormer in animals for the elimination of internal and external parasites, because it has anthelmintic, antibacterial and insecticidal characteristics among other qualities, presenting inhibition of 18% up to 95.8%. One of the drawbacks of using these alkaloids is their toxicity, but alternative data shows that the toxic dose of quinolizidine alkaloids for humans is 25 mg / kg.

Keywords: Lupinus mutabilis, delupinization, alkaloids, anthelmintics, antiparasitic, AQ (quinolizidine alkaloids).

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 1
1.1. Planteamiento del problema 2
1.2. Objetivos 3
1.2.1. Objetivo general: 3
1.2.2. Objetivos específicos: 3
1.3. Justificación 3
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5
2.1. *Lupinus mutabilis* (tarwi) 5
2.1.1. Las especies silvestres de lupinus 5
2.2. Condiciones de cultivos; clima y suelos 5
2.3. Regiones productoras y rendimientos 6
2.4. Características botánicas 6
2.5. Características taxonómicas 7
2.6. Análisis bromatológicos del tarwi 8
2.7. Caracterización fisicoquímica 9
2.7.1. Valor nutricional 10
2.8. Definición de alcaloides 10
2.8.1. Características de los alcaloides 11
2.9. Toxicidad 11
2.10. Compuestos bioactivos. 11
2.11. Alcaloides quinolizidínicos 12
2.12. Alcaloides del tarwi 13
2.12.1. Utilidades de los alcaloides 14
2.13. Tipos de alcaloides del tarwi 14
2.13.1. Lupanina 14

2.13.2. Esparteína 15
2.14. Biosíntesis de Esparteína y Lupanina 15
2.15. Antihelmínticos 15
2.15.1. Antihelmínticos naturales 16
2.15.2. Funciones 16
2.16. Características de los antihelmínticos 16
2.17. Características de los antiparasitarios 17
2.18. Resistencia Antihelmíntica 17
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 18
3.1. Tipo o Diseño de Investigación: 18
3.2. Método de investigación: 18
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS 19
4.1. Resultados 19
4.1.1. Características fisicoquímicas presentes en el tarwi 19
4.1.2. Alcaloides Quinolizidínicos del género Lupinus mutabilis 22
4.1.3. Actividad Antihelmíntica en ensayos “in vitro” (fuera de un organismo) ... 23
4.1.4. Actividad Antihelmíntica en ensayos “in vivo” (dentro de un organismo) .. 25
4.2. Conclusiones 27
4.3. Recomendaciones 28
REFERENCIAS 29
APÉNDICES Y/O ANEXOS 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Descripción taxonómica del (*Lupinus mutabilis*). 8

Tabla 2.2. Análisis bromatológico del tarwi. 9

Tabla 4.1. Características fisicoquímicas del tarwi. 20

Tabla 4.2. Análisis de los alcaloides del tarwi. 22

Tabla 4.3 Antihelmínticos realizado en laboratorio (cajas Petri y tubos de ensayos). ... 24

Tabla 4.4. Efecto del extracto del tarwi en la presencia de parásitos en cuyes. 26

Tabla 4.5. *Lupinus mutabilis* como antiparasitarios gastrointestinales en bovinos jóvenes. 26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Producción de tarwi Ecuador 6

Figura 2.2. Diversidad genética del tarwi (*Lupinus mutabilis*)..... 7

Figura 2.3. Biosíntesis de los alcaloides 12

Figura 2.4. Estructura de alcaloides del tarwi (*Lupinus mutabilis*). 13

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Glosario 34

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

A medida que la población aumenta, va incrementando la demanda de alimentos nutritivos como también de medicamentos antiparasitarios que ayuden a mejorar la salud y bienestar de los seres vivos (plantas, animales y humanos), por esta razón se buscan alternativas innovadoras con el propósito de prevenir o mitigar problemas y enfermedades por la infestación de parásitos, además, los seres humanos siempre hemos acudido a las plantas desde hace mucho tiempo para obtener beneficios de los metabolitos secundarios y utilizarlos en aplicaciones farmacéuticas (Castro, 2014).

El presente trabajo de investigación estudia al tarwi, una semilla de origen andino muy usado en la Región Sierra del Ecuador, este alimento posee un alto valor nutricional por su contenido de proteínas, fibra y vitaminas que favorecen al buen funcionamiento del sistema inmunológico, sin embargo, tiene gran cantidad de alcaloides lo que le da su sabor amargo, e impide su consumo de forma directa y requiere de un proceso de desamargado o deslupinización (Guilengue et al., 2020).

Los alcaloides principales encontrados en el tarwi que causan su sabor amargo se denominan: Lupanina, esparteína, 4-hidroxilupanina, 13-hidroxilupanina, cuyas propiedades son alcalinas, debido a la presencia de nitrógeno básico creando por lo general núcleos heterocíclicos. Mediante estudios, se conoce que los alcaloides son sintetizados en las hojas y en las flores de los lupinus después son trasladados a la semilla en desarrollo y al final de las florescencias se encuentran en mayor aumento (Arias et al., 2019).

Uno de los mayores problemas que tienen los agricultores hoy en día es la infestación de parásitos en sus animales que conllevan a pérdidas económicas, por lo que se propone aprovechar el líquido resultante de la deslupinización del tarwi para desparasitar a estos animales de manera externa e interna, como una alternativas al uso de productos químicos de mayor costo y de un fuerte impacto ambiental, este trabajo se centra en el estudio de los alcaloides del tarwi y su uso como antihelmíntico (Peña & López, 2018).

1.1. Planteamiento del problema

El Tarwi es una leguminosa de flores azules presente en los pajonales andinos, especialmente en Ecuador, Perú y Bolivia; los pobladores consumen las semillas de altramuz desamargadas de forma tradicional, el efecto del tarwi tiene incidencia en los factores nutricionales e incluso medicinales por ser una fuente significativa de proteínas y grasas que ayuda al crecimiento y desarrollo cerebral de los niños, pues tiene calcio y aminoácidos.

Los alcaloides presentes en el tarwi tienen una actividad como antihelmíntico en el sabor amargo de sus semillas debido a la presencia de alcaloides quinolizidínicos como lupanina, esparteína e hidroxilupanina, esta condición exige a un obligado procesamiento artesanal o tecnificado para eliminar los alcaloides presentes en el grano.

Lupanina es el alcaloide que se encuentra en mayor concentración en el tarwi con un 60%, su función principal es la defensa de la planta contra insectos, herbívoros y patógenos microbianos, los agricultores utilizan para el control de plagas en sus cultivos, varios estudios han logrado comprobar que la Lupanina es más activa y su acción farmacológica es inmediata en comparación con la Esparteína con el 7.5%, debido a que se difunde rápidamente a través de las membranas biológicas, y la duración de su actividad es más corta que la Esparteína, los alcaloides puros o en forma de sales administrados en dosis altas actúan como tóxicos, pero cuando se administran en dosis moderadas actúan como medicamento.

Es necesario investigar la genotoxicidad y citotoxicidad de los alcaloides quinolizidínicos encontrados en los *Lupinus mutabilis* para poder determinar si tienen efectos sobre las infestaciones parasitarias que son una de las principales causas de enfermedad y pérdida de la producción en las explotaciones pecuarias de todo el mundo.

Es preciso valorar si el uso de los extractos de alcaloides obtenidos del agua residual procedente de la deslupinización del tarwi y otros métodos de extracción, tienen efectos positivos como antiparasitarios en animales.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

- Analizar bibliográficamente los alcaloides del Tarwi (*Lupinus mutabilis*) y su uso como antihelmíntico.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Identificar mediante la revisión bibliográfica al Tarwi (*Lupinus mutabilis)* de forma físico- química y nutricional.
- Describir las características de los alcaloides en el tarwi.
- Definir las características de un antihelmíntico.

1.3. Justificación

Es importante conocer las características que poseen las plantas porque muchas tienen bondades y usos farmacológicos provenientes de diversas partes de la planta que podrían ser utilizadas para la creación de nuevos productos, por tal motivo los seres humanos tienen la necesidad de hacer investigaciones para encontrar el método adecuado de extracción de la droga o principio activo e incluso reutilizar los desechos generados en su proceso de elaboración y así generar desarrollo a los países que necesitan levantarse de la pobreza, desnutrición y enfermedades que se presentan en sus vidas día a día.

El tarwi para ser consumido debe pasar por un proceso de deslupinización, y en una de sus etapas se desechan los residuos provenientes de esta leguminosa sin tener conocimiento de los beneficios que se obtiene del extracto acuoso de esta semilla, por eso es necesario generar un estímulo hacia el conocimiento que se le puede otorgar tanto a jóvenes y campesinos del altiplano de la serranía ecuatoriana que en muchos casos viven de la agricultura, y en ocasiones sus cultivos, animales e incluso sus cuerpos son infectados por microorganismos, esto conlleva a bajar el rendimiento y la capacidad de cada uno de ellos; por esa razón es importante investigar a los alcaloides quinolizidínicos propios de la especie Lupinus.

Entre los compuestos orgánicos encontrados en las semillas del tarwi se encuentran los alcaloides quinolizidínicos que en ocasiones pueden ser tóxicos, sin embargo, en dosis controlables y con un tratamiento adecuado tienen beneficios positivos en los seres vivos, uno

de estos es su característica antihelmíntica, el agua residual que se obtiene en el proceso de desamargado, también algunos agricultores lo utilizan como repelente para las plagas en sus cultivos.

Es preciso conocer las características de los alcaloides más significativos en el tarwi como la lupanina y esparteína, que al poseer efectos secundarios favorables son usados para el control de plagas de parásitos e insectos que afectan a los cultivos, la acción de estas sustancias también puede ser beneficiosas para desparasitar a los animales.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. *Lupinus mutabilis* (tarwi)

La variedad Lupinus contiene más de 280 géneros, alrededor del 90% de los cuales son oriundos y ampliamente comercializados en todo el continente americano, con mayor inter e intraespecífica variabilidad genética que en las variedades euroafricanas. *Lupinus mutabilis* (también conocido como tarwi, chocho, altramuz y lupino andino) es nativo de la región andina de América del Sur. La especie tiene una amplia variabilidad de colores de flores, tallos y semillas, y presenta indefinido desarrollo. Es utilizado para la obtención de semillas, pasto, humus verde, adherencia de nitrógeno atmosférico y subsistencia del suelo (Guilengue *et al*., 2020).

2.1.1. Las especies silvestres de lupinus

La especie Lupinus en el mundo, se establece de 300 a 400 variedades con amplios centros de diversidad, siendo los más importantes el área mediterránea para los Lupinus del viejo mundo, mientras que California, México en América del Norte y los Andes que pertenecen al nuevo mundo; se encontraron datos de dos centros de mayor concentración de las especies silvestres: el primero es América (California) que forma un área de comercialización en cuanto a número de especies y variedades, en segundo lugar esta los andes centrales, que va desde el sur de Colombia a Bolivia. Para avalar la diversidad Charles Piper desarrolló investigaciones, desde los años 1938, en la Universidad de Michigan, durante más de 20 años donde intercambió material e identificó 90 especies del género Lupinus con los botánicos cusqueños, César Vargas y Efraín Carrillo, datos que se guardan en el herbario de la Universidad del Cusco (Tapia, 2015).

2.2. Condiciones de cultivos; clima y suelos

Es susceptible al exceso de humedad y la sequía durante la floración y envainado. No resiste las heladas en la etapa inicial y en la formación de vainas. Los suelos que necesita deben ser francos y franco-arenosos con cantidad necesaria de nutrientes y buen drenaje, así como un pH que fluctúa entre 5 y 7. En suelos ácidos, la adherencia de nitrógeno por el Rhizobium lupini es muy limitado, debiendo utilizarse en lo posible cepas nativas de cada zona de cultivo (Suca & Suca, 2015).

2.3. Regiones productoras y rendimientos

El tarwi se cultiva desde Venezuela hasta el norte de Argentina y Chile son las zonas de origen de esta leguminosa. Sin embargo, en la actualidad se cultivan en Ecuador, Perú y Bolivia. En Ecuador, se siembra en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Imbabura, Pichincha y Bolívar. Como se muestra en la Figura 2.1. Producción de tarwi en Ecuador. Las tasas de producción de tarwi en Ecuador alcanzaron 1700 toneladas y un rendimiento de 0,38 t/ha para el año 2013 (Suca & Suca, 2015).



Figura 2.1. Producción de tarwi Ecuador. Tomado de Memoria Forro Virtual. Elaborado por (Mercado, 2018)

2.4. Características botánicas

El tarwi es una planta que se desarrolla entre los 6 a 8 meses su altura va desde 0,4 hasta 2,5 m, dependiendo del prototipo y el medio ambiente en el que se siembra, su raíz es un pivotante de tallo grueso, alcanzando hasta 3m, las raíces secundarias ramificadas poseen nódulos simbióticos con microorganismos del género Rhizobium lupini, de tallos cilíndricos y leñosas, hojas de forma palmadas y digitadas, inflorescencias en racimo con varios verticilos florales, de cinco flores cada uno, de colores como el azul, púrpura, azul cielo, rosa a blanco (Vicente, 2016).Como se muestra en la Figura 2.2. Diversidad genética del tarwi *(Lupinus mutabilis)*



Figura 2.2. Diversidad genética del tarwi *(Lupinus mutabilis).* Tomado de Genetic and Genomic Diversity in a Tarwi. Elaborado por (Guilengue *et al.*, 2020)

Algunas de flores son multicolores y muy ramificadas tienen un profundo cáliz agrietado, pétalo estándar erecto; alas connadas en el apéndice; quilla curvada, picuda y encerrada dentro del alas; estambres 10, alternativamente largos y basifijos, corto y versátil; ovario sésil; estilo curvado, glabra; estigma terminal; vaina oblonga, más o menos comprimida, septada entre las semillas, valvas gruesas y correoso, dehiscente; cotiledones gruesos y carnosos (Wolko *et al*., 2011).

Sus semillas se caracterizan por estar en vainas que no se rompen y a la vez son grandes, existen diferentes colores, pero el predominante es blanco, por tal razón se dice que existe una diversidad fenotípica en la forma de la semilla desde lenticulada a esférica y el color de la cubierta (Gulisano *et a*l., 2019).

2.5. Características taxonómicas

Según (Martínez *et al*., 2020), señalan que la planta del tarwi tiene una amplia diversidad genética, adaptación al suelo, precipitación, resistencia a enfermedades, plagas y condiciones climáticas adversas por esta razón el comportamiento y característica dan como resultados variaciones en el contenido de proteínas, alcaloides, aceites, minerales de mucha importancia alimenticia y farmacológica donde la legumbre del tarwi sea cultivada y desarrollada.

(FAO, 1998), La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, clasificó al *Lupinus mutabilis* de la siguiente manera: cuyos resultados se muestra en la Tabla 2.1. Descripción taxonómica del (*Lupinus mutabilis*).

Tabla 2.1.

Descripción taxonómica del (*Lupinus mutabilis*).

Nombre científico	***Lupinus mutabilis***
Reino	Plantae
Subreino	Plantas vasculares (*traechofhyta*)
División	Plantas con flores (*filo magnoliohyta*)
Clase	Mangolias, margaritas y parientes
Dicotiledóneas	Magnoliosida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabaleas
Género	*Lupinus*
Especie	*Lupinus mutabilis*
Nombres comunes	Chocho, alverjilla (Colombia, ecuador), altramuz (España), tarwi (Perú), lupino

Nota. La tabla representa la descripción taxonómica de la planta del *(Lupinus mutabilis).*

Fuente: (Alejandra & Correa, 2020)

2.6. Análisis bromatológicos del tarwi

Los estudios sobre los componentes químicos que posee la semilla de *Lupinus mutabilis* son de gran utilidad por la cantidad de proteína y aceite que poseen, el grano amargo contiene valores en promedio 42% de proteína; en relación con la fase de desamargado, lo cual permite reunir más el contenido de este nutriente, con cantidad de 51%, en base seca como se muestra en la Tabla 2.2. Análisis bromatológico del tarwi.

Tabla 2.2.

Análisis bromatológico del tarwi.

Componente	**tarwi amargo**	**tarwi desamargado**
Proteína (%)	47.80	54.05
Grasa (%)	18.90	21.22
Fibra (%)	11.07	10.37
Cenizas (%)	4.52	2.54
Humedad (%)	10.13	77.05
Alcaloides (%)	3.26	0.03
Azúcares totales (%)	1.95	0.73
Azúcares reductores (%)	0.42	0.61
Almidón total (%)	4.34	2.88
K (%)	1.22	0.02
Mg (%)	0.24	0.07
Ca (%)	0.12	0.48
P (%)	0.60	0.43
Fe (ppm)	78.45	74.25
Zn(ppm)	42.84	63.21

Nota. La tabla representa el Análisis bromatológico de las semillas frescas y desamargadas del tarwi.
Fuente: (CHEZA, 2017)

2.7. Caracterización fisicoquímica

Según (Ortega *et al*., 2010), la hidratación de la semilla de *Lupinus mutabilis* está compuesta de un 88.97% por los cotiledones y un 11.03% por el tegumento. Posee una cantidad de humedad de 9.63 % en base seca y 24 horas después de sumergida en agua alcanza 64.32%, en este último estado los cotiledones presentan el 90.66% y el tegumento 9.34% de la capacidad total de los granos. En fase seca, los cotiledones constituyen una

estructura resistente de 9.67% de humedad. Al ser humedecido hasta 55% de agua se vuelven elásticas y a una superior cantidad de hidratación o completamente hidratados (65%) el fenómeno de turgencia hace que se tornen frágiles y delicados a los trabajos mecánicos, además indica que el pH que tienen semillas de lupino es ácido y variable entre 5.5 y 5.8. La alteración está relacionada con el aumento de la cantidad de agua en el grano, estas variaciones tan diminutas se deben al alto volumen de proteínas que apaciguan los cambios de pH.

2.7.1. Valor nutricional

El calcio y el fósforo que posee el grano de tarwi ayudan a la conservación del sistema óseo, movimiento del músculo cardiaco y generación de energía. Entre los principales micro elementos resalta el hierro, que es un mineral esencial para la fabricación de hemoglobina, transferencia de oxígeno y aumento de la resistencia a las enfermedades, es una excelente fuente de vitamina B, como la Tiamina (B1) primordial para el proceso de creación de azúcares, dirección de impulsos nerviosos y metabolismo del oxígeno, la Riboflavina (B2) que beneficia a la impregnación de proteínas, grasas y carbohidratos (Laurente, 2016).

Su proteína tiene valores convenientes de lisina y leucina aminoácidos básicos, esenciales en la etapa de desarrollo en los niños, mujeres en gestación y durante la lactancia, al combinar este alimento con algunos cereales se obtiene un excelente complemento de aminoácidos, de valor proteico es casi similar al de los alimentos de origen animal entre estos tenemos la leche, carne, queso y el huevo (Laurente, 2016).

2.8. Definición de alcaloides

Se menciona que en su estado natural se encuentran presentes en todos los órganos de las plantas (hojas, flores, frutos, semilla y corteza), es un compuesto orgánico de origen natural vegetal, incluyen nitrógeno en su estructura, procedentes generalmente de aminoácidos, de representación más o menos básica, de distribución concreta, con propiedades farmacológicas significativas a dosis bajas (Castro, 2014).

2.8.1. Características de los alcaloides

Dentro de las características se describe que contienen al menos un átomo de nitrógeno en la molécula con mayor o menor grado de carácter básico y presentan actividad biológica y se pueden clasificar de acuerdo con su estructura química, propiedades espectroscópicas, la biosíntesis, el origen biológico y su acción farmacológica (Lahosa, 2019).

(Ringuelet & Viña, 2020),mencionan las siguientes características: unos pocos son líquidos a temperaturas ambientes como la esparteína, no tienen olor, son amargos y en general incoloros; su peso molecular oscila entre 100 y 900 g/mol; son absorbentes de rayos UV, por la presencia de núcleos aromáticos en sus estructuras; la mayoría son levógiros, por presentar al menos un carbono asimétrico en su estructura y la solubilidad del alcaloide base y de sus respectivas sales, en agua y disolventes orgánicos es opuesta aunque hay excepciones.

2.9. Toxicidad

Uno de los inconvenientes de la utilización de alcaloides del tarwi, es su toxicidad, el uso de estos alcaloides en dosis inadecuadas tiene afección neurológica, provocando la pérdida de la coordinación motora y control muscular. La dosis mortal del alcaloide de *Lupinus mutabilis* en humanos, de acuerdo estudios ejecutados es alrededor de 30 mg/kg, según (Paolisso 1988) describe que una cantidad de 240 mg de sulfato de esparteína en personas con sobrepeso moderado no mostró toxicidad aguda, debido a que la dosis terapéutica del sulfato de esparteína es de 75 a 600 mg/día, pero datos alternativos muestran que la dosis tóxica de los alcaloides quinolizidínicos para humanos es de 25 mg/kg (Áviles & Flores, 2017).

2.10. Compuestos bioactivos.

El *Lupinus mutabilis* contiene compuestos bioactivos como oligosacáridos, compuestos fenólicos y alcaloides, que son una de las principales biomoléculas que pueden prevenir y proteger contra enfermedades crónicas, como cáncer, y diabetes, neuróticos y problemas cardiovasculares, el efecto beneficioso de estos compuestos depende de sus

estructuras, químicas concentraciones, tiempos de exposición, interacciones con otros, los compuestos se consideran anti nutrientes con efectos negativos y positivos para la vida (Ruiz *et al*., 2019).

2.11. Alcaloides quinolizidínicos

Son un conjunto importante de compuestos naturales de la especie de *Lupinus mutabilis* con metabolitos secundarios que se comporta como mecanismos de defensas contra microorganismos Fito patógenos, herbívoros y contra otras especies de plantas que causan competencia, debido al sabor astringente y amargo (Zamora *et al*., 2008).

Según (Lahosa, 2019), los alcaloides quinolizidínicos son numerosos en la familia *leguminosae*, principalmente en el género Lupinus, y para obtener sus estructuras macromoleculares son vio-sintetizados a través de la ciclación de una unidad de cadaverina, la cual deriva de la descarboxilación del aminoácido L-lisina.

La biosíntesis se basa casi siempre en los aminoácidos: ornitina, lisina, fenilalanina, tirosina, triptófano, histidina y ácido antranílico como se muestra en la Figura 2.3. Biosíntesis de los alcaloides.

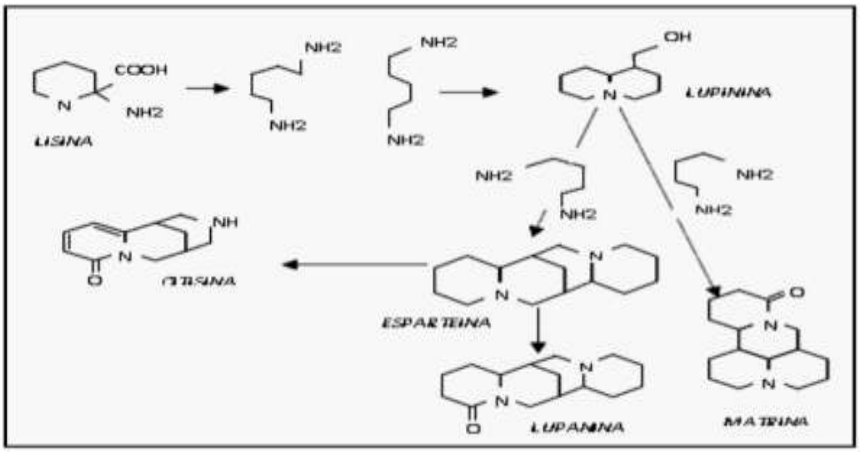

Figura 2.3. Biosíntesis de los alcaloides. Tomado de Elaboración in vitro de la actividad antifúngica de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis sweet*). Elaborado por (Coloma, 2010).

2.12. Alcaloides del tarwi

Son responsables del sabor amargo y toxicidad de esta leguminosa y puede alcanzar un contenido de 3,3% en semillas sin preparar. Los principales son la Lupanina, esparteína hidroxilupinina presentes en casi todas las especies de lupinos silvestres (Figura 2.4. Estructura de alcaloides de *Lupinus mutabilis*), por ende, el proceso de desamargado, puede reducir la concentración de estas sustancias (Flores *et al*., 2018).

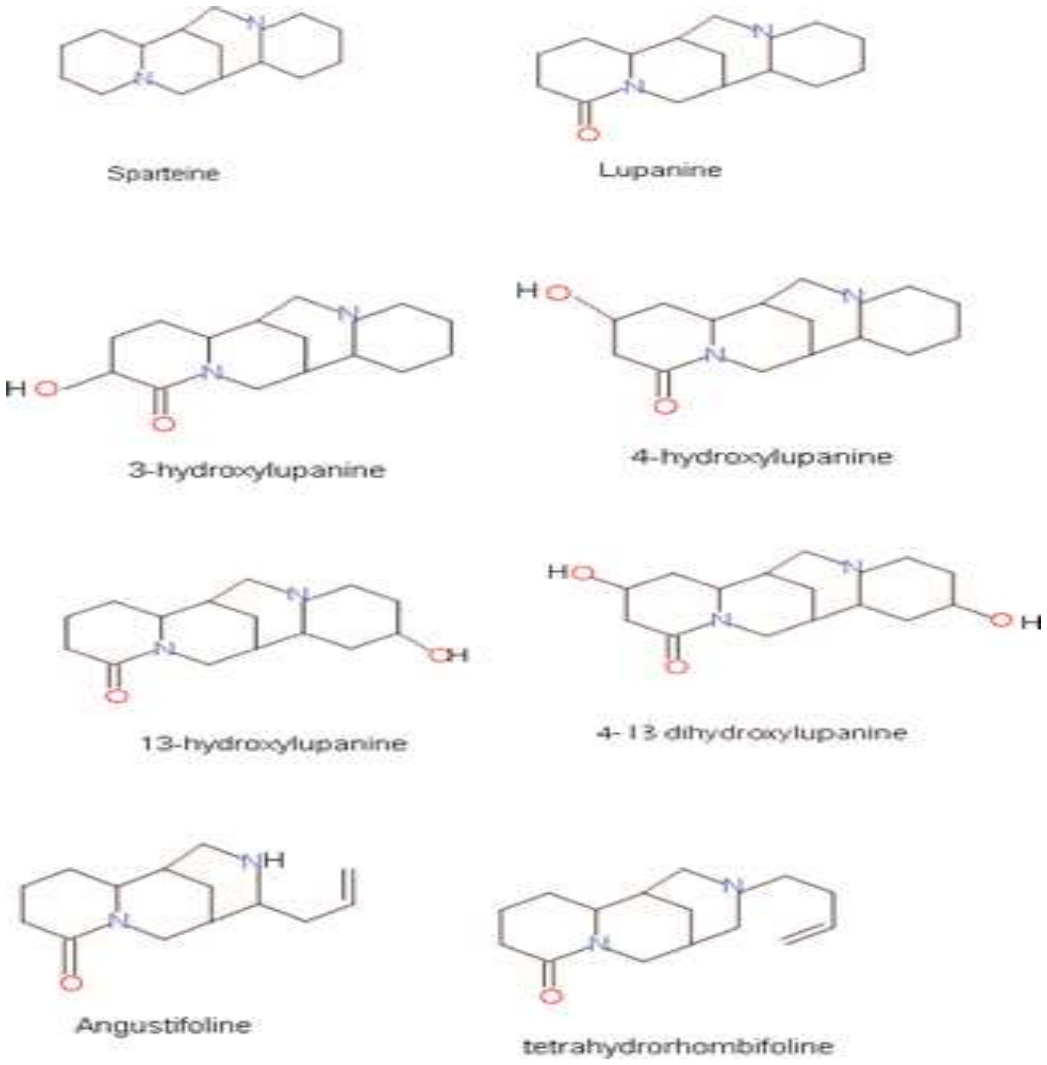

Figura 2.4. Estructura de alcaloides del tarwi *(Lupinus mutabilis)*. Tomado de *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. Elaborado por (Carvajal *et al*., 2016).

2.12.1. Utilidades de los alcaloides

Estudios “in vitro” (en un laboratorio) demuestra que los alcaloides quinolizidínicos tienen efectos secretagogos (pancreáticos) en islotes de ratas aislados. Además, demostraron en estudios “in vivo” (dentro de un organismo) en ratas diabéticas que el alcaloide 2-tiinospartina un alcaloide de *Lupinus mutabilis* redujo las concentraciones de glucosa plasmática (Fornasini *et al*., 2012).

Se puede utilizar en la agricultura gracias a su efecto alelopático de los alcaloides, además el extracto acuoso de semillas de *Lupinus mutabilis* sobre los hongos: *Alternaria solani* y *Fusarium solani,* se observó que el efecto antifúngico del extracto acuoso de semillas de *Lupinus.* mostró una inhibición del crecimiento micelial en *A. solani* del 74.2% y en *F. solani* del 66.86%, Los alcaloides (esparteína, lupanina, lupanidina, etc.) se emplean para controlar ectoparásitos y parásitos intestinales de los animales (Fierro, 2010).

(Arias *et al*., 2019). Mencionan la utilización del *Lupinus mutabilis* como un desparasitante debido a que su característica de amargo (alcaloides) hacen que elimine los parásitos en las personas, mientras que (Martínez et al., 2020), describe que los metabolitos secundarios de los alcaloides especialmente la lupanina actúan como defensa activa para el control de plagas de insectos, matando al microorganismo patógeno o inhibiendo su reproducción.

Lupinus mutabilis como extracto o como elemento dietético puede contribuir a la prevención de infecciones del tracto urinario, que es de importancia en una era de creciente resistencia a los antibióticos, previene la formación de biopelículas de bacterias que evaden el sistema inmunológico y los antibióticos (Kamolvit *et al*., 2018).

2.13. Tipos de alcaloides del tarwi

2.13.1. Lupanina

Es un alcaloide quinolizidínicos cuya fórmula química es $C_{15}H_{24}N_2O$ con peso molecular de 248,36 g/mol su forma es tetracíclica con un núcleo quinolizidínicos y un grupo amida (ver Figura 2.4. Estructura de alcaloides del tarwi *Lupinus mutabilis)*. Principalmente son solubles en agua, alcohol y éter. Gracias a su estructura se le confiere versatilidad que le

permite ser materia prima de la semisíntesis de otros alcaloides, posee actividad antibacteriana se sugiere utilizar como insecticida (Zabala, 2014). Este alcaloide tiene una proporción de 2,5 % en el grano crudo y 11, 5% en el extracto (N. Rodríguez, 2014).

2.13.2. Esparteína

Su fórmula general es $C_{15}H_{26}N_2$, los átomos de nitrógeno de la esparteína están unidos en forma terciaria, poseen un peso molecular de 234 g/mol. Es un líquido oleoso, espeso, incoloro con olor débil a anilina y sabor sumamente amargo. Tiene un peso específico de 1.02 a 20° C y hierve a 311°C en corriente alcalina (ver Figura 2.4. Estructura de alcaloides del tarwi *Lupinus mutabilis)*. Es insoluble en agua, alcohol, éter y cloroformo con reacción alcalina (Rodriguez, 2009).

2.14. Biosíntesis de Esparteína y Lupanina

Las plantas de la especie *Lupinus mutabilis* agrupan hasta un 6% de alcaloides en sus hojas, tallos y semillas, estos son usados como protección contra plagas y herbívoros, son drogas derivados de aminoácidos alifáticos del tipo Bis-quinolizidínicos tetracíclicos, que fueron encontrados en anfibios, plantas acuáticas y hongos terrestres, la mayoría tienen estructuras de bicíclicos o tetracíclicos. Estos se localizan como bases de tercer orden y N-óxidos en cantidades que cambian desde niveles difíciles de hallar en variedades dulces genéticamente adquiridas, hasta 3.8% en ciertos géneros amargas de *Lupinus albus* y *Lupinus mutabilis* (Martínez & Acosta, 2020).

2.15. Antihelmínticos

Se usa para referirse a medicamento utilizados para tratar infecciones de animales con gusanos y parásitos. Esto incluye tantos gusanos planos, por ejemplo, flukes (trematodos) y tenias (cestodos) como gusanos redondos (nematodos). Los principios activos de los antihelmínticos son de gran importancia para la medicina tropical humana y para la medicina veterinaria (Holden & Walker, 2013).

2.15.1. Antihelmínticos naturales

La flora que nos rodea brinda un número importante de alternativas terapéuticas para la salud, desde épocas lejanas el uso etnomédico de las plantas, basado en sus indicios, más la sabiduría que en la validación científica, contribuyó innegablemente a mitigar diferentes dolencias que aquejan al hombre y los animales los frutos de las plantas en este caso del tarwi se utilizan de manera popular como remedio antiparasitario (Rodríguez et al., 2015).

Las plantas se han evaluado con el objetivo de conocer su posible uso como antihelmínticos, en la prueba de campo, la planta eliminó totalmente la carga parasitaria de Haemonchus y Cooperia spp. (parásitos del intestino del bovino), que se detectó por la reducción de la cantidad de huevos de los helmintos por gramo de heces fecales a nivel cero, a los dos días postratamiento; mientras que con la prueba controlada de la infestación de terneros con larvas infectivas de Haemonchus contortus se demostró su actividad antihelmíntica terapéutica (Rodríguez *et al*., 2015).

Los compuestos naturales surgen como una potencial fuente de nuevas moléculas antiparasitarias, sin embargo, el descubrimiento de compuestos antihelmínticos se ve limitado por la dificultad de evaluar su actividad en fases adultas de nematodos parásitos mantenidos fuera del hospedero, sumado a lo costoso de la infección y sacrificio de animales experimentales donadores (Peña & López, 2018).

2.15.2. Funciones

Actúan de manera local para expulsar a los gusanos del tubo digestivo o a nivel sistémico, para erradicar los helmintos adultos o las formas intermedias que invaden los órganos y tejidos, gracias al descubrimiento de estos medicamentos, por las aplicaciones en veterinaria, los médicos cuentan ahora con compuestos eficaces y en algunas ocasiones de amplio espectro, que curan o controlan las infecciones causadas por helmintos intestinales o extraintestinales. (Fierro, 2010).

2.16. Características de los antihelmínticos

Cabe mencionar que los antihelmínticos deben tener una amplia actividad en contra de parásitos maduros, inmaduros e incluso larvas en estado de desarrollo, además deben

contener un extenso margen de seguridad compatibles con otros compuestos para que tengan una alta funcionalidad al momento de aplicarlos en diferentes organismos (Yánez, 2015).

2.17. Características de los antiparasitarios

Existen antiparasitarios que son capaces de expulsar o eliminar a los parásitos adultos del ganado sin matarlos, a estos antiparasitarios se les llama vermífugos, algunos tienen la facultad para deshacer o aniquilar a los parásitos que dañan animales bovinos y éstos se unen en: Vermicidas; son antiparasitarios que acaban a los parásitos adultos que viven en el interior del animal, los principales son los Fasciolicidas, que matan a las fasciolas maduras o adultos; Tenicidas, que exterminan a las tenias; Nematicidas, que elimina a los gusanos redondos; Larvicidas; estos antiparasitarios asesinan a las larvas de los parásitos. Ovicidas; antiparasitarios que destruyen los huevos del parásito normalmente internos y/o externos, algunas veces los huevos pueden caer al pasto, pero ya no forman orugas de modo que la carga parasitaria y contagio en el animal disminuye. Acaricidas; eliminan a los ácaros. Garrapaticidas; acaban a las garrapatas. Insecticidas; matan insectos, su uso inadecuado conduce a envenenamientos fatales (SENASA, 2017).

2.18. Resistencia Antihelmíntica

Múltiples investigaciones han demostrado que el tarwi presenta una amplia diversidad genética y adaptación a suelos, precipitación, temperatura, altitud y período vegetativo, lo que a su vez ocasiona que sus valores proteicos y actividad antibacterial pueda variar de acuerdo a las condiciones de cultivo y suelos en los que sea cultivado, así mismo, varía en precocidad, contenido en proteínas, aceites, alcaloides, rendimiento, tolerancia a plagas y enfermedades; Los alcaloides del género *Lupinus mutabilis* han presentado actividad antimicrobiana, según estudios previos, en donde dependiendo de las condiciones climáticas (como en zonas ecuatoriales), es posible evidenciar el incremento en el contenido de alcaloides (Martínez *et al*., 2020).

Se expresa como la carencia de la sensibilidad transferida genéticamente en las poblaciones de gusanos que antes eran delicados a la misma droga, esto debe a un incremento característico de individuos incluidos en una misma población de parásitos, que son capaces de resistir dosis de droga que han sido catalogados como letales para la mayor parte de organismos de una misma especie (Luna & Rojas, 2015).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo o Diseño de Investigación:

La investigación tuvo carácter exploratoria-cualitativa documental el objetivo de este método fue realizar estudios exploratorios analíticos, teóricos e históricos, con el fin de proponer conceptos que ayuden a la comprensión del tema en desarrollo, mediante la revisión y recopilación de datos en tesis, libros o documentos escritos, este diseño permitió al investigador definir y seleccionar los datos bibliográficos, dichos documentos pueden ser de varios tipos: impresos, electrónicos o gráficos.

3.2. Método de investigación:

El levantamiento de la información se realizó en las bases de búsqueda, Google Académico, PubMed y Scielo, basándose en una revisión bibliográfica, en indagación de información relevante y confiable sobre el origen del tarwi, su composición, alcaloides presentes, sus usos y su actividad antibacteriana.

Para determinar la cantidad de alcaloides presentes en el tarwi, su uso como antihelmíntico se analizaron a través de la revisión de la información contenida en libros digitales y físicos, artículos científicos, tesis de pregrado y posgrado con información selecta y de importancia para el estudio.

El análisis de los contenidos nutricionales, fisicoquímicas, taxonómicas etc. se realizó mediante tablas publicadas en artículos científicos y libros ubicados bajo las palabras claves, tarwi, *lupinus mutabilis*, lupino, altramuz, alcaloides quinolizidínicos, antihelmínticos, antiparasitario que se han buscado en dichas plataformas.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados

Para enriquecer de conocimiento este trabajo teórico se recopiló información importante de diferentes autores y se analizó los siguientes temas:

4.1.1. Características fisicoquímicas presentes en el tarwi

El estudio bibliográfico realizado en esta investigación fue arduo, pero se escogió las más significativas, en la Tabla 4.1 Características fisicoquímicas del tarwi., se muestra la comparación de compuestos nutricionales reportados por diferentes autores.

Tabla 4.1.

Características fisicoquímicas del tarwi.

Composición	%	Métodos	Referencia
Humedad	8,31		
Ceniza	4,05		
Grasa	16,38	Análisis	(Martínez et al., 2020)
Fibra Cruda	10,35	proximal	
Proteína	45,50		
Humedad	9,63		
Ceniza	5,52		
Grasa	13,91	Análisis	(Ortega et al., 2010)
Fibra	8,58	proximal	
Proteína	44,86		
Humedad	8,1		
Ceniza	3,9		
Grasa	18,9	……	(Carvajal et al., 2016)
Fibra	8,2		
Proteína	43,3		
Humedad	…..		
Ceniza	2.4	Análisis	(Suca & Suca 2015)
Ácidos Grasos	20.4	proximal	
Proteína	51.1		
Carbohidrato	26.1		
Humedad	11.54		
Ceniza	2.41		
Grasa	17.20	…….	(Pérez et al., 2017)
Proteína total	43.54		
Fibra cruda	7.78		
Carbohidratos	17.54		
Humedad	18.72		
Ceniza	4.28		
Grasa	……	……	(León et al., 2011)
Proteína total	38.85		
Fibra cruda	6.18		
Carbohidratos	10.11		
Humedad	…….		
Ceniza	…….		
Grasa	20	……	(Alvarado, 2017)
Proteína total	44		
Fibra cruda	7		
Carbohidratos	28		
Humedad	78.59		
Proteína	55.03	Análisis	(Domínguez, 2017)
Grasa	21.64	proximal	
Fibra	10.57	Base húmedo	
Ceniza	2.59		

Fuente: Espín & López (2020)

Todos los autores identificaron los siguientes contenidos: la proteína como el elemento de mayor concentración en el tarwi, mientras que los autores (Suca & Suca, 2015) encontraron en sus estudios mayor cantidad de proteína con un 51% en base seca, además en la investigación de (Domínguez, 2017) identificó en 55.03 % en base húmeda, (León et al., 2011) estableció el valor mínimo de 38.85%; la cantidad mínima de la ceniza fue identificada por (Suca & Suca, 2015) y (Pérez et al., 2017) con un 2.4 %, mientras que (Ortega et al., 2010) con 5.52 % de concentración máximo y promedio 3.76% a excepción de (Alvarado et al., 2017) que no hace relevante a la ceniza en su investigación.

El autor (Martínez et al., 2020) encontró en sus estudios la cantidad de fibra 10,35 % como máximo, (León et al., 2011) como mínimo 6,18% y promedio total de 8.02%; la humedad mínima de 8.1% fue descrita por (Carvajal et al., 2016), la máxima 18.72 % por (León et al., 2011) y promedio total de 11.26%; el número mínimo de grasa lo estableció (Ortega et al., 2010) con 13.91 %, (Suca & Suca, 2015) 20.4% como máximo y promedio total de 17.79%; los carbohidratos fueron encontrados en menor cantidad 10.11 % , mayor de 26.1% y promedio total de 20.43 %. Todos estos valores de componentes lo realizaron en semillas de base seca, mientras que (Domínguez, 2017) en sus estudios utilizó base húmeda con los siguientes valores Humedad 78.59%, Proteína 55.03 %, Grasa 21.64, Fibra 10.57, Ceniza 2.59, lo cual se obtiene valores superiores a diferencia de la otra muestra.

Se refleja en un cincuenta por ciento que el método utilizado por los investigadores para la obtención de valores de contenido fisicoquímico y nutricional fue el análisis proximal, mientras que la otra mitad de porcentaje, no definen el método que utilizan en este proceso de estudio.

4.1.2. Alcaloides Quinolizidínicos del género Lupinus mutabilis

De acuerdo con documentos investigados se ha identificado que el tarwi posee una gran cantidad de alcaloides en todos los órganos de la planta, pero en mayor concentración se encuentran en sus semillas los más importantes se detallan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2.

Análisis de los alcaloides del tarwi.

Alcaloides Identificados	AQ (%)	Metodología	Referencia
Lupanina Esparteína 13-Hidroxilupanina 4- Hidroxilupanina	84,5 19,1 14,9 8,7	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 390:2004.	(Carvajal et al., 2016)
Lupanina Esparteína 1-3 Hidroxilupanina 4-Hidroxilupanina	73,05 26,73 14,72 2,81	Prueba de cromatografía en capa fina	(Ortega et al., 2010)
Lupanina Esparteína 4-Hidroxilupanina 13- Hidroxilupanina	75,800 3,700 2 14,900	CG-EM. Gas Cromatografía y Espectrometría de masas	(Chiguachi, 2017)
Lupanina Esparteína 1.3-hidroxilupanina 4-Hidroxilupanina	73,05 26,73 14,72 2,81	Cromatografía de capa delgada (CCD)	(Martínez et al., 2020)
Lupanina Esparteína α-Isolupanina Nutalina	52,31 19,6 2,7 14,5	Cromatografía de gases y espectrometría de masas	(Cortés et al., 2020)
Lupanina Esparteína 13 α-OH-Lupanina Tetrahydrorhombifoline Angeloyloxylupanina	58 7,4 15 3,5 0,3	Cromatografía de gases y espectrómetro de masas.	(Schrenk et al., 2019)
Lupanina Esparteína 3β-hydroxylupanina	46 16 7	Cromatografía de gases, combinada con espectrometría de masas.	(Frick et al., 2017)

Fuente: Espín & López (2020)

Los siete autores descritos en la tabla encuentran dos AQ semejantes y se analizó que: la lupanina tiene 46% como valor mínimo identificado por (Frick et al., 2017), valor máximo de 84.5% por (Carvajal et al., 2016), y un promedio de 66.10%; la Esparteína posee 3.7% mínimo (Chiguachi, 2017) un valor de 26,73% máximo (Martínez et al., 2020) y 17,04 % en

promedio; mientras que la 13-hidroxilupanina ha sido identificada por cuatro autores obteniendo los siguientes valores 14,72% min. - 14,9% máx. y 14,81% promedio, identificado por (Carvajal et al., 2016), (Ortega et al., 2010), (Chiguachi, 2017) y (Martínez et al., 2020), al igual que la 4 hidroxilupanina 2% mínimo 8,7% máximo y en promedio 4,08%; por otra parte existen moléculas que no han sido repetitivas, pero han sido mencionadas en este caso se encuentran α-Isolupanina, nutalina, 13 α-OH-Lupanina, Tetrahydrorhombifoline, Angeloyloxylupanina y 3β-hydroxylupanina con valores mínimos porcentuales, por consiguiente se toma en cuenta que los AQ importantes son lupanina, esparteína que actúan dando beneficios farmacológicos, causantes del efecto antihelmínticos por poseer un sabor amargo característico de los compuestos nitrogenados del tarwi.

El método para la extracción que sobresale más es la cromatografía de gases combinada con espectrometría de masa identificadas por (Chiguachi, 2017), (Cortés et al., 2020), (Schrenk et al., 2019), (Frick et al., 2017); mientras que (Ortega et al., 2010) y (Martínez et al., 2020) mencionan la cromatografía de capa fina o delgada, por otro lado, también se hace referencia que (Carvajal et al., 2016) utiliza el procedimiento de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 390:2004 para la extracción.

Los autores (Ortega et al., 2010) y (Martínez et al., (2020) encontraron los mismos valores de alcaloides presentes en el tarwi y utilizaron la misma metodología de cromatografía de capa fina para su estudio.

4.1.3. Actividad Antihelmíntica en ensayos "in vitro" (fuera de un organismo)

De acuerdo investigaciones realizadas en la Tabla 4.3 se describen las propiedades antihelmínticas entre otras cualidades que posee el tarwi, el método más adecuado de utilización para uso animal y vegetal mediante ensayos "in vitro" (técnica de laboratorio que se lleva a cabo fuera de un organismo).

Tabla 4.3

Antihelmínticos realizado en laboratorio (cajas Petri y tubos de ensayos).

Actividad	% Rendimiento	% Inhibición	Metodología	Referencia
Antibacteriana contra bacterias Gram negativas S. aureus	1.5	95.8	MUZQUIZ con cloroformo	(Martínez et al., 2020)
Insecticida por infusión y macerado Efecto Acaricida	3.6	…….	Extracto etanólico	(Alegre et al., 2017)
Propiedades biocidas para el control de larvas del mosquito Culexquinque fasciatus	……..	63-75	Extracto Hidroalcohólico	(Ayala et al., 2019)
Efecto escabicida	2.21	……..	Extracto hidroalcohólico (maceración) (cromatografía)	(Zirena, 2014)
Efectos en aemonchus contortus de rumiantes	3,30	62,4	Cromatografía de partición centrífuga (CPC)	(Dubois et al., 2019)
Efecto insecticida sobre larvas de *Spodoptera eridania*	……	18	Química o acuosa	(Gutiérrez et al., 2016)

Fuente: Espín & López (2020)

Las variaciones porcentuales de inhibición que sobresalen son: de (Martínez et al., 2020) que el estudio realizado mediante extracto crudo de alcaloides presenta mayor porcentaje de inhibición contra *Staphylococcus aureus* equivalente a 95.8%, obtenidas usando un disolvente cloroformo a 1.5% de rendimiento para su extracción, estos resultados indicaron mayor afinidad de los alcaloides, y de (Gutiérrez et al., 2016), con valores mínimos, aunque no encontró mortalidad de larvas, pero se apreció que existe una disminución de 18% en el

consumo de hoja de larvas de *Spodoptera eridania*, de tal manera que se puede decir que al introducir el extracto acuoso del tarwi afecta en la alimentación de los parásitos.

En los porcentajes de inhibición que se mantienen casi en el mismo rango se encuentran los siguientes autores (Ayala et al., 2019) con 63% y (Dubois et al., 2019) con 62%, que además utilizan diferentes metodologías de extracción, al igual que se realizó la prueba en diferentes parásitos.

(Alegre et al., 2017) mencionan que *Lupinus mutabilis* presentó actividad insecticida a las 48h de exposición con 14,2% y 17,8% de los extractos por infusión y macerado, además de presentar efecto acaricida de 3,6% y 6,1%, al 20% de concentración.

(Zirena, 2014), da a conocer en su estudio el efecto escabicida a través de la elaboración de una crema de 20 a 30% de concentración de AQ del tarwi, para ello empleó la mezcla hidroalcohólica agua-etanol (70:30) obteniendo la mayor extracción de los alcaloides totales (2.98%), seguido por el agua (2.48%); los cuáles expresan en contenido de lupanina por ser el alcaloide predominante en el *Lupinus mutabilis sweet* (Tarwi), los cuales presentan un efecto máximo a los 7 y 15 días respectivamente.

Las variaciones en la inhibición pueden ser el resultado a múltiples condiciones de desarrollo de la planta o a una extracción ineficiente, desde el punto de vista farmacológico los alcaloides han presentado diversas actividades biológicas como antihelmíntica, insecticida, acaricida entre otros, por lo cual se considera al agua residual del proceso de deslupinización de las semillas del tarwi de gran importancia para el control de insectos, parásitos bacterias en plantas y animales.

4.1.4. Actividad Antihelmíntica en ensayos "in vivo" (dentro de un organismo)

Mediante estudios realizados se encontró que el tarwi posee gran actividad como antihelmíntico en animales menores con carga parasitaria alta, la metodología utilizada hace referencia al recuento de huevos diseño completamente al azar y una separación de medios según Duncan al 5%; los detalles se describen en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4.

Efecto del extracto del tarwi en la presencia de parásitos en cuyes.

Actividad en	Carga Parasitaria	Reducción final	Referencia
Paraspidodera uncinata	(510.40-650.00 y 589.99)	(5.16-30.16 y 8,16)	(Arias et al., 2019)
Trichuris muris	(70-42.50 y 61.66)	Redujo su totalidad	

Fuente: Espín & López (2020)

En esta investigación se demuestra que el estudio “in vivo” (técnica que se realiza dentro de un organismo) en cuyes con peso de 281g la carga parasitaria de *Paraspidodera uncinata* disminuye favorablemente de 510.40, 650.00 y 589.99 huevos por gramo de heces, y al ser sometidos con el extracto de tarwi macerado por un periodo de 90 días reduce a 5.16, 30.16 y 8.16 huevos por gramo como beneficio el aumento del peso y reducir costos económicos, mientras que el chocho macerado es eficaz para controlar la presencia de Trichuris muris en cuyes.

En la Tabla 4.5 se describe mediante la unidad experimental realizadas en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones la eficiencia que tienen el extracto fitoquímico *Lupinus mutabilis* como antihelmínticos gastrointestinales en bovinos jóvenes (6-18 meses), evaluando recuentos de huevos de parásitos gastrointestinales desde los 7 a 21 días post aplicación

Tabla 4.5.

Lupinus mutabilis como antiparasitarios gastrointestinales en bovinos jóvenes.

Actividad en:	Cantidad (dosis) ml/kg	Eficiencia (prueba de tukey al 5%)	Referencia
Trichostrongylus sp	0.4 (2 aplicaciones)	77.08-100	(Clavijo et al., 2016)
Haemonchus sp.	0.2 (2 aplicaciones)	95.83- 100	

Fuente: Espín & López (2020)

En el género *Trichostrongylus sp* la efectividad del alcaloide fue que, sí existe incidencia en el proceso de control del parásito, mientras que en *Haemonchus sp* presentan respuestas favorables para el control de este parásito, ya que tienen una efectividad promedio superior al 80 %.

4.2. Conclusiones

- El tarwi es un alimento muy nutritivo tomando en cuenta las características fisicoquímicas y nutricionales reportadas por los estudios investigados en este trabajo, se han referenciado 50 artículos científicos de los cuales se descartaron un 84 % y se analizaron 8 referencias para el primer objetivo; se obtuvo los siguientes promedios en cuanto a su composición de proteína 44.77 %, humedad 11.26 %, carbohidratos 30.43 %, grasa 17.79 %, fibra 8.02% y ceniza 3.76 %, además por los altos valores nutricionales se estima que esta semilla previene la desnutrición infantil y enfermedades.

- Las características de los alcaloides en el tarwi conocidas comúnmente como AQ (alcaloides Quinolizidínicos), presentan núcleos aromáticos, son incoloros, no tienen olor y son amargos, se identificaron que en mayor cantidad se encuentran: la lupanina, con un valor de 66.10%, esparteína 17.55%, 13-hidroxilupanina 14.81%, y 4-hidroxilupanina 4.08% en promedio, estos alcaloides poseen un efecto secundario y tienen propiedades antihelmínticas.

- Las características de antihelmíntico que posee el tarwi después de un proceso de desamargado a través de información recopilada se determinó que presentan una inhibición desde 18% hasta el 95.8% con actividades antibacterianas, insecticidas, biocidas y escabicidas e incluso su extracto es muy útil para disminuir la carga parasitaria en animales menores como en cuyes.

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda el consumo de las semillas del tarwi en la dieta diaria sobre todo en niños y adultos porque posee un alto contenido de proteínas, grasas insaturadas y fibra que ayudan a la buena digestión del organismo, combate el estrés y por su contenido de calcio ayuda a mantener los huesos sanos y fuertes.

- Es importante continuar el estudio de las características que tiene el tarwi como antihelmíntico debido a la gran cantidad de alcaloides presentes en sus semillas que mediante un proceso de deslupinización se puede dar uso de esta agua residual que hoy en día es poco aprovechada en el control de plagas de insectos y reducir la contaminación de los ríos.

- La esparteína y lupanina al encontrarse en mayor concentración en las semillas del tarwi y al poseer características antihelmínticas, después de un proceso de deslupinización se recomienda su uso en la agricultura para la eliminación de diferentes plagas y para combatir a las garrapatas, mosquitos en el ganado ovino.

REFERENCIAS

Alegre, A., Iannacone, J., & Carhuapoma, M. (2017). Toxicidad del extracto acuoso etanólico y hexánico de Annona muricata Minthostachys mollis *Lupinus mutabilis* y Chenopodium quinoa sobre Tetranychus urticae y Chrysoperla externa. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, *33*(3), 273–284. https://doi.org/10.4067/s0719-38902017005000705

Arias, L. S., Ulloa, L. A., Rojas, L. A., & Noboa, T. E. (2019). Efecto de los alcaloides del *Lupinus mutabilis* sweet sobre los parásitos gastrointestinal en cuyes. *Ciencia Digital*, *3*(3.1), 221–228. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.1.692

Áviles, M., & Flores, R. (2017). Validación del efecto fitoterápico de un medicamento en base a extractos vegetales de lupinus/aloe (regumetacel) para el tratamiento de la diabetes tipo ll, artritis reumática, artrosis, y gastritis. Sucre 2006 – 2015. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, *15*(16), 933–948.

Ayala, Y., Carrasco, C., Enciso, E., Portal, E., & Colos, P. (2019). Efecto biocida del extracto hidroalcohólico de *Lupinus mutabilis* y Ruta graveolens en larvas Culex quinquefasciatus. *Revista Investigación*, *23*(1), 79–86.

Carvajal, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *56*(9), 1454–1487. https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089

Castro, D. (2014). "Producción de metabolitos secundarios alcaloideos por cultivos in vitro de Datura spp." (Vol. 8). Universidad Autónoma del Estado de México.

Chiguachi, M. (2017). *Obtención de líneas experimentales de frijol chocho (lupinus mutabilis) con grado diferencial de contenidos de alcaloides para consumo humano y animal* (Universidad Nacional de Colombia). Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63846

Clavijo, F., Barrera, V., Rodrigez, L., Mosquera, J., Yánez, I., Godoy, G., & Grijalva, J. (2016). Evaluación del Paico Chenopodium ambrosioides y chocho *Lupinus mutabilis sweet* como antiparasitarios gastrointestinales en bovinos jóvenes. *La Granja*, *24*(2), 95–110. https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.08

Coloma, J. (2010). *Evaluación "in vitro" de la actividad antifúngica de los alcaloides del agua de cocción del proceos de desamargado del chocho (Lupinus mutabilis sweet)*. 130. Retrieved from http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/212

Cortés, P., Tarvainen, M., Suomela, J. P., Glorio, P., Yang, B., & Carrasco, R. (2020). Profile and Content of Residual Alkaloids in Ten Ecotypes of *Lupinus mutabilis sweet* after Aqueous Debittering Process. *Plant Foods for Human Nutrition*, *75*(2), 184–191. https://doi.org/10.1007/s11130-020-00799-y

Domínguez, V. (2017). *Estudio de vida útil del choco precocido utilizando microbiología predictiva*. Universidad Agraria Del Ecuador.

Dubois, O., Allanic, C., Charvet, C. L., Guégnard, F., Février, H., Théry-Koné, I., … Sallé, G. (2019). Lupin (Lupinus sp.) seeds exert anthelmintic activity associated with their alkaloid content. *BioRxiv*. https://doi.org/10.1101/530956

Fierro, M. (2010). *"Diagnostico parasitario, evaluación de eficiencia antihelmíntica y diseño de un plan sanitario parasitológico en la caravana de alpacas de la comunidad de morochos, cantón cotacachi"*. 1–126.

Flores, A., Pisano, E., & Carreazo, N. (2018). Anticholinergic toxicity in a one-year-old male following ingestion of *Lupinus mutabilis sweeds:* Case report. *Sao Paulo Medical Journal*, *136*(6), 591–593. https://doi.org/10.1590/1516-3180.2016.0157220517

Fornasini, M., Castro, J., Villacres, E., Narvaez, L., Villamar, M. P., & Baldeon, M. E. (2012). Efecto hipoglicemiante de *Lupinus mutabilis* en voluntarios sanos y sujetos con disglicemia. *Nutricion Hospitalaria*, *27*(2), 425–433. https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.2.5412

Frick, K. M., Kamphuis, L. G., Siddique, K. H. M., Singh, K. B., & Foley, R. C. (2017). Quinolizidine alkaloid biosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement. *Frontiers in Plant Science*, *8*(JANUARY), 1–12. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00087

Guilengue, N., Alves, S., Talhinhas, P., & Neves, J. (2020). Genetic and genomic diversity in a tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) germplasm collection and adaptability to mediterranean climate conditions. *Agronomy*, *10*(1), 1–28. https://doi.org/10.3390/agronomy10010021

Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., & Trindade, L. M. (2019). Genetics and Breeding of Lupinus mutabilis: An Emerging Protein Crop. *Frontiers in Plant Science*, *10*(October),

1–13. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01385

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. *Science*, *140*(3567), 659–659. https://doi.org/10.1126/science.140.3567.659-b

Holden, L., & Walker, R. J. (2013). Anthelmintic drugs and nematicides: studies in Caenorhabditis elegans. *WormBook: The Online Review of C. Elegans Biology*, 1–29. https://doi.org/10.1895/wormbook.1.1

Kamolvit, W., Nilsén, V., Zambrana, S., Mohanty, S., Gonzales, E., Östenson, C. G., & Brauner, A. (2018). *Lupinus mutabilis* edible beans protect against bacterial infection in uroepithelial cells. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2018*. https://doi.org/10.1155/2018/1098015

Lahosa, A. (2019). *Desarrollo de nuevas metodologías sintéticas de sistemas piperidínicos y quinolizidínicos a partir de n - terc -butanosulfinil iminas*. 1–167.

Laurente, Y. (2016). *"Obtención del concentrado proteico y determinación del perfil de aminoácidos de dos variedades de tarwi (Lupinus mutabilis sweet)."*

León, M., Villacorta, M., & Pagador, S. (2011). Composición química de "oca" (*Oxalis tuberosa*), "arracacha" (*Arracaccia xanthorriza*) y "tarwi" (*Lupinus mutabilis*). Formulación de una mezcla base para productos alimenticios. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.*, *2*(2), 239–252.

Luna, C., & Rojas, N. (2015). Eficacia de antihelmínticos contra Strongylus spp. en caballos de trabajo de la comunidad Valle San Antonio, Municipio de El Sauce. (Vol. 53).

Martínez, K., Acosta, R., Pantoja, K., & López, L. (2020). Extracción de alcaloides presentes en las semillas de *Lupinus mutabilis* y su su actividad antibacteriana. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699.

Mercado, G. (2018). *Los caminos del tarwi y la integración andina: Bolivia, Perú y Ecuador*. 1–27.

Ortega, E., Rodríguez, A., David, A., & Zamora, Á. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Caracterización de Semillas de Lupino (Lupinus mutabilis) Sembrado s En Los Andes de Colombia*, *Acta*

Agron(núm. 1, 2010), 111–118.

Peña, M., & López, R. (2018). Caenorhabditis elegans : Nematodo modelo para el estudio de compuestos antihelmínticos naturales. *Revista Parasitología Latinoamericana*, (December).

Pérez, K., Elías, C., & Delgado, V. (2017). High-protein snack: an extruded from quinoa *(Chenopodium quinoa willd*.), tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*), and sweet potato (*Ipomoea batatas L*.). *Scientia Agropecuaria*, *8*(4), 377–388. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09

Ringuelet, J., & Viña, S. (2020). Productos naturales vegetales. In *Productos naturales vegetales*. https://doi.org/10.35537/10915/27885

Rodriguez. (2009). Evaluacion in-vitro de la actividad microbiana de los alcaloides de agua de coccion del proceso de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) (Vol. 1).

Rodríguez, J., Arece, J., Olivares, J., Alemán, Y., & Sánchez, Y. (2015). Antihelmínticos, resistencia y método FAMACHA: Experiencia cubana en ovinos. *Revista de Salud Animal*, *37*(1), 57–63.

Rodríguez, N. (2014). Evaluación citotóxica de esparteína, alcaloide del chocho andino (*Lupinus mutabilis sweet*) para el control de prásitos protozoarios de la especie Leishmania mexicana (Vol. 1). Universidad de las Americas.

Ruiz, M. A., Barrientos, L., García, P. M., Valdés, E. H., Zamora, J. F., Rodríguez, R., … Vargas, J. J. (2019). Nutritional and bioactive compounds in mexican lupin beans species: A mini-review. *Nutrients*, *11*(8), 1–19. https://doi.org/10.3390/nu11081785

Schrenk, D., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., … Bignami, M. (2019). Scientific opinion on the risks for animal and human health related to the presence of quinolizidine alkaloids in feed and food, in particular in lupins and lupin-derived products. *EFSA Journal*, *17*(11). https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5860

SENASA. (2017). *Manual de prevención y Control de Enfermedades parasitarias*. Retrieved from https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2017/03/Manual-para-Funcionarios-Municipales-Actividad-1-META-37.pdf

Suca, G. R. A., & Suca, C. A. A. (2015). Fuente Proteínica Y Avances De Su Desarrollo Agroindustrial. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.*, *18*, 55–71.

Tapia, M. (2015). El Tarwi, Lupino Andino. *El Tarwi, Lupino Andino*, 1–108.

Vicente, J. (2016). El cultivo de Tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en el Estado Plurinacional de Bolivia. *Revista Científica de Investigación Info-Iniaf*, (1982), 88–100.

Wolko, B., Clements, J., Naganowska, B., Nelson, M., & Yang, H. (2011). Wild crop relatives: Genomic and breeding resources: Legume crops and forages. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Legume Crops and Forages*, 1–54. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14387-8

Yánez, I. (2015). *"Evaluación del efecto del paico (Chenopodium ambrosioides) y chocho (Lupinus mutabilis sweet) como antiparasitarios gastrointestinales en bovinos jóvenes"* (Vol. 13). Universidad Central del Ecuador.

Zabala, A. (2014). Análisis del efecto citotóxico del alcaloide lupanina de *Lupinus mutabilis* (chocho andino ecuatoriano) Sobre cultivos in vitro de Leishmania mexicana (Vol. 1). Universidad de las Américas.

Zamora, F., García, P., Ruiz, M., & Salcedo, E. (2008). Composición de alcaloides en semillas de lupinus mexicanus (fabaceae) y evaluación antifúngica y alelopática del extracto alcaloideo composition. *Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*.

Zirena, D. (2014). *Evaluación del efecto escabicida del extracto Lupinus mutabilis sweet (Tarwi), para el tratamiento de la escabiosis, "Sarna Humana", en pacientes "Hospital Regional Honorio Delgado"*. Universidad Católica de Santa María.

APÉNDICES Y/O ANEXOS

Anexo 1. Glosario

Alelopático: Efecto que sufren las plantas en su germinación y crecimiento.

Altramuz: Especie de legumbre blanca más conocido como chocho.

Anticolinérgica: Medicamento usado para bloquear las moléculas en el sistema nervioso.

Astringente: Sustancia que produce una acción de cicatrizante en la piel.

Basifijo: Adherido por su base al filamento del estambre de una flor.

Biosíntesis: Proceso que realizan los seres vivos para elaborar sustancias complejas sintetizándolas desde otras más simples.

Cadaverina: Compuesto tóxico, irrita la piel, puede actuar como estimulador en bajas concentraciones

Connadas: Grupo de órganos de una planta que están unidos entre sí**.**

Dehiscente: Fruto que se abre de manera natural una vez alcanzado su madurez para esparcir sus semillas.

Ectoparásitos: Organismo que habita en la parte exterior de otro.

Espectroscopia: Es la relación de radiación y la materia con absorción de energía radiante.

Estigma: Parte donde germinan los granos de una planta durante la polinización.

Fenotípica: Representación en forma física de las características de un individuo.

Glabra: Carece totalmente de pelos

“In vitro”: Son experimentos o técnicas de laboratorio que se llevan a cabo fuera de un organismo, medios de cultivo etc.

“In vivo”: Son estudios que se realizan dentro de un organismo.

Levógiros: Sustancia que aparta el plano de la luz polarizada en dirección contraria a las manecillas del reloj.

Oligosacáridos: Moléculas formadas por la mezcla de dos o nueve monosacáridos.

Pivotante: Raíz de una planta más voluminosa que las ramificaciones secundarias.

Quilla: Dos pétalos inferiores, unidos en las flores de forma de mariposa característico de las leguminosas.

Riboflavina: Vitamina que beneficia al desarrollo o mantenimiento de las células del organismo.

Secreta gogos: Medicamento que induce a las células para producir insulina.

Septada: Tallos de las plantas que en su interior tienen forma de tabiques o paredes separados

Tegumento: Tejido vegetal que envuelve algunas partes de una planta y le da protección.

Turgencia: Célula que tiene la membrana tensa a causa de la presión ejercida de los fluidos.

Vaina oblonga: Hojas más largas que ancho que envuelve al tallo.

Vermífugos: Tipo de antiparasitario que elimina las lombrices intestinales.

Verticilos: Grupo de tres o más ramas u otros órganos que se forman a la misma altura del tallo de una planta.