

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



**EFFECTO DE TRES TRATAMIENTOS DE
DESAMARGADO DE GRANO DE TARWI (*Lupinus
mutabilis Sweet*) EN EL CONTENIDO DE GRASA**

Presentado por:

Br. GABRIEL VIVANCO CUARESMA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Bach. GABRIEL VIVANCO CUARESMA

**EFFECTO DE TRES TRATAMIENTOS DE
DESAMARGADO DE GRANO DE TARWI (*Lupinus
mutabilis Sweet*) EN EL CONTENIDO DE GRASA**

Asesor:

Ing. MSc. ANCCO VIZCARRA, Thomas

Co-Asesor:

Ing. Mg. HUARACA APARCO, Rosa

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2018



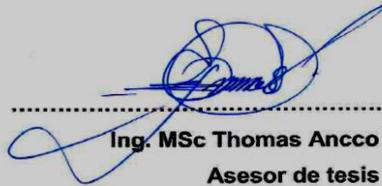
APROBACIÓN DEL ASESOR

El que suscribe:

Ingeniero Agroindustrial, **THOMAS ANCCO VIZCARRA**, identificado con **CIP N°62283** docente Principal a dedicación exclusiva, adscrito al **Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología Agroindustrial**, por la presente hace constar:

Que el bachiller en Ingeniería Agroindustrial **GABRIEL VIVANCO CUARESMA** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **"EFECTO DE TRES TRATAMIENTOS DE DESAMARGADO DE GRANO DE TARWI (*Lupinus mutabilis Sweet*) EN EL CONTENIDO DE GRASA"**, para optar el título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 15 de agosto del 2018



.....
Ing. MSc Thomas Ancco Vizcarra
Asesor de tesis



.....
Br. Gabriel Vivanco Cuaresma
Tesista

Sede Administrativa Central: Jr. Juan Francisco Ramos N° 380 - Andahuaylas, Telefax: 083-421394
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial: Av. 28 de Julio N° 1103 - Talavera.
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas: Av. Sol Naciente s/n - San Jerónimo.



APROBACIÓN DEL CO-ASESOR



El que suscribe:

Ingeniero Agroindustrial, **ROSA HUARACA APARCO**, identificado con **CIP N°171812** docente, adscrito al **Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología Agroindustrial**, por la presente hace constar:

Que el bachiller en Ingeniería Agroindustrial **GABRIEL VIVANCO CUARESMA** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **“EFECTO DE TRES TRATAMIENTOS DE DESAMARGADO DE GRANO DE TARWI (*Lupinus mutabilis Sweet*) EN EL CONTENIDO DE GRASA”**, para optar el título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 15 de agosto del 2018

.....
Ing. Mg. Rosa Huaraca Aparco
Co - asesor de tesis

.....
Br. Gabriel Vivanco Cuaresma
Tesista

Sede Administrativa Central: Jr. Juan Francisco Ramos N° 380 - Andahuaylas, Telefax: 083-421394
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial: Av. 28 de Julio N° 1103 - Talavera.
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas: Av. Sol Naciente s/n - San Jerónimo.



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo



FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Sede Académica Santa Rosa de la Universidad Nacional José María Arguedas de la ciudad de Andahuaylas, siendo las once de la mañana del día jueves veintiuno de diciembre del año dos mil diecisiete, se reunieron la Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo, Ing. MSc. David Juan Ramos Hualpartupa y el Ing. Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez; integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EFECTO DE TRES TRATAMIENTOS DE DESAMARGADO DE GRANO DE TARWI (*LUPINUS MUTABILIS SWEET*) EN EL CONTEO DE GRASA", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial GABRIEL VIVANCO CUARESMA y el Asesor Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra y Co-Asesora Ing. Rosa huaraca Aparco con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa del tesista, el Jurado Evaluador ACORDÓ: APROBAR por UNANIMIDAD al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial GABRIEL VIVANCO CUARESMA obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
15	QUINCE	BUENO

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Presidente del Jurado Evaluador

Ing. MSc. David Juan Ramos Hualpartupa
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Ing. Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



APROBACIÓN DE JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: EFECTO DE TRES TRATAMIENTOS DE DESAMARGADO DE GRANO DE TARWI (*Lupinus mutabilis Sweet*) EN EL CONTENIDO DE GRASA; para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE : Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo

SECRETARIO : Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa

VOCAL : Ing. Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 21 del mes de diciembre del año 2017.

Andahuaylas, 24 de agosto del 2018

.....
Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR

.....
Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa
SECRETARIO DEL JURADO DICTAMINADOR

.....
Ing. Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez
VOCAL DEL JURADO DICTAMINADOR

Sede Administrativa Central: Jr. Juan Francisco Ramos Nº 380 - Andahuaylas, Telefax: 083-421394
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial: Av. 28 de Julio Nº 1103 - Talavera.
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas: Av. Sol Naciente s/n - San Jerónimo.

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz que me guía cada día de mi vida donde me va revelando lo maravilloso de su creación.

A mis maravillosos padres Fortunata Cuaresma Palomino y Teófilo Vivanco Ccorahua que siempre me han estimulado y animado, para seguir adelante.

A mis hermanos: Tamakún, Yovana, José, Teo y Yeni por brindarme su apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

Gabriel.

*“En tiempos de cambio, quienes estén
abiertos al aprendizaje se adueñan
del futuro, mientras que aquellos que
creen saberlo todo estarán equipados
para un mundo que ya no existe”.*

Eric Hoffer

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional José María Arguedas – Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) por haberme permitido utilizar los laboratorios para realizar la presente investigación.

A mi asesor de tesis, el Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra por su permanente apoyo, orientación y acertadas sugerencias durante la realización de este trabajo de tesis.

A la Ing. Mg. Rosa Huaraca Aparco, Co-asesor de la presente tesis por su apoyo constante e incondicional.

A los integrantes del jurado evaluador al Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo, al Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa y al Ing. Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez, por su aporte al desarrollo de la presente tesis.

A todos mis profesores, amigos y compañeros, por brindarme sus enseñanzas y ofrecerme su amistad a lo largo del tiempo que estuvimos albergados en las aulas de la UNAJMA, nuestra alma mater.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron y participaron en la realización de esta investigación, hago mi más sincero agradecimiento a todos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	vi
EPÍGRAFE.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
INDICE GENERAL.....	viv
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
GLOSARIO DE TERMINOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO 2 REVISION LITERARIA.....	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.2. Leguminosas	22
2.3. El tarwi (<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>)	23
2.3.2. Especies.....	24
2.3.3. Características botánicas de la planta	25
2.3.3.1. Hojas	25
2.3.3.2. Flores e inflorescencia.....	26
2.3.3.3. Semilla.....	26
2.3.3.4. Tallo y ramificaciones	26
2.3.3.5. Raíces y nódulos	27
2.4. Modos de empleo.	27
2.4.1. Consumo humano.	27
2.4.2. Uso industrial.....	28
2.4.3. Uso medicinal.	28
2.5. Composición química y valor nutricional.	28

2.5.1.	Proteínas	29
2.5.2.	Lípidos	29
2.5.3.	Fibra	30
2.5.4.	Carbohidratos	30
2.5.5.	Minerales	30
2.5.6.	Vitaminas.....	31
2.5.7.	Aminoácidos	31
2.6.	Alcaloides de tarwi	32
2.6.2.	Propiedades físico químicas de los alcaloides de tarwi.....	33
2.6.2.1.	Lupanina.....	33
2.6.2.2.	Esparteína	34
2.6.2.3.	Hidroxilupanina	35
2.6.2.4.	Lupinina	35
2.6.2.5.	Angustifolina	36
2.6.3.	Eliminación del alcaloides	36
a.	Hidratación.	36
b.	Cocción.....	36
c.	Desamargado.	36
2.7.	Métodos de desamargado	36
2.8.	Lípidos	39
2.8.1.	Composición general de los lípidos.....	40
2.8.1.1.	Fosfolípidos	40
2.8.1.2.	Residuo insaponificable.	40
2.8.1.3.	Ácidos grasos.	40
a.	Ácidos grasos saturados.....	41
b.	Ácidos grasos insaturados	41
2.8.2.	Alteraciones en los lípidos	41
2.8.2.1.	Existen enzimas en las semillas oleaginosas.....	41

a)	Lipasas y fosfolipasas.....	41
2.8.2.2.	Enranciamiento químico.	42
2.8.3.	Aceites vegetales.....	42
2.8.3.1.	Composición de aceites vegetales.....	42
2.8.4.	Extracción del aceite de tarwi por solvente	43
2.8.4.1.	Disolventes	43
a.	Éter de petróleo	44
b.	Hexano	44
2.8.5.	Características fisicoquímicas de los aceites y grasas.	44
2.9.	Cal	45
2.10.	Sal	45
2.10.1.	Composición nutricional de la Sal.	46
2.11.	H ₂ O.....	46
2.12.	Efecto de los métodos de extracción de alcaloides en las características fisicoquímicas	47
CAPÍTULO 3 MATERIAL Y MÉTODOS.....		49
3.1.	MATERIALES	49
3.1.1.	Lugar de ejecución.	49
3.1.2.	Material de estudio	49
3.2.	EQUIPOS, MATERIALES, REACTIVO E INSUMOS.	49
3.3.	MÉTODOS	50
3.4.	METODOLOGIAS.....	50
3.4.1.	Metodología del diseño experimental.....	50
3.4.2.	Metodología para determinar rendimiento de aceite	53
3.4.3.	Metodología para caracterización de aceite.....	53
a.	Densidad	53
b.	Índice de acidez.....	53
c.	Índice de refracción	54

3.5.	Diseño experimental	52
3.5.1.	DCA	52
3.5.2.	Factorial 3X3.....	52
3.6.	Análisis estadístico.....	55
CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		59
4.1.	RESULTADOS DEL RENDIMIENTO DE ACEITE DE TARWI DESAMARGADO.	59
4.2.	CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE TARWI.....	61
a.	Densidad	61
a.	Índice de acidez.....	65
b.	Índice de refracción	68
CONCLUSIONES.....		71
RECOMENDACIONES.....		72
BIBLIOGRAFIA.....		73
ANEXOS.....		78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del Tarwi.	28
Tabla 2. Comparación del contenido de proteínas entre varias especies de lupinus.	29
Tabla 3. Contenido de minerales en el <i>Lupinus mutabilis Sweet</i>	31
Tabla 4. Contenido de vitaminas en el grano crudo de chocho.	31
Tabla 5. Contenido de aminoácidos en <i>Lupinus mutabilis Sweet</i>	32
Tabla 6. Composición relativa de alcaloides en semilla de <i>Lupinus mutabilis Sweet</i>	33
Tabla 7. Composición química del chocho amargo y desamargado.	39
Tabla 8. Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales).	41
Tabla 9. Composición nutricional de la sal.	46
Tabla 10. Propiedades físicas del aceite de tarwi.	48
Tabla 11. Características fisicoquímicas de los aceites más comerciales.	48
Tabla 12. Análisis fisicoquímico obtenido de la muestra de aceite de tarwi.	48
Tabla 13. Estructura para el diseño DCA.	54
Tabla 14. Estructura para el diseño estadístico factorial 3X3.	55
Tabla 15. Estructura para el diseño estadístico factorial 3x3.	56
Tabla 16. Rendimiento (%) de aceite de tarwi desamargado por tres tratamientos.	59
Tabla 17. Análisis de varianza para rendimiento de aceite.	59
Tabla 18. Comparaciones múltiples para rendimiento (%) de aceite.	60
Tabla 19. Valores obtenidos de densidad (g/cm ³) de aceite de tarwi a diferentes temperaturas y medio de extracción.	61
Tabla 20. Análisis de Varianza para densidad.	62

Tabla 21. Comparaciones múltiples para densidad según medio de extracción.....	62
Tabla 22. Comparaciones múltiples para densidad según temperatura.....	63
Tabla 23. Valores obtenidos del índice de acidez del aceite de tarwi desamargado por tres tratamientos (A, AS, AC).....	65
Tabla 24. Análisis de varianza para índice de acidez.	65
Tabla 25. Comparaciones múltiples para acidez por método de extracción.....	66
Tabla 26. Valores obtenidos del índice de refracción según medio de extracción (A, AS, AC) y temperatura (18, 40 y 60 °C).	68
Tabla 27. Análisis de Varianza para IR.....	69
Tabla 28. Comparaciones múltiples para índice de refracción por medio extracción.....	69
Tabla 29. Comparaciones múltiples para índice de refracción por temperatura.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Granos de tarwi.	24
Figura 2. Fases fenológicas del tarwi.....	25
Figura 3. Estructura molecular de la lupanina.	34
Figura 4. Estructura molecular de la esparteína.	34
Figura 5. Estructura molecular de 4-hidroxilupanina.	35
Figura 6. Estructura molecular de la lupinina.	35
Figura 7. Composición de una grasa o aceite.	43
Figura 8. Flujo de operaciones para la obtención de aceite de tarwi desamargado en tres tratamientos.	52
Figura 9. Gráfico de medias y 95% de Fisher LSD para rendimiento (%) de Aceite.....	60
Figura 10. Gráfico de medias de densidad y 95% de Fisher LSD para medio de extracción.....	63
Figura 11. Gráfico de medias de densidad y 95% de Fisher LSD para temperatura.....	64
Figura 12. Densidad del aceite de tarwi en función a la temperatura y medio de extracción de desamargado.....	64
Figura 13. Gráfico de medias de acidez y 95% de Fisher LSD para medio de extracción.....	67
Figura 14. Gráfico de medias de índice de refracción y 95% de Fisher LSD para medio de extracción.....	70
Figura 15. Gráfico de medias de índice de refacción y 95% de Fisher LSD para temperatura.....	71
Figura 16. Índice de refracción del aceite de tarwi en funsion a la temperatura y medio de extracción de desamargado.	71

GLOSARIO DE TERMINOS

m	: Metros.
mm	: Milímetros.
cm	: Centímetros.
ppm	: Partes por millón.
p/p	: peso/peso
20 mesh	: 0.841 mm
Kg	: Kilogramo.
Kg/ha	: Kilogramo por hectárea.
g	: Gramo.
g/cm ³	: Gramo por centímetro cubico.
mg	: Miligramo.
L	: Litro.
ml	: Mililitros.
Min	: Minutos.
h	: Horas.
°C	: Grados Celsius.
R1, R2, R3	: Réplicas.
IR	: Índice de refracción.
TA	: Temperatura de ambiente
A	: Agua
AS	: Agua más sal
AC	: Agua más cal

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de tres tratamientos de desamargado de grano de tarwi (*Lupino mutabilis Sweet*) en el contenido de grasa, fue realizado en los laboratorios de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado a 2830 m.s.n.m. se extrajo aceite de tarwi desamargado con A, AS y AC, con el equipo Soxhlet, se determinó el rendimiento de aceite y se caracterizó en: índice de acidez, índice de refracción y densidad. El procesamiento de los datos se realizó bajo un diseño completamente al azar (DCA) y factorial 3X3. Determinándose que el mejor rendimiento en la extracción de aceite de tarwi de 21.35%, a partir del grano desamargado solo con agua. Su composición fisicoquímica fue de: índice acidez en el rango de 0.2661 a 0.2702; índice de refracción de rango de 1.4703 a 1.4678 (temperatura de ambiente), de 1.4668 a 1.4688 (40 °C), de 1.4664 a 1.4678 (60 °C) y densidad g/ml en el rango de 0.9207 a 0.9231 (15 °C), de 0.9127 a 0.9155 (20 °C), de 0.9058 a 0.9072 (30 °C), estos parámetros mencionados está dentro de las normas de los aceites más comerciales.

Palabras claves: agua, alcaloides, cal, desamargado, grasa, sal, tarwi o chocho.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of three treatments of desamargado of grain from tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) in the fat content, was carried out in the laboratories of the professional school of agroindustrial engineering at the University National José María Arguedas located at 2830 meters extracted tarwi desamargado with A, AS oil and AC, with the Soxhlet equipment, determined the oil yield and was characterized in: acidity index, refractive index and density. The data processing was carried out under a completely randomized (DCA) and 3X3 factorial design. Determining that the best performance in the extraction of oil of 21.35% tarwi, from grain desamargado only with water. Its physicochemical composition was: index acidity in 0.2661 to 0.2702 range; refractive index of 1.4703 to 1.4678 range (ambient temperature), of 1.4668 to 1.4688 (40 °C), density g/ml in the range from 0.9207 to 0.9231 (15 °C), from 0.9127 to 0.9155 (20 °C), and 1.4664 to 1.4678 (60 °C) of 0.9058 to 0.9072 (30 °C) These mentioned parameters are within the norms of most commercial oils.

Key words: water, alkaloids, lime, desamargado, fat, salt, tarwi o chocho.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El Tarwi se considera una planta oriunda del Perú, cuyo origen se remonta a las épocas pre incas, crece en alturas que fluctúan entre 1800 a 4900 msnm. Esta semilla presenta varias formas: redonda u ovalada, lenticulares, de 5 – 15 mm de largo y 6 – 8 mm de ancho, de color variable, pueden ser blancas, marrones o negras, uno de los factores limitantes para incrementar su consumo es el fuerte sabor amargo que caracteriza a sus granos, debido a su alto contenido de alcaloides. Por esta razón, se requiere de un proceso de lavado previo a su consumo para eliminar el alcaloide, siendo su contenido más alto en el agua de cocción. A pesar de su gran valor nutritivo y resistencia a factores climáticos adversos en las zonas donde se siembra el cultivo, el consumo de esta especie está disminuyendo progresivamente debido a la falta de difusión de sus formas de uso y a la promoción de su consumo. El contenido de Aceite, proteínas y carbohidratos en los granos de tarwi varía de acuerdo al lugar de siembra, altitud, latitud y a su coloración de la semilla.

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de tres tratamientos de desamargado (en agua, sal, y cal) de grano de tarwi en el contenido de aceite. Teniendo como sub objetivo: determinar el contenido de aceite en granos de tarwi desamargado por tres tratamientos y las características fisicoquímicas del aceite obtenido de los granos desamargados por tres tratamientos

CAPÍTULO 2

REVISIÓN LITERARIA.

2.1. Antecedentes.

Navarrete (2010), extrajo el aceite de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), tanto amargo como desamargado, y se determinaron parámetros físicos, químicos y nutracéuticos para usarlo en alimentación. Este estudio se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); como materia prima se utilizó grano Andino 450 y hexano como solvente para la extracción, obteniéndose el mejor rendimiento de aceite (25.65%), a partir de harina de chocho des amargado en ocho horas. Los parámetros físicos y químicos indican que tiene un comportamiento similar a otros aceites de semillas con los que se comparó, aunque se encontraron algunas diferencias debido, tal vez, a su composición química; en cuanto a las características físico químicas, cumple con los estándares técnicos para grasas y aceites comestibles. En el análisis nutracéutico, se determinó el perfil de ácidos grasos y de tocoferoles del aceite de chocho, observándose que tiene gran calidad de ácidos grasos esenciales. En cuanto a la composición de tocoferoles no posee precursores de vitamina E, más bien tiene actividad antioxidante in vitro, lo que ayuda a mantener el producto y evita su degradación temprana, por lo que sería muy útil usar este aceite en la elaboración de productos alimenticios. El aceite refinado extraído del chocho desamargado, muestra características físicas similares a los aceites comerciales. Igualmente, se encontró similitud en las propiedades químicas, a excepción del índice de acidez, el cual excede el límite permisible señalado en la norma Codex.

Quispe (2012), extrajo y caracterizo el aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*), determino que el tiempo optimo fue de 8 horas y 25 g de muestra dando como resultado 18.0974% de aceite. Los índices físico químico obtenidos del aceite son: 0.18 de ácido oleico, 5.12m.e.q.O₂/100 Índice de peróxidos, 184mg KOH/g de índice de Saponificación, 0.18 % de insaponificación, 0.919 g/ml de densidad y color (Amarillo: 77 y Rojo: 74.1).

Arias y Guamán (2016), realizaron la evaluación físico – química del aceite de chocho (*Lupinus mutabilis*) a partir de dos variedades de chocho (INIAP 450 Andino y Ecotipo local), dos solventes (éter de petróleo y hexano) por medio de

extracción Soxhlet, con dos estados de chocho (amargo y desamargado), obteniendo los siguientes resultados para chocho Ecotipo local, solvente éter de petróleo : pH (7,195), índice de acidez (0,2000%), densidad (0,8650 g/ml) y temperatura (24,45°C). Se efectuó un análisis físico - químico del mejor tratamiento, los resultados son los siguientes: viscosidad (53,5 cst), índice de refracción (1,470 a 20°C), índice de saponificación (188,06 mg KOH/g), índice de éster (187,96 mg KOH/g), índice de yodo (94,39 gI₂/100 g), índice de peróxido (0,00 meq O₂/Kg).

Urrutia (2010). Optimizó los parámetros de extracción proteica en medio alcalino, usando como materia prima la harina deslupinizada y parcialmente desgrasada de tarwi (*Lupinus mutabilis*), el análisis proximal de la materia prima indica que sobresale el contenido de proteínas y lípidos 43,31 y 16,83%. El aislado obtenido en base a sus parámetros óptimos mostró el siguiente análisis proximal de humedad, grasa, proteína, ceniza, fibra y carbohidratos de 4,87; 0,61; 92,83; 1,48; 0,39 y 1,12% respectivamente.

Zamora (2015), evaluó el aceite de lupino andino (*Lupinus mutabilis, L.*) como alternativa energética para la producción de biodiesel. Obteniendo como resultados que el Lupino posee 21.59% de aceite e identificado un contenido de ésteres de 97.90% con cromatografía de gases (FID), perfil lipídico en el que sobresale el 43.60% de oleico y 32.80% de linoleico. El aceite se caracterizó en: Humedad 14.67%, Índices de Saponificación 32.40 mg de KOH/g, Yodo 85.82 g de I₂/100 g, Acidez 16.23 mg de KOH/g, Refracción 1.472, Peso molecular 872.86 g/mol, Viscosidad cinemática 1.30 mm²/s, Densidad 866.7 kg/m, Poder calorífico 38.65 KJ/kg, Residuo al carbón 85.55%, y Cenizas 0.06%.

2.2. Leguminosas

Las fabáceas (fabaceae) o leguminosas son una familia de árboles, arbustos hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su legumbre y sus hojas compuestas estipuladas (Navarrete, 2010).

Las leguminosas constituyen un grupo muy diverso de plantas con distribución mundial, el fruto, llamado legumbre, es el elemento que mejor caracteriza a las leguminosas. Es una vaina aplanada con una sola cámara y dos suturas; suele abrirse a lo largo de estas, como en el guisante o chicharo. Las semillas están

unidas longitudinalmente a una de las suturas. La legumbre puede ser indehisciente (que no se abre), como la del maní, que madura bajo tierra; o indehisciente de forma explosiva, como en el chocho. En cuanto a tamaño, oscila entre unos pocos milímetros y más de treinta centímetros: puede encerrar una semilla o muchas, y ser de color apagado o vivo (Navarrete, 2010).

Las leguminosas constituyen un alimento tradicional que ha suscitado el interés de numerosos grupos de investigación desde perspectivas muy diversas. La presencia simultánea de proteína y almidón en proporciones adecuadas, así como la riqueza en vitaminas, oligoelementos, saponina, fibra, etc., las han hecho acreedoras de un justificado interés desde el punto de vista nutritivo. El elevado contenido proteico en el grano de algunas especies de leguminosas convierte a esta familia en la principal fuente de proteína vegetal para mayor parte de herbívoros y omnívoros, y entre estos últimos para el hombre. (Muzquiz, 2001).

Desde un punto de vista económico muchas especies se utilizan como alimento, por ejemplo el frejol, el maní, chocho; otros que son productoras de aceite, como la soya; algunas de intereses forrajero como la alfalfa o especies ornamentales como la falsa acacia. (Muzquiz, 2001).

2.3. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

El tarwi es una leguminosa anual, la cual se utiliza en la alimentación el grano desamargado, conocido como chocho en el norte de Perú y Ecuador, tarwi en el centro del Perú y tauri en el sur del Perú y Bolivia (chuchus en Cochabamba, Bolivia) (Castañeda, 1998).

El cultivo del tarwi en la sierra se localiza entre los 2800 a 3900 msnm. Correspondiendo aproximadamente el 20 % del área sembrada en la sierra norte entre los departamentos de Cajamarca, La libertad y Amazonas; el 41 % de la sierra central entre los departamentos de Ancash, Huánuco, y un mínimo porcentaje en Junín y el 39 % en la sierra sur, en los departamentos de Cusco, Puno y Apurímac (Palacios *et al.*, 2004).

En las culturas pre-colombinas de Sudamérica, desempeñaba un papel importante como planta de cultivo para el abastecimiento proteico del habitante andino. Actualmente y con frecuencia el campesino andino emplea el lupino en la rotación de cultivos, lupino – papa – cebada, los cuales se realizan sin ningún abono. Esta leguminosa crece exitosamente en suelos pobres y sus propiedades de fijar nitrógeno y liberar el fósforo benefician los cultivos subsiguientes.

(Siavichay, 1986).

Por otro lado, se ha demostrado que el tarwi es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha aproximadamente, restituyendo la fertilidad del suelo cultivada (Mujica y Sven, 2006). Usado también como abono verde, contribuyendo a mejorar la estructura del suelo e incrementando los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo que hacen del suelo cultivado rico en nutrientes (Acuña, 2001).



Figura 1. Granos de tarwi.

Fuente: Acuña, 2001

2.3.1. Clasificación taxonómica del tarwi.

El tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) presenta la siguiente clasificación taxonómica

Nombre común: Tarwi, Chocho, Tauri

Nombre científico: Lupinus Mutabilis

División: Espermatofitos

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Rosales

Familia: Papilionoideas

Género: Lupinus

Fuente: Palacios *et al.* (2004).

2.3.2. Especies

Esta planta presenta una gran variabilidad morfológica y de adaptación ecológica en los andes, por lo cual existen muchas especies de lupinus, entre las cuales las más representativas son las siguientes:

- *Lupinus albus* o altramuz corriente (dulce)
- *Lupinus mutabilis* o tarwi, chocho (fuerte sabor amargo)

- *Lupinus angustifolius* (dulce)
- *Lupinus luteus* (dulce)
- *Lupinus hispánicus* (dulce)

Hasta ahora no se ha definido ninguna forma silvestre; sin embargo existen muchas especies afines y con caracteres morfológicos muy parecidos, como *L. praestabilis*, que se puede encontrar en la ciudad de Cusco (Navarrete, 2010).

2.3.3. Características botánicas de la planta

Es una leguminosa herbácea erecta de tallos robustos, algo leñosa. Alcanza una altura de 0.8 a 2m. Se cultiva principalmente entre 2.000 y 3.000m de altitud, en climas templados y fríos, contienen alcaloides amargos que impiden su consumo directo. (Cerletti, 1979).

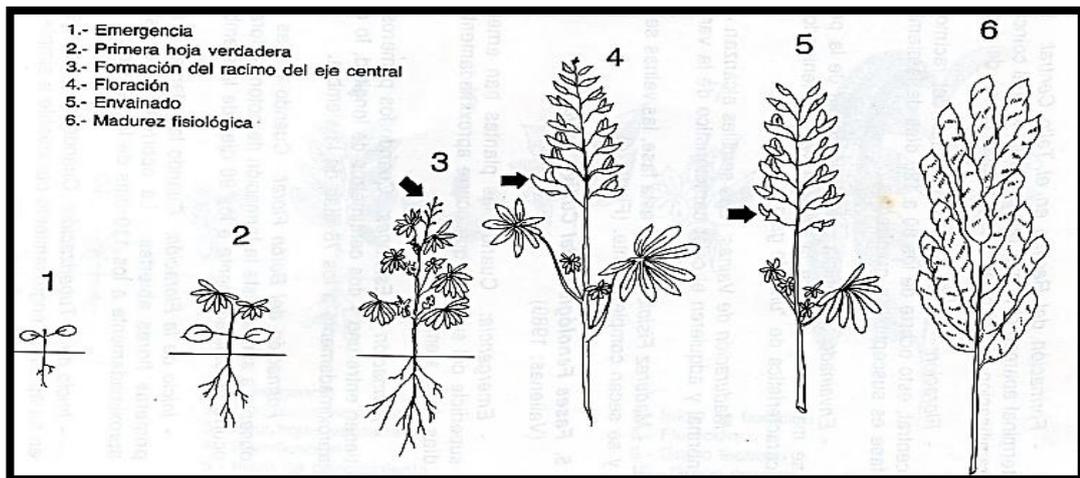


Figura 2. Fases fenológicas del tarwi.

Fuente: Tapia, 2016

2.3.3.1. Hojas

La hoja de lupinus es de forma digitada, generalmente compuesta por ocho folíolos que varían entre ovalados a lanceolados. En la base del peciolo existen pequeñas hojas estipulares, muchas veces rudimentarias. Se diferencia de otras especies de *lupinus* en que las hojas tienen menos vellosidades (Navarrete, 2010).

El color puede variar de amarillo a verde oscuro, dependiendo del contenido de antocianinas (Gross, 1982).

2.3.3.2. Flores e inflorescencia

El Tarwi pertenece a la subfamilia papilionoideas por lo cual presenta una corola grande de 1 a 2cm, con cinco pétalos y compuesta por un estandarte, dos quillas y dos alas. (Gross, 1982).

Según el tipo de ramificación que presenta la planta, puede tener hasta tres floraciones sucesivas, en una planta pueden existir hasta 1000 flores. (Castañeda, 1988).

La coloración de la flor varía entre el inicio de su formación hasta la maduración de un azul claro hasta uno muy intenso y de allí se origina su nombre científico, *mutabilis*, es purpura; menos frecuentes son los colores blanco, crema, rosado y amarillo. (Gross, 1982).

2.3.3.3. Semilla

La semilla del Tarwi están incluidas en número variable en una vaina de 5 a 12cm y varían de forma (redonda, ovalada a casi cuadrangular), miden entre 0.5 a 1.5cm. Un kilogramo tiene 3500 a 5000 semillas, dependiendo del tamaño y el peso de las semillas. La variación en tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo o variedad. La semilla está recubierta por un tegumento endurecido (Ver figura 01) que puede constituir hasta el 10% del peso total (Palacios *et al.*, 2004).

Los colores del grano incluyen blanco, amarillo, gris, ocre, castaño, marrón y colores combinados como marmoleado, media luna, ceja y salpicado. La genética en la herencia del color de la semilla es bastante compleja y existen genes tanto para el color principal, como para cada una de las combinaciones. (Palacios *et al.*, 2004).

2.3.3.4. Tallo y ramificaciones

La altura de la planta está determinada por el eje principal que varía entre 0.5 a 2m. El tallo de tarwi es generalmente muy leñoso y se puede utilizar como combustible. Su alto contenido de fibra y celulosa, hace que se lo emplee como material de combustión, sin embargo podría permitir un proceso de industrialización.

El color del tallo oscila entre verde y castaño. En las especies silvestres es rojizo a morado oscuro (Navarrete, 2010).

Según el tipo de ramificaciones, la planta puede ser de eje central predominante, con ramas desde la mitad de la planta, tipo candelabro, o ramas terminales; o de una ramificación desde la base con inflorescencia a la misma altura, el número de ramas varía desde unas pocas hasta 52 ramas. El número de vainas y de ramas fructíferas tiene correlación positiva con una alta producción (Navarrete, 2010).

2.3.3.5. Raíces y nódulos

Como leguminosas, el tarwi tiene una raíz pivotante vigorosa y profunda que puede extenderse hasta 3m. de profundidad (Navarrete, 2010).

En la raíz se desarrolla un proceso de simbiosis con bacterias nitrificantes que forman nódulos de varios tamaños (1 a 3cm). En suelos con presencia de bacterias, las formaciones de nódulos se inician a partir del quinto día después de la germinación (Navarrete, 2010)

Los nódulos pueden alcanzar un diámetro hasta de 3cm; se localizan principalmente en la raíz primaria, por encima de la ramificación radicular, e incluso en las raíces secundarias. (Palacios *et al.*, 2004)

2.4. Modos de empleo.

Uno de los principales problemas para el consumo directo de chocho es la presencia de alcaloides que le dan un sabor amargo al grano y pueden ser tóxicos, por lo que no debe ser consumido sin un proceso previo de desamargado. Este se realiza mediante varios lavados de los granos con agua (Navarrete, 2010).

Cuando el grano ha sido desamargado tiene una diversidad de usos como:

- Consumo humano
- Uso industrial
- Uso medicinal
- Uso agronómico

2.4.1. Consumo humano.

En fresco se puede utilizar en guisos, purés, salsas, ceviches, sopas (crema de chocho); postres y refrescos (jugo de papaya con harina de chocho). Hay que indicar también que en nuestro país se consume en platos tradicionales de nuestra serranía, en estos tiempos es muy adquirido en los mercados (Navarrete, 2010).

2.4.2. Uso industrial

La harina de chocho puede ser usada en panificación (15%), para mejorar considerablemente el valor proteico y calorífico del producto; permite una mayor conservación del pan, debido a la retrogradación del almidón y un mayor volumen por las propiedades emulgentes de la lecitina presente en el chocho desamargado (Navarrete, 2010).

2.4.3. Uso medicinal.

Los alcaloides (esparteína, lupanina, lupanidina) se emplea para controlar ectoparásitos y paracitos intestinales de los animales. Ocasionalmente los agricultores utilizan el agua de cocción del chocho como laxante y para el control de plagas en plantas (Navarrete, 2010).

2.5. Composición química y valor nutricional.

Tabla 1. Composición química del Tarwi.

Componentes (%)	Tarwi	Tarwi		
		semilla	Cotiledón (88.97%)	Tegumento (11.03%)
Proteína	44,3	44,87	49,22	9,39
Grasa	16,5	13,91	15,38	2,20
Carbohidrato	28,2	27,12	27,08	27,5
Fibra	7,1	8,58	2,42	58,35
Ceniza	3,3	5,52	5,89	2,55
Humedad	7,7	9,63	9,67	10,79

Fuente: (Mujica y Sven, 2006).

El grano de tarwi (*Lupinus mutabilis*) es rico en proteínas y grasas, razón por la cual debería ser utilizado en la alimentación humana con mayor frecuencia, su contenido proteico es superior al de la soya por lo que son excepcionalmente nutritivas. Las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso, estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestran que la proteína varía de 41- 51% y el aceite de 14-24% (Gross *et al.*, 1988). Existe una correlación positiva entre proteínas y alcaloides, mientras que es negativa entre proteína y aceite, significa que cuantas más proteínas tenga, mayor será la cantidad de alcaloide, esto no ocurre con la grasa (Mujica y Sven, 2006).

Ortega *et al.*, (2009), encontraron que las semillas de lupino contienen 7,35% de nitrógeno total, 55,95% de carbono y 9,83% de hidrógeno. Con base en el contenido de cenizas (5,52%) se estima que el contenido de oxígeno equivale a 21,35%. La fracción fibrosa de la semilla está contenida principalmente en el tegumento, representando el 11,03 % de la semilla y tiene un alto contenido de fibra y carbohidratos, es especialmente rico en celulosa y hemicelulosa, por lo que es una alternativa para la alimentación de bovinos.

2.5.1. Proteínas

La semilla de chocho es una excelente fuente de proteínas con un contenido promedio proteico de 42%. En este sentido, la variabilidad es muy amplia y se pueden presentar ecotipos con un contenido de casi el 50%. Las globulinas corresponden a la mayor fracción proteica, siendo la albumina la restante. El proceso de desamargado concentra todavía más el contenido proteico encontrándose en todos los productos valores de proteína al 50% del peso seco (Navarrete, 2010)

Tabla 2. Comparación del contenido de proteínas entre varias especies de lupinus.

Lupinus	PROTEINA (%)
<i>L. mutabilis</i>	39.0 – 52.0
<i>L. angustifolius</i>	33.2 – 35.5
<i>L. hispaniscus</i>	43.9 – 46.9
<i>L. albus</i>	39.2 – 43.3

Fuente: (Navarrete, 2010)

2.5.2. Lípidos

El *Lupinus mutabilis* tiene un elevado contenido de grasa (18 – 25%), lo que hace factible la extracción de aceite a nivel industrial. Los lípidos constan de ácidos grasos insaturados, aproximadamente la mitad de estos constan de ácido oleico (35.1 – 54.6%), existiendo un 22.3 – 43.9% de ácido linoleico y el 2.1 – 2.7%, le corresponde al ácido linolénico (Navarrete, 2010).

El porcentaje de ácido linolénico es bajo comparado con el de la soya, en la cual existe en gran cantidad, características que favorecen la conservación del aceite

ya que este se oxida rápidamente y puede originar cambios indeseables en el sabor.

Las semillas de chocho y su composición de ácidos grasos son comparadas frente a otro tipo de semillas oleaginosas, para ver la cantidad de su grasa.

2.5.3. Fibra

El contenido de fibra representa más del 6% y supone el 10% del peso de la semilla. Tiene gran valor debido al rol que este componente desempeña en el organismo humano. Se conoce que la proporción de material celular de las paredes de los cotiledones, son esencialmente polisacáridos y su contenido es altamente variable entre especies y variedades de *lupinus* (Navarrete, 2010).

2.5.4. Carbohidratos

El contenido de sacarosa y almidón es bajo, mientras que la proporción de oligosacáridos que no son aprovechables por el hombre es relativamente alto. Estos oligosacáridos son los causantes de la producción de flatulencias en el hombre y animales, caracterizada por la producción de gran cantidad de CO₂, H₂ y CH₄. En este grupo de α -galactósidos se han identificado los siguientes azúcares: rafinosa, estaquiosa, verbascosa y otros de peso molecular más alto. En todos ellos está presente la galactosa con 1,2 y 3 moléculas respectivamente, unidas a la sacarosa con enlaces α 1.6 (Navarrete, 2010).

2.5.5. Minerales

Los minerales se pueden considerar como nutrientes indispensables ya que el organismo no los sintetiza ver tabla 03. El contenido de minerales en el *lupinus mutabilis*, es semejante al de otras leguminosas, solo el contenido de fósforo y magnesio es un poco más elevado. La semilla de Lupino representa para el hombre una valiosa fuente de calcio y potasio, el primer elemento se encuentra principalmente en la cascara, y el fósforo se halla en el núcleo, por lo que tener en cuenta que después del descascarado se altera la relación Calcio – Fosforo (Ca – P) (Navarrete, 2010).

Tabla 3. Contenido de minerales en el *Lupinus mutabilis Sweet*.

Macromoléculas	mg/g	Microelementos	mg/g
Calcio	1.07 – 1.53	Hierro	16.00 – 73.3
Magnesio	2.00 – 3.02	Zinc	40.00 – 51.66
Sodio	0.25 – 0.75	Manganeso	21.33 – 29.10
Potasio	11.06 – 13.56	Cobre	4.00 – 12.10
Fósforo	0.44 – 0.88		

Fuente: ILA, 1982**2.5.6. Vitaminas**

El contenido de vitaminas como la tiamina, riboflavina, niacina, se asemeja a los valores de otras leguminosas, debido a lo cual constituye una valiosa fuente de vitamina B para el hombre, ver tabla 04. (Navarrete, 2010).

Tabla 4. Contenido de vitaminas en el grano crudo de chocho.

Vitaminas	mg/100g
B – caroteno	0.09
Tiamina	0.51
Riboflavina	0.42
Niacina	4.1

Fuente: Gross, 1982**2.5.7. Aminoácidos**

La distribución de aminoácidos es relativamente estable, presenta mayor contenido de triptófano y tirosina frente a la soya y el frejol, los aminoácidos como la metionina son los primeros limitantes, pero se puede equilibrar este déficit combinado el chocho especialmente con cereales ya que estos últimos son diferentes en lisina. El contenido de metionina disponible varía en las variedades de chocho a continuación se muestra el contenido de aminoácidos en los granos de chocho, ver tabla 05. (Navarrete, 2010).

Tabla 5. Contenido de aminoácidos en *Lupinus mutabilis Sweet*.

Aminoácidos	Tarwi (g/16g)	Soya (g/16g)	Frejol(g/16g)
Isoleucina	4.3	4.5	4.2
Leucina	7.4	7.8	7.6
Lisina	5.3	6.4	7.2
Metionina	0.4	1.3	1.1
Fenilalanina	3.4	4.9	5.2
Treonina	3.5	3.9	4.0
Valina	3.5	4.8	4.6
Histidina	2.2	2.5	2.8
Tirosina	3.5	3.1	2.5
Triptófano	1.8	1.0	-

Fuente: Navarrete, 2010

2.6. Alcaloides del tarwi

El grano de tarwi crudo es amargo (alto contenido de lupanina, lupanidina, esparteína y otros), por lo tanto es inconsumible, no es apetecido por aves, rumiantes ni insectos; por ello para consumir los granos de tarwi, el primer paso es el desamargado (Mujica, 2006).

Es natural la presencia de alcaloides en el tarwi, son tóxicos y dan un sabor amargo a la semilla, es la razón por la que se ha priorizado el desarrollo de un proceso de desamargado en muchas investigaciones (Acuña 2001).

2.6.1. Composición de los alcaloides del tarwi

La identificación y cuantificación de los alcaloides del chocho, es de gran importancia, ya que la toxicidad y el sabor amargo del grano dependen del tipo y proporción de estos componentes, de los alcaloides identificados, la lupanina es el mayor constituyente, pues alcanza el 2.5% en el grano crudo. El segundo en importancia es la esparteína y corresponde al 0.32 % en el grano crudo.

Otros compuestos como la 3- β -hidroxilupanina y 13-hidroxilupanina y tetrahidrorombifolina, se encuentran en menor cantidad. (Villacrés *et al*, 2009).

Tabla 6. Composición relativa de alcaloides en la semilla de *Lupinus mutabilis Sweet*.

Alcaloides	Composición relativa de alcaloides (%)
Esparteína	7.39
ammodendrina	0.23
N-metilangustifolia	3.46
Angustifolia + 17oxoesparteína	0.60
Isolupanina	0.29
4-hidroxilupanina	8.65
Multiflorina	0.14
17-oxolupanina	0.09
Anagirina	0.03
13-hidroxilupanina	14.9
4,13-dehidroxilupanina	2.12
13-tigloiloxilupanina	0.28
Monoangeloil + ester de la monogloil	0.45
13 benzoiloxilupanina	1.15
13-cis-cinnammoiloxilupanina	0.39
13-trans-cinnammoiloxilupanina	99.39
13-angeloiloxilupanina	1.57

Fuente: (Villacrés *et al*, 2009).

2.6.2. Propiedades físico químicas de los alcaloides del tarwi.

Son compuestos que poseen propiedades alcalinas debido a la presencia de nitrógeno básico formado por lo general núcleos heterocíclicos. Estos en forma libre son insolubles en el agua, poco solubles en alcohol e insolubles en éter y cloroformo, la mayoría poseen oxígeno como la esparteína siendo esta líquida a temperatura ambiente (Villacrés *et al*, 2009).

2.6.2.1. Lupanina

La lupanina es el alcaloide que se encuentran en mayor concentración en el tarwi, su forma estructural $C_{15}H_{24}N_2O$, tiene un peso molecular de 248.36 g/mol, es soluble en agua, cloroformo, éter y alcohol e insoluble en éter de petróleo.

Se puede encontrar la d y 1-lupanina así como también sus mezclas, las mismas que pueden ser identificadas por la presencia de una de las formas ópticamente activas. La forma racémica es encontrada en los lupinos blancos.

La lupanina tiene actividad antibacteriana, antinematocida contra lepidópteros y coleópteros, también produce inhibición de las actividades moduladoras, inhibe la síntesis de proteínas, además posee actividad antiarrítmica, hipotensora, y actividad hipoglicemiante (Villacrés *et al*, 2009).

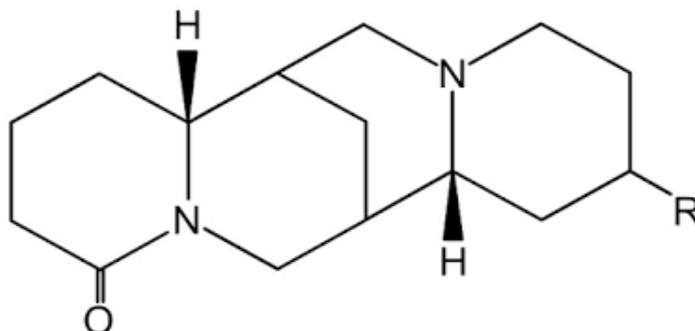


Figura 3. Estructura molecular de la lupanina.

Fuente: (Villacrés *et al*, 2009).

2.6.2.2. Esparteína

La esparteína $C_{15}H_{26}N_2$ presenta átomos de nitrógeno unidos en forma terciaria, tienen 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 y hierve a 311 en corriente alcalina. Es más insoluble en agua, alcohol, éter y cloroformo, con reacción alcalina.

La esparteína es un gangliopléjico poco potente, bloquea la transmisión por impedir la despolarización de la membrana postsináptica. La esparteína y la lupanina son considerados tóxicos para los vertebrados por ser agonistas de los receptores de acetilcolina, inhibidores de los canales de Na^+ y K^+ , lo que bloquea la señal e transducción neuronal (Villacrés *et al*, 2009).

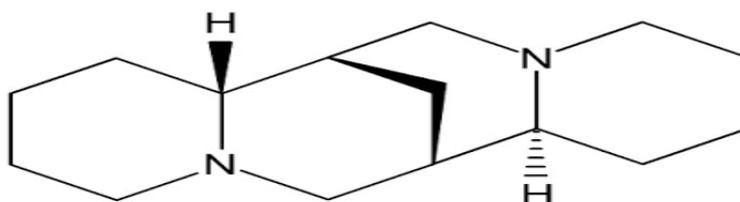


Figura 4. Estructura molecular de la esparteína.

Fuente: (Villacrés *et al*, 2009).

2.6.2.3. Hidroxilupanina

Su fórmula es $C_{15}H_{24}N_2O_2$ con un peso molecular igual a 264 g/mol. Se han identificado dos formas isómeras de la hidroxilupanina como unidades químicas representativas, dependiendo de la localización del grupo hidroxilo en la estructura básica de la molécula, estas son: 4-hidroxilupanina y la 13-hidroxilupanina. (Villacrés *et al*, 2009).

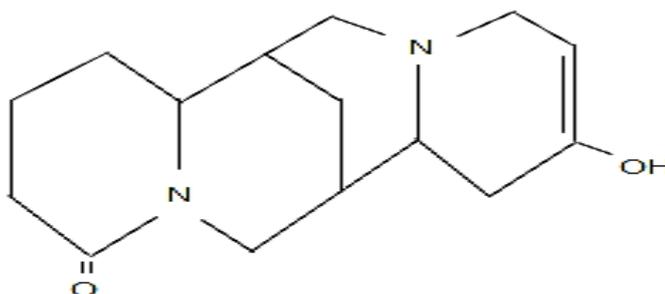


Figura 5. Estructura molecular de 4-hidroxilupanina.

Fuente: (Villacrés *et al*, 2009).

2.6.2.4. Lupinina

La lupinina se caracteriza por tener la forma de prismas ortorrómbico, es soluble en agua, éter, alcohol o cloroformo, es una base fuerte. La lupinina se difunde más rápidamente a través de las membranas biológicas, y la duración de su actividad es más corta que la esparteína. Esto demuestra que dichos alcaloides puros o en forma de sales (clorhidratos y sulfatos) administrados en dosis altas actúan como tóxicos, pero cuando se administran en dosis moderadas actúan como medicamento (Villacrés *et al*, 2009).

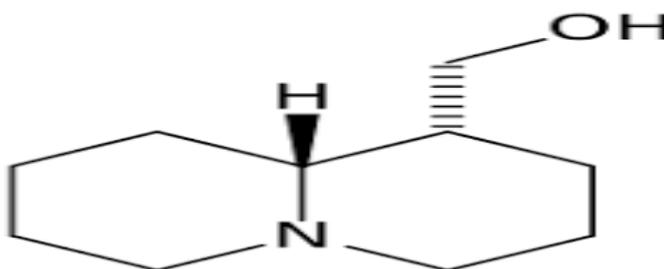


Figura 6. Estructura molecular de la lupinina.

Fuente: (Villacrés *et al*, 2009)..

2.6.2.5. Angustifolina

La angustifolina inhibe al crecimiento bacteriano de *Bacillus subtilis*, *B. thuringiensis* y *Escherichia coli*, participan en la inhibición de las actividades moduladoras y en la biosíntesis de las proteínas. La angustifolina posee actividades similares a la de la esparteína, lupanina, 13-hidroxilupanina, lupinina, 17-oxoesparteína, 13-tigloiloxilupanina (Villacrés *et al*, 2009).

2.6.3. Eliminación del alcaloides

El chocho es una leguminosa, cuyos granos o semillas contienen alcaloides. Por tanto para su consumo es importante realizar un proceso de desamargado en agua. Este proceso se desarrolla en tres fases: hidratación, cocción y desamargado (Cruz, 1987)

a. Hidratación.

Consiste en hidratar el grano en agua limpia por el tiempo de 14 horas.

b. Cocción.

Consiste en cocinar el grano por 40 minutos.

c. Desamargado.

Consiste en remojar por tres días o más el grano de chocho cocido, de preferencia agua corrida. No existen parámetros para determinar el punto ideal del grano sin alcaloides. La experiencia ayuda a determinar el estado ideal para la comercialización y consumo

2.7. Métodos de desamargado

Existen varios métodos de deslupinizado, cada uno difiere en cuanto a sus resultados en base al contenido de alcaloide residual, para el control del proceso de desamargado, se presta sobre todo al método de determinación de los alcaloides totales por titulación o por fotometría. Si se requiere la separación de los alcaloides, se recomienda la cromatografía, en ocasiones se utiliza ácido tricloroacético al 5 % para el análisis (Zamora, 2007)

Los principales métodos aplicados para el desamargado del tarwi son: deslupinizado tradicional, extracción por medio de alcohol, y el método llamado "Proceso Cusco", la semilla remojada se somete a un proceso de cocción en olla de presión con agua. La pérdida de nutrientes en este proceso aún se puede disminuir, sin embargo ya es 50% menor que en el proceso tradicional; siendo la pérdida de proteínas 16,8%. La cocción puede efectuarse también

en hornos sencillos, usando los tallos y ramas de las plantas secas de tarwi como combustible (Bacigalupo y Tapia, 2005).

El proceso de des-amargo se basa en dos pasos:

- Proceso térmico
- Proceso de extracción

Después de haber limpiado y seleccionado los granos, este debe cocinarse durante 45 minutos, en este proceso térmico de cocción es necesario por los siguientes motivos:

- Destrucción del poder germinativo.
- Destrucción de las enzimas propias de la célula, tales como lipasa que causan la descomposición de grasas.
- Destrucción de microorganismos adheridos a las semillas, que pueden producir toxinas, así como causar la descomposición de sustancias nutritivas.
- Desintegración de las células en los granos, mediante lo cual se facilita la extracción de alcaloides.
- Coagulación de las proteínas de las semillas con la que se reduce la pérdida de las mismas durante el proceso.

En el proceso de extracción de alcaloides o des-amargar se lleva a cabo utilizando agua corriente, lavarlo aproximadamente por tres o cuatro días, cambiando el agua constantemente cada seis horas.

La cáscara del grano protege al corazón del mismo contra las bacterias que podrían contaminar y producir una descomposición del alimento.

Los granos des-amargados que están húmedos, pueden ser consumidos directamente; para prolongar su conservación se debe dejar secar al sol en lugares secos. Cita:(El cultivo y la utilización del tarwi (Quispe, 2012).

2.7.1. Tipos de desamargo

2.7.1.1. Desamargo tradicional

Hace miles de años el habitante andino logró ampliar su espacio vital hacia las zonas altas, aprendiendo a aprovechar los frutos tóxicos e inapropiados para el consumo, que lograron convertir el lupino amargo en un alimento de agradable sabor. Tras un proceso de cocción, las semillas eran colocadas en riachuelos,

charcos o canales durante varios días y luego se consumían directamente o se secaban para su almacenamiento (Quispe, 2012).

2.7.1.2. Desamargado según el procedimiento Cuzco

Según procedimientos desarrollado por Tapia, M. (1990), indica que se remoja el grano de *lupinus* en una poza de agua circulante durante 18 a 24 horas. La semilla remojada se somete a un proceso de cocción en olla de presión por 40 minutos y dos veces con cambio de agua en cada caso. La incorporación de 50g de legía (ceniza de quinua) acelera el proceso de desamargado. Posteriormente los granos de tarwi se someten a un lavado mecánico, donde las semillas se agitan en canastilla cada 10 minutos por cada hora para garantizar una buena turbulencia, acelerando de esta manera el lavado en un tiempo de 12 a 48 horas. Finalmente en grano desamargado se seca expuesta al sol de 1 a 2 días. (Quispe, 2012).

2.7.1.3. Desamargo industrial

Se basa fundamentalmente en la extracción de alcaloides por medio de agua potable. El grano seco seleccionado y libre de impurezas debe ser remojado o hidratado antes de la cocción durante 12 a 14 horas, para un manejo más fácil se dispone aproximadamente 10 kilos de semilla en bolsas de red de pescar, el proceso de cocción dura de 40 – 60 minutos, posteriormente los granos se someten a un lavado mecánico donde la semilla se agita en canastillas para garantizar una buena turbulencia, esto reduce el tiempo de extracción de alcaloides, durante 72 horas. Finalmente el grano des-amargado se seca al sol en una especie de invernadero, donde se suministra aire mediante un ventilador; además este producto debe ser seleccionado eliminando granos con cotiledones verdes, negros o con manchas de color café o negro en la cubierta (Quispe, 2012).

Tabla 7. Composición química del chocho amargo y desamargado.

Parámetro	Unidades	Grano amargo	Grano desamargado
Humedad	%	9.90	73.63
Materia seca	%	90.10	26.37
Proteína	%	41.20	51.06
Grasa	%	17.54	20.37
Fibra	%	6.24	7.47
Alcaloides	%	3.11	0.08
Calcio	%	0.12	0.42
Fósforo	%	0.60	0.43
Sodio	%	0.015	0.042

Fuente: Villacrés *et al.*, 1998.

2.8. Lípidos

El tarwi tiene un elevado contenido de grasa (18 a 25%), lo que hace factible la extracción de aceite a nivel industrial. Los lípidos constan de ácidos grasos insaturados, aproximadamente la mitad de estos constan de ácido oleico (35.1 a 54.6%), existiendo un 22.3 a 43.9% de ácido linoleico y el 2.1 a 2.7% le corresponde al ácido linoleico.

El porcentaje de ácido linoleico es bajo comparado con el de la soya, en la actualidad existe en gran cantidad, características que favorece la conservación del aceite ya que este se oxida rápidamente y puede originar cambios indeseables en el sabor (Navarrete, 2010)

El aceite de Tarwi presenta un valioso aporte nutricional, como fuente de ácidos grasos esenciales: linoleico n-6 (28.17%) y ácido linolénico n-3, (2.54 %) y γ -Tocoferol (1172.8 ppm). Las características físicas del aceite de tarwi son similares a los aceites de soya, girasol y oliva, sin embargo el perfil de ácidos grasos es semejante al aceite de soya, lo cual permite recomendar su consumo especialmente como aceite para ensaladas (Navarrete, 2010)

Las grasas realizan varias funciones de importancia en el organismo, entre las que podemos citar las siguientes:

- **Función energética:** Como decíamos al principio del estudio de las grasas, éstas producen nueve calorías por cada gramo al metabolizarse en el organismo, cantidad superior a la de hidratos de carbono (4g) y proteínas (4g)

(Madrid, 1997)

- Son vehículo para las importantes vitaminas liposolubles (solubles en las grasas), tales como la A (antixerofáltmica), D, K y E (Madrid, (1997)
- Aportan la vitamina F (ácidos grasos no saturados, tales como el linólico, linolénico y araquidónico) cuya carencia puede producir trastornos diversos (Madrid, 1997)
- Favorecen la absorción del calcio (Madrid, 1997)

2.8.1. Composición general de los lípidos

Los componentes principales de las grasas son los siguientes:

2.8.1.1. Fosfolípidos

En las grasas vegetales se encuentran principalmente, los fosfogliceridos lecitina, cefalina, fosfatilinositol y también esfingolipidos. También en este caso la posición 2 de la cadena está ocupada, preferentemente, por ácidos insaturados. (Primo, 1987). Por su carácter lipófilo y polar, los fosfolípidos son buenos emulgentes y se obtienen en la industria, a partir sobre todo del aceite de soja, además son inestables y se oxidan con mayor facilidad, por lo que, en algunos aceites deben separarse en las operaciones de refinado (Primo, 1987).

2.8.1.2. Residuo insaponificable.

Existe en las grasas un conjunto heterogéneo de sustancias (hidrocarburos, alcoholes largos, esteroides, carotenoides, tocoferoles, etc.) que se separan en el llamado residuo insaponificable (Primo, 1987).

La cantidad y la composición del residuo insaponificable con características de cada grasa, y algunas de sus propiedades se utiliza con fines de caracterización y para detectar adulteraciones y mezclas (Primo, 1987).

2.8.1.3. Ácidos grasos.

Fisher, H. (1991), menciona que un ácido graso es una biomolécula de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo (-COOH). En la Tabla 07 se muestra la composición de ácidos grasos del tarwi. Los principales componentes de todas las grasas son los ácidos grasos, estos son muy variados y se los agrupa en:

a. Ácidos grasos saturados

Su fórmula es $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)-COOH}$. Solo poseen enlaces sencillos entre los átomos de carbono. Las grasas que contienen una gran proporción de ácidos grasos saturados a temperatura ambiente. Se conocen como grasas saturadas y, normalmente, son de origen animal; por ejemplo, manteca, sebo, y mantequilla (Kuklinski, 2003).

b. Ácidos grasos insaturados

Poseen uno o varios dobles enlaces en la cadena. Hay dos nomenclaturas de los ácidos grasos en lo que refiere a la posición del primer doble enlace. Si se muestra a partir de la posición ácido (COOH), se indica con la nomenclatura Δ , y si numera a partir del extremo metilo (CH_3) terminal, se utiliza la nomenclatura ω (Kuklinski, 2003).

Tabla 8. Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales).

Ácidos	%
Oleico (omega 9)	40.3
Linoleico (omega 6)	37.1
Palmítico	13.2
Linolénico (omega 3)	2.7
Palmitoleico	0.2
Esteárico	5.6
Mirístico	0.6

Fuente: (Kuklinski, 2003).

2.8.2. Alteraciones en los lípidos

2.8.2.1. Existen enzimas en las semillas oleaginosas

a) Lipasas y fosfolipasas

En las semillas oleaginosas crudas existe una notable cantidad de lipasas activas, y, al triturar las semillas se desencadena la acción lipásica y los aceites presentes en la harina se hidrolizan y acidifican (Primo, 1987).

b) Lipoxidasas y peroxidasas

Las lipoxidasas catalizan la peroxidación de los carbonos insaturados de los ácidos grasos. Los productos de oxidación son similares a los que se forman en

el enranciamiento de las grasas. Los enlaces se mueven y quedan en forma conjunta, uno de ellos en forma trans (Primo, 1987).

2.8.2.2. Enranciamiento químico.

El enranciamiento químico se produce, principalmente, en los aceites y grasas elaborados. El enranciamiento o autooxidación es una alteración de gran importancia comercial por las pérdidas que produce, aceites y componentes grasos de los alimentos (Primo, 1987).

La acción de oxígeno atmosférico sobre las cadenas alifáticas de ácidos grasos y glicéridos da lugar al sabor y olor típicos, fuertes y desagradables, y a la formación de compuestos nocivos (Primo, 1987).

El oxígeno reacciona principalmente, en los dobles enlaces; por esto, los componentes poliinsaturados de las grasas se oxidan mucho más deprisa que los más saturados (Primo, 1987).

2.8.3. Aceites vegetales

2.8.3.1. Composición de aceites vegetales

Químicamente son ésteres de glicerol y tres ácidos grasos. La mayor fuente de aceites está constituido actualmente por las semillas de las plantas anuales, tales como lino, soja, algodón, cacahuete, etc. y la segunda fuente de aceites vegetales son ciertos árboles productores de frutos oleaginosos, entre los del cocotero, palmera, olivo, etc. los aceites, por ser constituyentes esenciales de toda las plantas y animales, están ampliamente distribuidas en la naturaleza. Todas las especies de plantas y animales producen alguna clase de aceite, durante su ciclo vital. Sin embargo, las plantas y animales que producen aceite en cantidad suficiente y en forma tal, como para constituir un artículo comercial, son relativamente pocas en número. El término grasa y aceite se han utilizado como sinónimo, puesto que ambas sustancias poseen la misma estructura química básica. Se forman por la unión de tres ácidos grasos con una molécula de glicerina, tal como se muestra en la Figura 3. Por ello también son llamados triglicéridos. Todas las grasas son insolubles en agua teniendo una densidad significativamente inferior (flota en el agua). Además la mayoría de las grasas de semillas vegetales, líquidas a temperatura ambiente, son aceites. (Quispe, 2012).

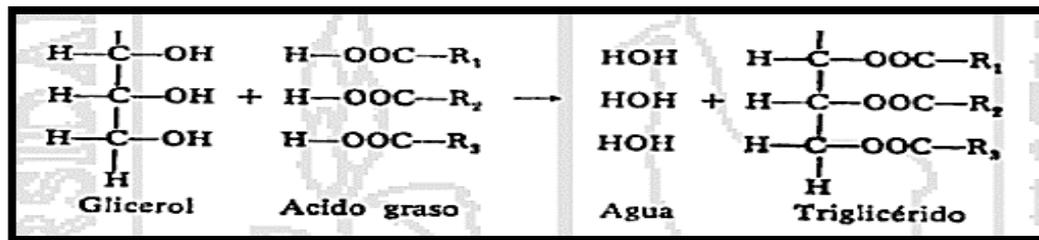


Figura 7. Composición de una grasa o aceite.

Fuente: (Quispe, 2012).

2.8.4. Extracción del aceite de tarwi por solvente

La extracción por solventes es una típica operación de transferencia de masa, donde el solvente penetra en el sólido y el aceite contenido en él se hace miscible con el solvente. Este proceso es tanto más rápido cuando menos aceite contiene el disolvente y la cantidad extraída será mayor cuanto más grande es la diferencia de concentraciones. Por esto, es ventajoso no dejar el disolvente en contacto con el material hasta la completa extracción, si no reemplazarlo por disolventes frescos. (Quispe, 2012).

2.8.4.1. Disolventes

Son sustancias que es capaz de distribuir la agregación de las moléculas de un cuerpo soluble o también se le puede decir que es un componente que se halla en mayor proporción en una mezcla homogénea. (Quispe, 2012).

Según Mehlenbacher, V. (1979), el procedimiento de estimación de la grasa por la extracción de la materia de origen con un disolvente, evaporación de este y determinación gravimétrica del residuo es uno de los más antiguos del análisis de grasas. El disolvente ideal para una extracción cuantitativa de grasa debe poseer las siguientes características:

- Tener un alto poder disolvente para las grasas.
- Tener un bajo o nulo poder disolvente para sustancia son grasas, tales como proteínas, aminoácidos, esteroides, hidratos de carbono y fosfolípidos.
- Evaporarse rápidamente y no dejar residuos.
- Tener relativamente un bajo punto de ebullición.
- No ser inflamable.
- No ser tóxico, tanto en estado líquido como en vapor.

- Penetrar fácilmente en las partículas de la muestra.
- Estar compuestos de un solo componente o ser una mezcla isotrópica para evitar la posibilidad de fraccionamiento. (Quispe, 2012).

a. Éter de petróleo

El éter de petróleo también conocida como bencina, nafta es una mezcla líquida de diversos compuestos volátiles, muy inflamables, de la serie homologa de los hidrocarburos saturados o alcanos; se emplea principalmente como disolvente no polar. Tiene una densidad relativa comprendida entre 0.6 y 0.8, en función de su composición. Este solvente se encuentra en estado líquido, incoloro, leve olor a hidrocarburo con una temperatura de ebullición de 35 a 60°C. (Quispe, 2012).

b. Hexano

El hexano es un derivado del petróleo y se obtiene de ellos mediante destilación fraccionada. Este solvente se caracteriza por ser un líquido incoloro, volátil, inflamable, con olor característico que recuerda ligeramente a la gasolina. Es insoluble en agua y más ligero que ella. Soluble en gran parte de los disolventes orgánicos tales como éter y cloroformo. Actúa como disolvente de cera, grasas, resina, etc. Su temperatura de ebullición es de 68.7°C. (Quispe, 2012).

Según Conti, P., *et al* (2006), el solvente utilizado para la extracción de aceite de soya es el hexano por ser un excelente disolvente para aceites y presentar bajo punto de ebullición, entre 63 y 69 °C, a pesar de ser extremadamente tóxico e inflamable (Quispe, 2012).

2.8.5. Características fisicoquímicas de los aceites y grasas.

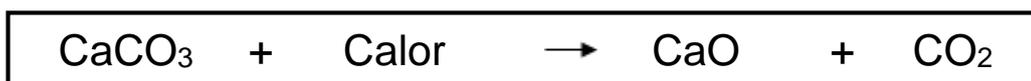
Para caracterizar la composición y el estado de las grasas, según Grosch, (1997), se estableció una serie de índices con los cuales mediante el cálculo del reactivo gastado, se podían determinar ciertos grupos funcionales o ciertos componentes. La consistencia, viscosidad, plasticidad, etc., son propiedades importantes para muchas aplicaciones de las grasas en tecnología de alimentos; la temperatura de formación de humos es importante en los aceites para freír, así como el punto de inflamación. La presencia de ácidos grasos libres hace descender ambos índices. (Grosch, 1997)

Con las nuevas técnicas analíticas, tales como la cromatografía de gases de los ácidos grasos, resultan obsoletos muchos de estos índices (Grosch, 1997).

2.9. Cal

Es un producto químico natural que se obtiene de la roca caliza, cuando es sometida a altas temperaturas (más de 1000°C) hasta obtener Cal Viva; en esa fase tiene lugar la transformación del Calcio: de Carbonato a Óxido –por desprendimiento del dióxido de Carbono (CO₂), contenido en la piedra.

Al agregar agua o humedad, (apagar la cal) el material se hidrata y se denomina hidróxido de calcio; parte del agua se libera a la atmósfera como vapor ya que en este momento se origina una reacción de calor (exotérmico) no contaminante.



Carbonato de Calcio	+	calor	→	Oxido de Calcio	+	Dioxido de Carbono
Piedra Caliza				Cal Viva		
Tiza				Cal en terrón		
Coral/Conchas						

2.10. Sal

La sal de mesa, conocida comúnmente como sal, es la sal específica cloruro sódico, cuya fórmula química es NaCl. Otras denominaciones son «sal marina» y «sal común». La sal de mesa es la sal refinada cuyo tamaño de gránulo es igual o inferior a 2,0 milímetros, humedad 0,5% como máximo y que puede contener alguno o algunos de los agentes anti apelmazantes autorizados por la Dirección General de Salud Pública, la composición de la sal se puede observar en la tabla 08. Esta gráfica muestra 3 diagramas de caja y bigote, una para cada columna de datos. La parte rectangular de la gráfica se extiende desde el cuartil inferior hasta el cuartil superior, cubriendo la mitad central de cada muestra. La línea central dentro de cada caja indica la localización de la mediana de cada muestra. El signo más indica la localización de la media de cada muestra. Los bigotes se extienden desde la caja hasta los valores mínimo y máximo de cada muestra, excepto para cualquier punto alejado ó muy alejado, los cuales se grafican en forma individual. Puntos alejados son aquellos que quedan a más de 1.5 veces el rango intercuartílico por arriba ó por debajo de la caja y se muestran como pequeños cuadrados. Puntos muy alejados son aquellos que quedan a más de 3.0 veces el rango intercuartílico por arriba ó por abajo de la caja, y se muestran como pequeños cuadrados con un signo más en su interior. En este caso, no hay puntos

alejados ni puntos muy alejados la composición nutricional de la sal se puede observar en la tabla 08. (Moreiras et al., 2013).

2.10.1. Composición nutricional de la Sal.

Tabla 9. Composición nutricional de la sal.

Componente	Por 100g porción comestible
Calcio (mg)	29
Hierro (mg)	0,2
Yodo (μg)	44
Magnesio (mg)	290
Sodio (mg)	38,85
Fosforo (mg)	108
Selenio (μg)	0,1

Fuente: (Moreiras et al., 2013).

2.11. Agua (H_2O)

El agua es un líquido anómalo porque es una mezcla de 18 compuestos posibles derivados de los tres isótopos que presenta cada uno de los átomos que componen su molécula, H_2O : ^1H , ^2H y ^3H para el hidrógeno y ^{16}O , ^{17}O y ^{18}O para el oxígeno, con peso molecular 18 g/mol, el componente más abundante. Su calor específico es elevado lo que conlleva la absorción de grandes cantidades de calor con pequeñas variaciones de la temperatura. Tiene mayor densidad en estado líquido que en estado sólido, es decir, se expande al solidificar alcanzando el máximo valor a 4°C aproximadamente, es muy importante ya que el hielo sólido flota sobre el agua líquida y, además, a partir de un cierto espesor actúa como aislante impidiendo la congelación total de la masa de agua. Desde el punto de vista químico debería ser un gas a temperatura ambiente. Esto no es así por la presencia de enlaces por puente de hidrógeno.

Además, el agua tiene:

- Elevada conductividad térmica
- Fuerte poder ionizante
- Elevada constante dieléctrica (aislante)

- Gran poder disolvente

Finalmente, el agua tiene la propiedad de producir la disociación electrolítica y la hidrólisis (Orellana, 2005).

2.12. Características físico Químicos del aceite

CODEX STAN 210 (1999), indica que la identidad del aceite es un conjunto de rasgos propios que los caracterizan frente a los demás, donde deben estar comprendidos dentro de los márgenes de las normas establecidas. Existe una gran serie de propiedades e índices que en su conjunto revelan el grado de identidad y conservación del aceite.

2.13. Efecto de los métodos de extracción de alcaloides en las características fisicoquímicas

La densidad de aceites vegetales es una constante que no varía mucho para un aceite determinado cuando esta puro y fresco, pero es afectada por la edad, rancidez y cualquier tratamiento especial que se le haga al aceite INCOTEC. 432. (1999). No hay grandes diferencias en las densidades de las distintas grasas y aceites, aunque tanto el grado de instauración (medido por el índice de yodo), como el peso molecular medio (medido por el índice de saponificación), influye sobre esta propiedad, es decir la densidad de los ácidos grasos y glicéridos aumentan al disminuir su peso molecular y al aumentar su grado de instauración (Bailey, E., 1984).

La densidad es una propiedad intensiva y su valor depende de la temperatura y de la presión. (Condori, 2012)

El índice de acidez mide el grado de descomposición del aceite por acción de las lipasas o por alguna otra causa en donde la descomposición se acelera por la acción de la luz y las temperaturas elevadas. (INCOTEC, 1999), menciona que todo los aceites tiene ácidos grasos libres pero si el porcentaje obtenido es mínimo es porque el aceite es un aceite fresco. Con respecto al tamaño de muestra el método define cantidades de 50 gramos si se espera una acidez menor del 0.2% y de 25 gramos si la acidez esperada está en un rango entre 0.2 – 1 %.

Acidez Libre: Determina la cantidad de ácidos grasos libres, expresado en ácido oleico. El valor máximo admitido por la reglamentación de las INCOTEC es de 0.20% de ácido oleico. La acidez es una anomalía que tiene su origen principalmente en el mal estado de los frutos, mal tratamiento o mala

conservación. El grado de acidez o índice de acidez es un cálculo de los ácidos grasos libres presentes en el aceite expresado en tanto por ciento de ácido oleico Quispe, (2012).

Tabla 10. Propiedades físicas del aceite de tarwi.

Propiedades	valor
Densidad, a 25 °C	0.9201 g/cm ³
Índice de refracción n ²⁵	1.467
Viscosidad, a 25 °C	50.0 cP
Punto de fusión	-3 °C a -5 °C

Fuente: Castillo, M., 1979, citado por Condori, 2012

Tabla 11. Características fisicoquímicas de los aceites más comerciales.

Físico químico	Aceite de maní	Aceite de palma	Aceite de soya
Densidad, a 20 °C (g/cm ³)	0.912 – 0.920	0.891-0.899	0.919 – 0.925

Fuente: CODEX STAN 210 (1999) y CODEX STAN 33 (1981)

Tabla 12. Análisis fisicoquímico obtenido de la muestra de aceite de tarwi.

Componentes	Cantidad
Acidez Total	0.18 %
Índice de Iodo	78 mg de I ₂ /g
Índice de Peróxidos	5.12 meq/100
Índice de Saponificación	184mg.KOH/gr
Densidad	0.919 g/cm ³

Fuente: Condori, 2012

CAPÍTULO 3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Lugar de ejecución.

El trabajo de investigación se desarrolló, en el laboratorio de Química de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas. (UNAJMA), ubicada en el barrio de Santa Rosa del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas del departamento de Apurímac.

3.1.2. Material de estudio

Se utilizó granos de *Lupinus mutabilis Sweet* variedad INIAP 450 cosechada en el distrito de Pacucha, Andahuaylas.

- **Universo y/o población:**

Se emplearon granos de tarwi de una parcela representativa del distrito de Pacucha de la INIAP 450.

- **Muestra:**

Para la extracción y evaluación del rendimiento de aceite así como las caracterizaciones fisicoquímicas de densidad, índice de acidez y índice de refracción se empleó 100 g de muestra por réplica, en total se empleó 500 g por tratamiento.

3.2. EQUIPOS, MATERIALES, REACTIVO E INSUMOS.

3.2.1. Equipos y materiales

- Equipo Soxhlet KER LAB
- Balanza de precisión OHAUS
- Estufa ODHG – 9070B, T hasta 200 °C KER LAB
- Agitador termo magnético SCHOTT
- Picnómetro SCHOTT
- Vasos de precipitado SCHOTT de 500 ml
- Refractómetro de precisión
- Tubos de ensayo SCHOTT
- Bagueta SCHOTT
- Mortero
- Espátula

- Probetas SCHOTT de 250 y 500 ml
- Matraz de Erlen Meyer 250 ml
- pH – 03 (I) metro digital ROHS
- Papel filtro
- Tijera
- Engrapador

3.2.2. Reactivos

- Éter de petróleo
- Fenolftaleína
- Metanol de 95 %
- Etanol
- Hidróxido de potasio KOH 0.1N

3.2.3. Insumos

- Sal
- Cal
- H₂O

3.3. METODOS

Los métodos empleados para el análisis del aceite de tarwi son los siguientes:

- Determinación de aceites y grasa: método AOAC, 1990
- Densidad.- método AOAC 1984
- Índice de acidez.- método AOAC 1984
- Índice de refracción,- método CODEX STAN 210 - 1999

3.4. METODOLOGIAS.

3.4.1. Metodología del diseño experimental

El diseño experimental por el estudio propuesto se presenta en la figura 08 en la que se detalla según el objetivo propuesto el desamargado por tres tratamientos a los que fueron sometidos los granos de tarwi. Para la posterior extracción y evaluación del rendimiento así como la caracterización fisicoquímica del aceite obtenido.

Las operaciones unitarias incurridas para el estudio fueron:

Recepción.- se recepcionó en bolsas de polietileno y se almaceno los granos de tarwi.

Selección.- se seleccionaron y se separaron los granos de tarwi que presentaban roturas, así como restos de material extraño al grano de tarwi.

Pesado.- se pesó 1500 g de tarwi, y para el desamargado estas se separaron a razón de 100 g por réplica para cada tratamiento (500 g en total).

Desamargado.- para el proceso de desamargado según el diagrama propuesto en la figura 08 se procedieron a sumergir los granos en la siguiente forma:

- **Solo con agua:** se prepararon 3 depósitos (de 10 L) conteniendo en ella solamente agua a razón de 10:1, las muestras permanecieron por un tiempo de 12 horas, seguidamente estas fueron sometidas a ebullición por 40 minutos, posterior a ello se cambió de agua y se volvió a ebullición por otros 40 minutos. la muestra que ha sido obtenida se sumergió en agua fría manteniendo constante la remoción de agua para el desamargado.
- **Con agua y sal:** se prepararon 3 depósitos (de 10 L) conteniendo en ella agua a razón de 10:1, las muestras permanecieron por un tiempo de 12 horas, seguidamente estas fueron sometidas a ebullición (agua más sal) por 40 minutos, posterior a ello se cambió a otra misma solución de agua más sal y se volvió a ebullición por otros 40 minutos. La muestra que ha sido obtenida se sumergió en agua fría manteniendo constante la remoción de agua para el desamargado.
- **Con agua y cal:** se prepararon 3 depósitos (de 10 L) conteniendo en ella agua a razón de 10:1, las muestras permanecieron por un tiempo de 12 horas, seguidamente estas fueron sometidas a ebullición (agua más cal) por 40 minutos, posterior a ello se cambió a otra misma solución de agua más cal y se volvió a ebullición por otros 40 minutos. La muestra que ha sido obtenida se sumergió en agua fría manteniendo constante la remoción de agua para el desamargado.

Pelado.- los granos desamargados fueron pelados manualmente.

Secado.- los granos pelados fueron colocados en bandejas de acero inoxidable para luego ser secados en estufa con corriente de aire a 50 °C durante 8 horas.

Triturado.- los granos secos fueron triturados manualmente usando el pilón y mortero.

Extracción.- los granos triturados se pesaron en una balanza de precisión, seguidamente estos fueron vertidos a cartuchos de papel filtro y se acondiciono dentro del equipo Soxhlet, para extraer el aceite con una fracción de éter de petróleo (intervalo de ebullición 60 - 70°C).

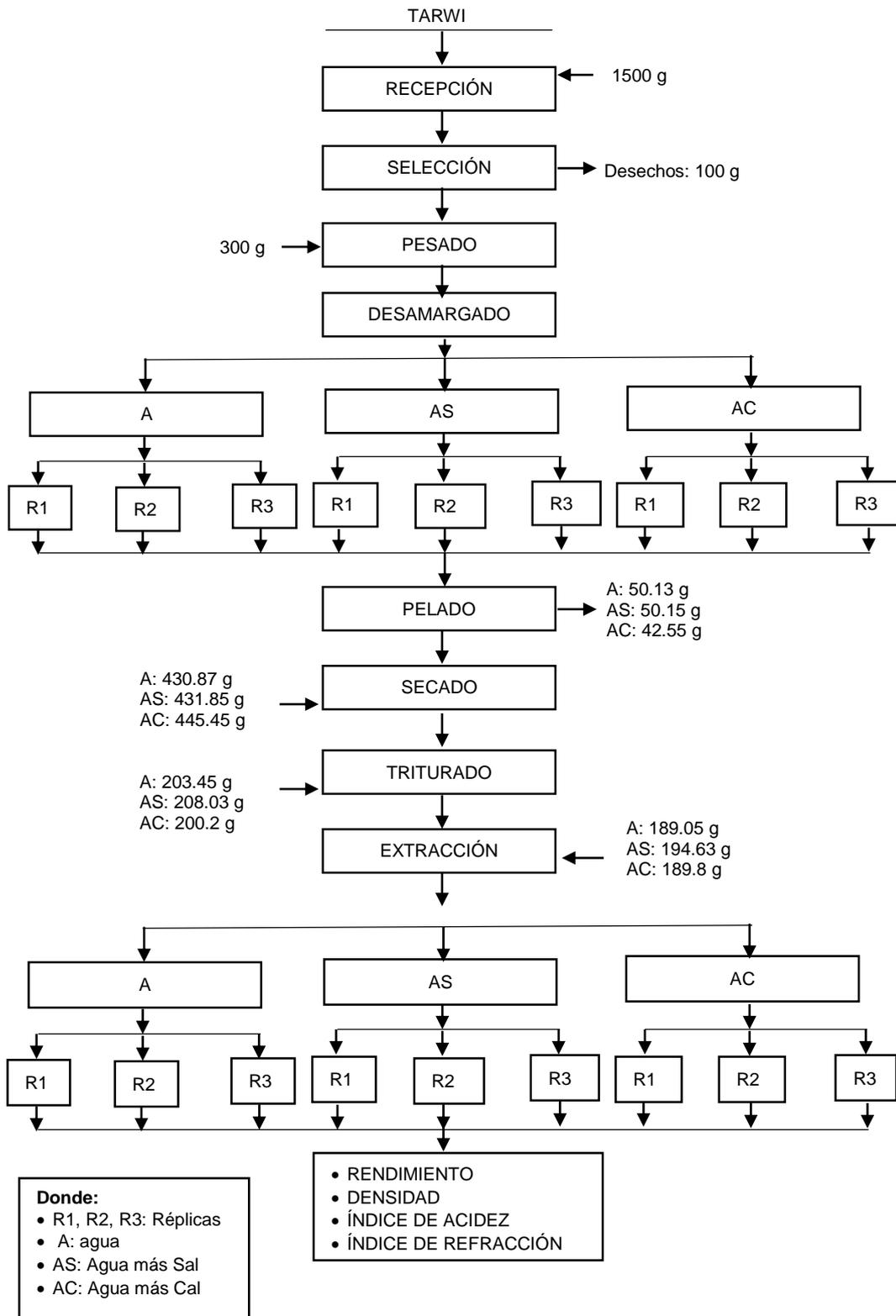


Figura 8. Flujo de operaciones para la obtención de aceite de tarwi desamargado en tres tratamientos.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Metodología de análisis para rendimiento de aceite

La cantidad de aceite obtenido del aceite de tarwi se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{gramos de muestra}}{\text{gramos de aceite extraído}} * 100 \quad (01)$$

3.4.3. Metodología de análisis para la caracterización de aceite

a. Densidad

Procedimiento

El procedimiento responde al método del ITEM 3.3. Se procedió a secar el picnómetro en estufa a temperatura de 80 °C para conocer el peso del picnómetro vacío, seguidamente se vertió agua hasta el borde superior de tubo capilar, se pesó y se anotó, posteriormente se vertió el aceite al picnómetro hasta el borde superior de tubo capilar, se pesó y se anotó. Se determinó la densidad del aceite de tarwi a: 15, 20 y 30 °C.

La densidad se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{densidad} = \frac{P'' - P}{P' - P} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (02)$$

Donde:

P : Peso en g del picnómetro vacío.

P' : Peso en g del picnómetro lleno con agua a la temperatura de referencia.

P'' : Peso en g del picnómetro lleno con aceite a la temperatura de referencia.

b. Índice de acidez

Procedimiento

Se pesaron 10 g de aceite en un vaso de precipitado de 100 ml, se disolvió en 50 ml de etanol, se le aplicó unas gotas de indicador de fenolftaleína, luego se procedió a titular con KOH 0.1 N hasta un ligero color rosa y se anotó el gasto de álcali.

El índice de acidez se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$IA = \frac{\text{ml} * N * 0.0561 * 100}{\text{muestra}} \quad (03)$$

Donde:

ml: mililitro de KOH (gasto)

N: normalidad de KOH

0.0561: miliequivalente del KOH

Muestra: en gramos pesados

c. índice de refracción

El índice de refracción del aceite de tarwi se midió a tres temperaturas: ambiente, 40 y 60 °C con un refractómetro digital ABBE.

3.5. Diseño experimental

3.5.1. DCA

El diseño experimental para rendimiento y acidez fue adecuado a un Diseño Completo al Azar (DCA), porque todas las corridas experimentales se realizaron en orden aleatorio completo. De esta manera, durante el estudio se hicieron en total 9 pruebas, estas se corren al azar, de manera que los posibles efectos se vayan repartiendo equitativamente entre los tratamientos.

Tabla 13. Estructura de DCA para Rendimiento y Acidez.

Tratamientos	Réplicas		
	R1	R2	R3
A	A ₁	A ₂	A ₃
AS	AS ₁	AS ₂	AS ₃
AC	AC ₁	AC ₂	AC ₃

Fuente: Gutiérrez y de la vara, (2008)

3.5.2. Factorial 3X3

El diseño experimental para la densidad y índice de refracción de aceite obtenido sujeto a los tratamientos en los que fueron sometidos (A, AS, AC) fue adecuado bajo un diseño Factorial (3X3), con tres réplicas, que permitirá obtener toda la información relevante en relación al efecto de estos factores sobre el aceite de tarwi. Al aleatorizar las 27 pruebas se obtienen los datos de las tablas 14 y 15.

Tabla 14. Estructura de diseño estadístico factorial 3X3 para Densidad.

Medio de extracción	Temperatura °C	Replicas	Densidad (g/ml)
A	15	R1	A ₁₅₁
A	15	R2	A ₁₅₂
A	15	R3	A ₁₅₃
A	20	R1	A ₂₀₁
A	20	R2	A ₂₀₂
A	20	R3	A ₂₀₃
A	30	R1	A ₃₀₁
A	30	R2	A ₃₀₂
A	30	R3	A ₃₀₃
AS	15	R1	AS ₁₅₁
AS	15	R2	AS ₁₅₂
AS	15	R3	AS ₁₅₃
AS	20	R1	AS ₂₀₁
AS	20	R2	AS ₂₀₂
AS	20	R3	AS ₂₀₃
AS	30	R1	AS ₃₀₁
AS	30	R2	AS ₃₀₂
AS	30	R3	AS ₃₀₃
AC	15	R1	AC ₁₅₁
AC	15	R2	AC ₁₅₂
AC	15	R3	AC ₁₅₂
AC	20	R1	AC ₂₀₁
AC	20	R2	AC ₂₀₂
AC	20	R3	AC ₂₀₃
AC	30	R1	AC ₃₀₁
AC	30	R2	AC ₃₀₂
AC	30	R3	AC ₃₀₃

Fuente: Gutiérrez y de la vara, (2008)

Tabla 15. Estructura del diseño estadístico factorial 3x3 para Índice de refracción.

Medio de extraction	Temperatura °C	Replicas	Índice de refracción
A	T21	R1	A ₂₁₁
A	T21	R2	A ₂₁₂
A	T21	R3	A ₂₁₃
A	T40	R1	A ₄₀₁
A	T40	R2	A ₄₀₂
A	T40	R3	A ₄₀₃
A	T60	R1	A ₆₀₁
A	T60	R2	A ₆₀₂
A	T60	R3	A ₆₀₃
AS	T21	R1	AS ₂₁₁
AS	T21	R2	AS ₂₁₂
AS	T21	R3	AS ₂₁₃
AS	T40	R1	AS ₄₀₁
AS	T40	R2	AS ₄₀₂
AS	T40	R3	AS ₄₀₃
AS	T60	R1	AS ₆₀₁
AS	T60	R2	AS ₆₀₂
AS	T60	R3	AS ₆₀₃
AC	T21	R1	AC ₂₁₁
AC	T21	R2	AC ₂₁₂
AC	T21	R3	AC ₂₁₃
AC	T40	R1	AC ₄₀₁
AC	T40	R2	AC ₄₀₂
AC	T40	R3	AC ₄₀₃
AC	T60	R1	AC ₆₀₁
AC	T60	R2	AC ₆₀₂
AC	T60	R3	AC ₆₀₃

Fuente: Gutiérrez y de la vara, (2008)

3.6. Análisis estadístico

3.6.1. Rendimiento y Acidez

Para realizar la comparación de los tratamientos se realizó un análisis estadístico ANOVA, se utilizó el modelo de la Diferencia Mínima Significativa (LSD) al 5% de significancia, que debe haber entre dos medias muestrales para considerar que los tratamientos correspondientes son significativamente diferentes. Considerando para ello:

Variables independientes: medio de extracción

- A (agua) ml
- AS (agua + sal) °Baumé
- AC (agua + cal) ml

Variables dependientes:

- Rendimiento (%)
- Índice de Acidez

3.6.2. Densidad y índice de refracción

Se realizó un análisis estadístico ANOVA para la comparación de medias, El ANOVA sólo indica que al menos un par de niveles del factor significativo son diferentes entre sí, pero no dice cuáles son, entonces después de un ANOVA en el que se rechaza H_0 , se realizó una Prueba de Rango Múltiple con el método LSD para probar cuáles medias causan las diferencias detectadas. Considerando para ello:

a. Densidad

Variables independientes: medio de extracción y temperatura

- A (agua) ml
- AS (agua + sal) °Baumé
- AC (agua + cal) ml

- 21 °C
- 40 °C
- 60 °C

Variable dependiente:

- Densidad (g/cm^3)

b. Índice de refracción

Variables independientes: medio de extracción y temperatura

- A (agua) ml
- AS (agua + sal) °Baumé
- AC (agua + cal) ml

- 15 °C
- 20 °C
- 30 °C

Variable dependiente:

- Índice de refracción

3.7. Modelos estadísticos

3.7.1. Rendimiento y acidez

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ : Media global de acidez y rendimiento.

t_i : Parámetro que mide el efecto del tratamiento i

ε_{ij} : Error atribuible a la medición Y_{ij}

3.7.2. Densidad y índice de refracción

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ : Media general

α_i : Efecto debido al i -ésimo nivel del factor A (A, AS, AC).

β_j : Efecto del i -ésimo nivel del factor B (21, 40, 60).

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de interacción en la combinación ij .

ε_{ijk} : Error aleatorio que se supone sigue una distribución normal con media cero y varianza constante $\alpha^2(N(0, \alpha^2))$ y son independientes entre sí.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL RENDIMIENTO DE ACEITE DE TARWI DESAMARGADO.

En la tabla 16, se muestra el rendimiento (%) de aceite obtenido de granos de tarwi desamargado por tres tratamientos, en ella se observa que el tratamiento de desamargado con A (agua) permite obtener mayor rendimiento de aceite frente al desamargado con AS (agua más sal) y AC (agua más cal).

Tabla 16. Rendimiento (%) de aceite de tarwi desamargado por tres tratamientos.

Tratamientos	Rendimiento de aceite (%)			Promedio de rendimiento (%)
	Rep.1	Rep.2	Rep.3	
A	21.57	21.19	21.31	21.356
AS	18.38	19.69	20.21	19.426
AC	20.84	20.59	20.49	20.64

El tabla 17 se muestra el análisis de varianza para el rendimiento de aceite según los tratamientos a los que fueron sometidos los granos de tarwi, determinándose que existe diferencias estadísticamente significativa entre las medias de los 3 tratamientos con un nivel del 95.0% de confianza, entonces rechaza la hipótesis nula y se realiza la Prueba de Rango Múltiple para probar la diferencia entre estos tratamientos (tabla 18).

Tabla 17. Análisis de varianza para rendimiento de aceite.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Entre grupos	5.72861	2	2.86431	8.93	0.0159
Intra grupos	1.9242	6	0.320701		
Total (Corr.)	7.65282	8			

En la tabla 18 se observa que las muestras tratadas con A y AC no mostraron variación en el rendimiento porcentual de aceite es decir que el tratamiento A y AC las medias se traslapan a diferencia del tratamiento AS, pero este no se traslapa con las medias de A y AC como se observa en la figura 09.

Tabla 18. Comparaciones múltiples para rendimiento (%) de aceite.

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
AS	3	19.4239 ± 0.1931	b
AC	3	20.6422 ± 0.9443	a
A	3	21.3563 ± 0.1819	a

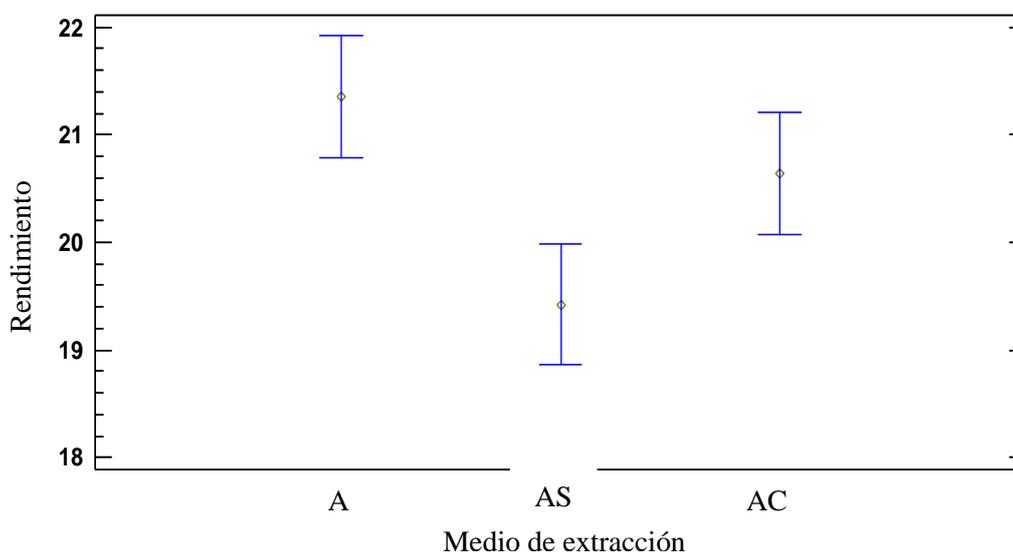


Figura 9. Gráfico de medias y 95% de Fisher LSD para rendimiento (%) de Aceite.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 17, el medio de extracción influye en el rendimiento de aceite de tarwi, siendo A el que presenta mayor porcentaje de rendimiento de aceite (21.31%). Resultados similares obtuvo Arias y Guamán, 2016 de aceite (21.66%) de aceite, a partir de harina de chocho desamargado con agua. Navarrete, 2010 obtuvo el mejor rendimiento de aceite (25.65%), a partir de harina de chocho desamargado, Quispe, 2012 obtuvo un rendimiento de 13.356% de aceite de tarwi.

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE TARWI

a. DENSIDAD

En la tabla 19 se muestran los valores obtenidos de densidad a temperaturas de 15, 20 y 30 °C y medio de extracción.

Tabla 19. Valores obtenidos de densidad (g/cm³) de aceite de tarwi a diferentes temperaturas y medio de extracción.

Tratamiento	Réplicas	Temperatura	Densidad (g/cm ³)
A	R1	15 °C	0.9231
	R2	15 °C	0.9241
	R3	15 °C	0.9210
	R1	20 °C	0.9148
	R2	20 °C	0.9138
	R3	20 °C	0.9127
	R1	30 °C	0.9072
	R2	30 °C	0.9062
	R3	30 °C	0.9082
AS	R1	15 °C	0.9221
	R2	15 °C	0.9210
	R3	15 °C	0.9190
	R1	20 °C	0.9138
	R2	20 °C	0.9127
	R3	20 °C	0.9117
	R1	30 °C	0.9052
	R2	30 °C	0.9062
	R3	30 °C	0.9062
AC	R1	15 °C	0.9241
	R2	15 °C	0.9231
	R3	15 °C	0.9221
	R1	20 °C	0.9158
	R2	20 °C	0.9148
	R3	20 °C	0.9158
	R1	30 °C	0.9072
	R2	30 °C	0.9052
	R3	30 °C	0.9072

En la tabla 20 se muestra el análisis de varianza para la densidad según el medio de extracción y temperatura, determinándose que existe diferencias estadísticamente significativas para el medio de extracción, pero la temperatura resulto ser altamente significativa al 95% de nivel de confianza, entonces se rechaza la hipótesis nula y se realiza la Prueba de Rango Múltiple para probar la diferencia entre estos tratamientos (tabla 21 y tabla 22).

Tabla 20. Análisis de Varianza para densidad - Suma de Cuadrados Tipo III.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Efectos principales					
A:Medio extracción	0.000019	2	0.0000092572	7.40	0.0045
B:Temperatura	0.001101	2	0.000550484	440.20	0.0000
Interacciones					
AB	0.000006	4	0.0000014624	1.17	0.3572
Residuos	0.000023	18	0.0000012505		
Total (corregido)	0.001148	26			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En la tabla 21 se observa que las muestras tratadas con A y AC no mostraron variación en la densidad según medio de extracción, es decir que el tratamiento A y AC las medias se traslapan a diferencia del tratamiento AS, pero este no se traslapa con las medias de A y AC como se observa en la figura 10.

Tabla 21. Comparaciones múltiples para densidad según medio de extracción.

<i>Medio extracción</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AS	9	0.913086	0.000372756	b
A	9	0.91457	0.000372756	a
AC	9	0.915025	0.000372756	a

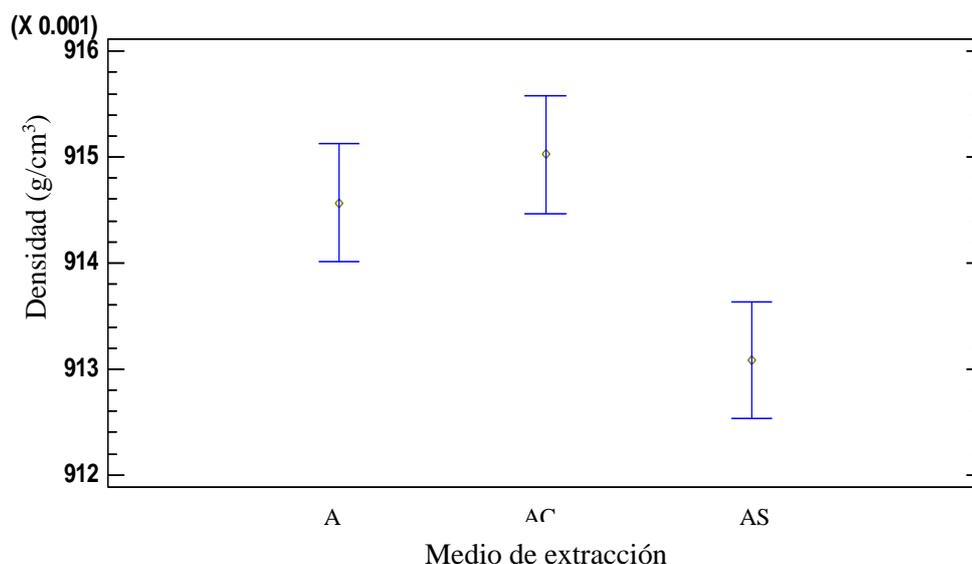


Figura 10. Gráfico de medias de densidad y 95% de Fisher LSD para medio de extracción.

En la tabla 22 se observa que las muestras tratadas a temperaturas de 30, 20 y 15 °C mostraron variación en la densidad, es decir que las medias de las tres temperaturas no se traslapan como se observa en la figura 11.

Tabla 22. Comparaciones múltiples para densidad según temperatura.

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
30	9	0.906529±	0.000372756	c
20	9	0.913986	0.000372756	b
15	9	0.922165	0.000372756	a

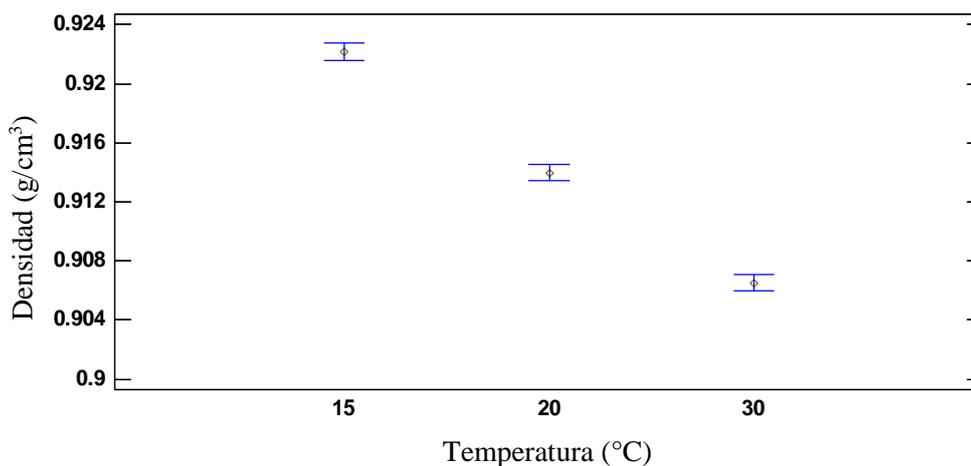


Figura 11. Gráfico de medias de densidad y 95% de Fisher LSD para temperatura.

Afín de visualizar el comportamiento de la densidad frente a la temperatura en la figura 12, se observa que la AC presenta mayor valor en la tasa de cambio en la pendiente de la densidad. La densidad cambia al variar la temperatura.

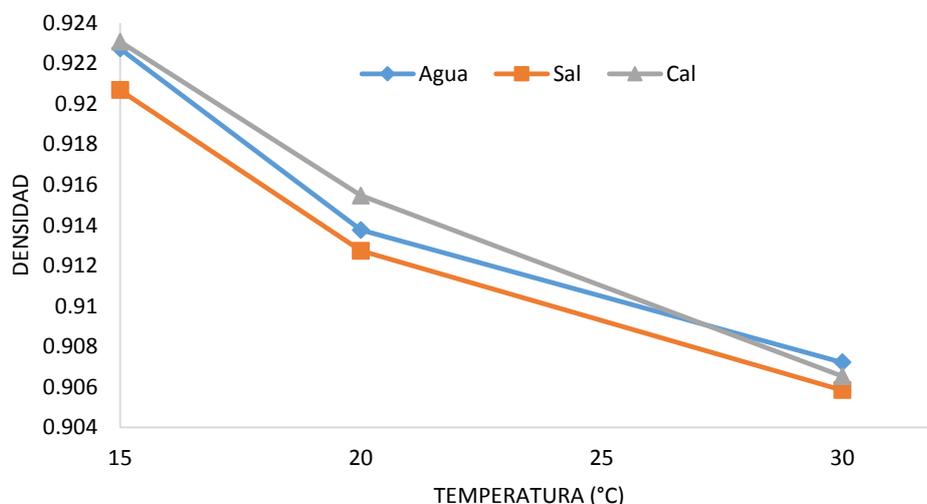


Figura 12. Densidad de aceite de tarwi en función a la temperatura y medio de extracción de desamargado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 19, el medio de extracción y temperatura influye en la densidad del aceite de tarwi ya que a mayor temperatura la densidad es menor y viceversa. Resultados similares obtuvieron Arias y Guamán, 2016 valores en el rango de 0.85 a 0.95 g/ml a 20°C, Navarrete, 2010 obtuvo valores de 0.916, 0.916, 0.915 g/ml a 20°C para chocho desamargado, de igual manera Quispe, 2012 obtuvo una densidad de 0.919 g/ml a 20°C para

chocho desamargado; este valor comparando con la Norma CODEX STAN 33-1981. Norma de Codex y CODEX STAN 210 -1999, la densidad del aceite de tarwi es ligeramente mayor al aceite de oliva virgen, aceite refinado de orujo y está dentro de los parámetros del aceite de soya, girasol pero superior al aceite de palma. La densidad de aceites vegetales es una constante que no varía mucho para un aceite determinado cuando esta puro y fresco, pero es afectada por la edad, rancidez y cualquier tratamiento especial que se le haga al aceite INCOTECN. 432. (1999). No hay grandes diferencias en las densidades de las distintas grasas y aceites, aunque tanto el grado de insaturación (medido por el índice de yodo), como el peso molecular medio (medido por el índice de saponificación), influye sobre esta propiedad, es decir la densidad de los ácidos grasos y glicéridos aumentan al disminuir su peso molecular y al aumentar su grado de insaturación, La densidad es una propiedad intensiva y su valor depende de la temperatura y de la presión. (Bailey, E., 1984). Arias y Guamán, (2016) mencionan que es muy importante que los aceites comestibles deben presentar una densidad menor a uno.

a. ÍNDICE DE ACIDEZ.

En la tabla 23, se muestran los valores obtenidos del índice de acidez de aceite de tarwi según el medio de extracción (A, AS, AC).

Tabla 23. Valores obtenidos del índice de acidez del aceite de tarwi desamargado por tres tratamientos (A, AS, AC).

Tratamiento	Réplicas	índice de acidez
A	R1	0.2704
	R2	0.2693
	R3	0.2710
AS	R1	0.2698
	R2	0.2710
	R3	0.2693
AC	R1	0.2704
	R2	0.2710
	R3	0.2698

En la tabla 24 se muestra el análisis de varianza para índice de acidez, según los tratamientos a los que fueron sometidos los granos de tarwi, determinándose que existe diferencia estadísticamente significativas entre las medias de los 3 tratamientos con un nivel del 95% de confianza, entonces se rechaza la hipótesis nula y se realiza la Prueba de Rango Múltiple para probar la diferencia entre estos tratamientos (tabla 25).

Tabla 24. Análisis de varianza para índice de acidez.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Entre grupos	0.0000279053	2	0.0000139526	23.47	0.0015
Intra grupos	0.00000356684	6	5.94473E-7		
Total (Corr.)	0.0000314721	8			

En la tabla 25 se observa que las muestras tratadas con AS y AC no mostraron variación en la acidez de aceite es decir que el tratamiento AS y AC las medias se traslapan a diferencia del tratamiento A, pero este no se traslapa con las medias de A y AS como se observa en la figura 13.

Tabla 25. Comparaciones múltiples para acidez por método de extracción.

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AS	3	0.266101 ± 0.00086	b
AC	3	0.267036 ± 0.00086	b
A	3	0.270215 ± 0.00056	a

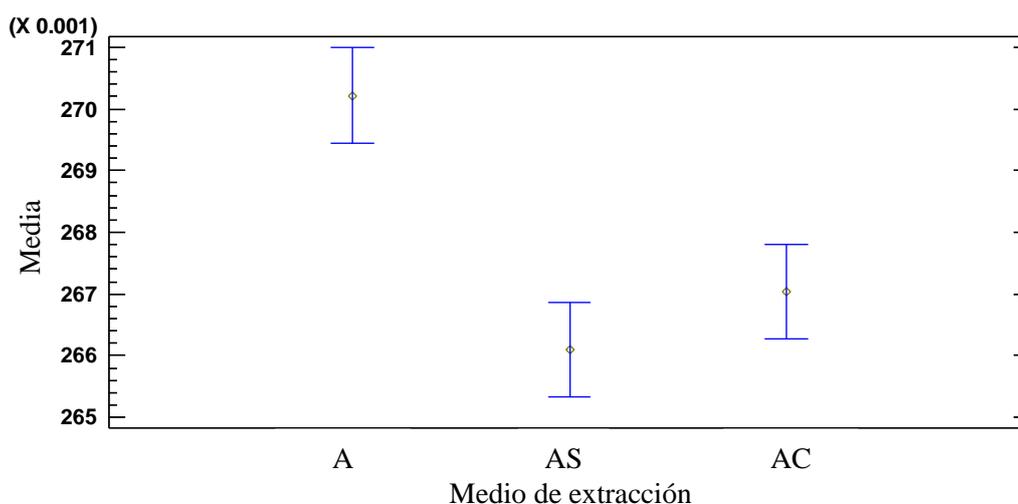


Figura 13. Gráfico de medias de acidez y 95% de Fisher LSD para medio de extracción.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 23 y el análisis de varianza (tabla 24), el medio de extracción influye en la acidez del aceite de tarwi, siendo 0.2710 la acidez mayor para cada medio de extracción. Resultados similares obtuvo Arias y Guamán, 2016 de 0.21 a 0.56 para chocho desamargado. Navarrete, 2010 obtuvo valores de 1.91%, 1.89%, 1.89% para chocho desamargado. Bailey, E. (1884), indica, que sabiendo que el índice de acidez mide el grado de descomposición del aceite por acción de las lipasas o por alguna otra causa en donde la descomposición se acelera por la acción de la luz y las temperaturas elevadas. (INCOTEC, 1999), menciona que todo los aceites tiene ácidos grasos libres pero si el porcentaje obtenido es mínimo es porque el aceite es un aceite fresco. De la misma manera COI (2003), menciona que los ácidos grasos se liberan cuando la aceituna es defectuosa por causa de plagas y enfermedades o bien sea maltratado durante la recolección y/o transporte por lo tanto un mayor grado de acidez significa mayor deterioro de las aceitunas.

Por lo tanto los parámetros obtenidos y autores mencionados permite inferir que el aceite es de buena calidad, la materia prima y las condiciones de extracción fueron adecuados al no permitir el desarrollo de reacciones que perjudiquen el deterioro oxidativo del aceite.

b. Índice de refracción

En la tabla 26 valores obtenidos de índice de refracción según medio de extracción (A, AS, AC) y temperatura (18, 40 y 60 °C).

Tabla 26. Valores obtenidos del índice de refracción según medio de extracción (A, AS, AC) y temperatura (18, 40 y 60 °C).

Tratamiento	Replicas	Temperatura	Índice de refracción
A	R1	21°C	1.4700
	R2	21°C	1.4707
	R3	21°C	1.4702
	R1	40 °C	1.4686
	R2	40 °C	1.4690
	R3	40 °C	1.4687
	R1	60 °C	1.4676
	R2	60 °C	1.4680
	R3	60 °C	1.4679
AS	R1	21°C	1.4692
	R2	21°C	1.4705
	R3	21°C	1.4698
	R1	40 °C	1.4681
	R2	40 °C	1.4678
	R3	40 °C	1.4676
	R1	60 °C	1.4669
	R2	60 °C	1.4678
	R3	60 °C	1.4676
AC	R1	21°C	1.4645
	R2	21°C	1.4697
	R3	21°C	1.4691
	R1	40 °C	1.4633
	R2	40 °C	1.4690
	R3	40 °C	1.4682
	R1	60 °C	1.4641
	R2	60 °C	1.4680
	R3	60 °C	1.4672

En la tabla 27 se muestra el análisis de varianza para el índice de refracción según el medio de extracción y temperatura, determinándose que existe diferencias estadísticamente significativas para el medio de extracción y temperatura al 95% de nivel de confianza, para ello se realiza la Prueba de Rango Múltiple para probar dicha diferencia entre estos tratamientos (tabla 28 y tabla 29), Arias y Guamán,

(2016) obtuvieron el valor de 1.470 de índice de refracción para chocho desamargado. Zamora, (2015) obtuvo 1.472 de índice de refracción para aceite de chocho. Similares resultados se obtuvo en esta investigación el cual indica que no hay mayor cantidad de ácidos grasos libres en la grasa obtenida del tarwi desamargado con 3 diferentes tratamientos.

Tabla 27. Análisis de Varianza para IR - Suma de Cuadrados Tipo III.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Efectos principales					
A:Medio de extracción	0.0000201489	2	0.00001007	3.91	0.0390
B:Temp	0.0000193267	2	0.00000966	3.75	0.0436
Interacciones					
AB	0.0000014844	4	3.71111E-7	0.14	0.9634
Residuos	0.0000464267	18	0.00000258		
Total (corregido)	0.0000873867	26			

En la tabla 28 se observa que las muestras tratadas con A y AS no mostraron variación en el rendimiento porcentual de aceite es decir que el tratamiento A y AC las medias se traslapan a diferencia del tratamiento AC, pero este no se traslapa con las medias de A y AS como se observa en la figura 15.

Tabla 28. Comparaciones múltiples para índice de refracción por medio extracción.

<i>Medio Extracción</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AC	9	1.46701	0.000535336	b
AS	9	1.46869	0.000535336	a
A	9	1.46897	0.000535336	a

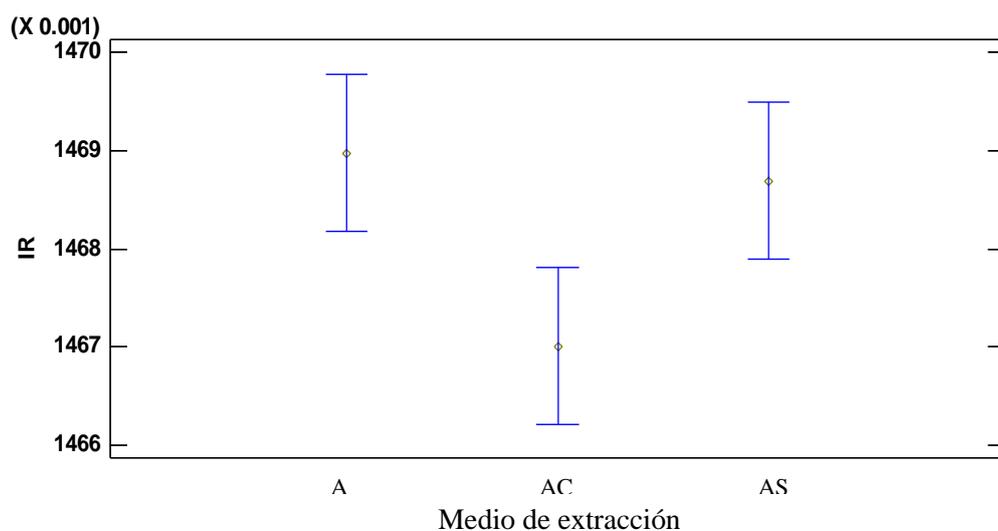


Figura 14. Gráfico de medias de índice de refracción y 95% de Fisher LSD para medio de extracción.

En la tabla 29 se observa que las muestras tratadas a temperaturas de T40 y T60, T40 y T21 no mostraron variación en el índice de refracción de aceite, es decir que los tratamientos T40 y T60, T40 y T21 las medias se traslapan a diferencia de los tratamientos T60 y T21 estos no se traslapan como se muestra en la figura 15.

Tabla 29. Comparaciones múltiples para índice de refracción por temperatura.

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T60	9	1.46723	0.000535336	b
T40	9	1.46813	0.000535336	ba
TA	9	1.4693	0.000535336	a

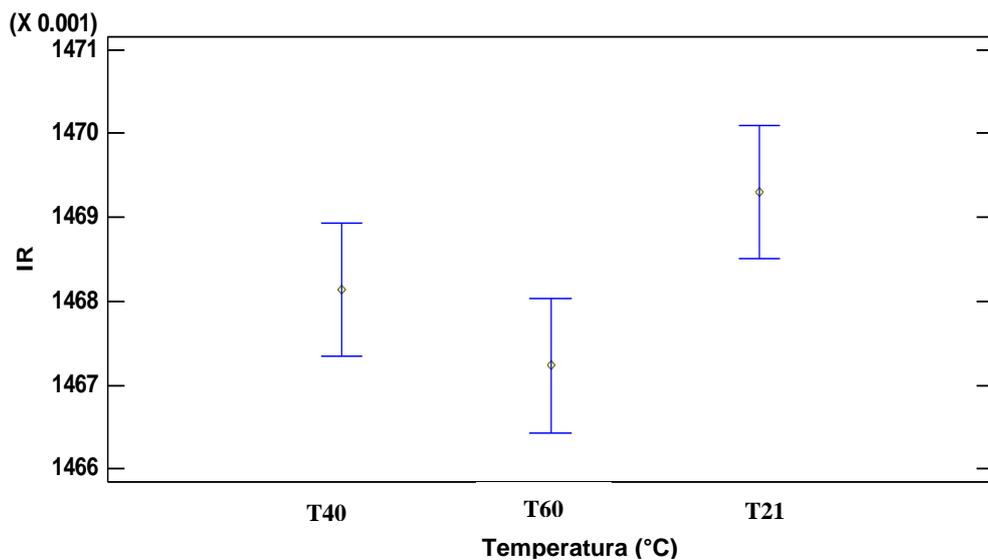


Figura 15. Gráfico de medias de índice de refracción y 95% de Fisher LSD para temperatura.

Afín de visualizar el comportamiento del índice de refracción frente a la temperatura en la figura 16, se observa que la A presenta mayor valor en la tasa de cambio en la pendiente del índice de refracción. El índice de refracción a 40 °C en A y AS tienen el mismo índice refracción.

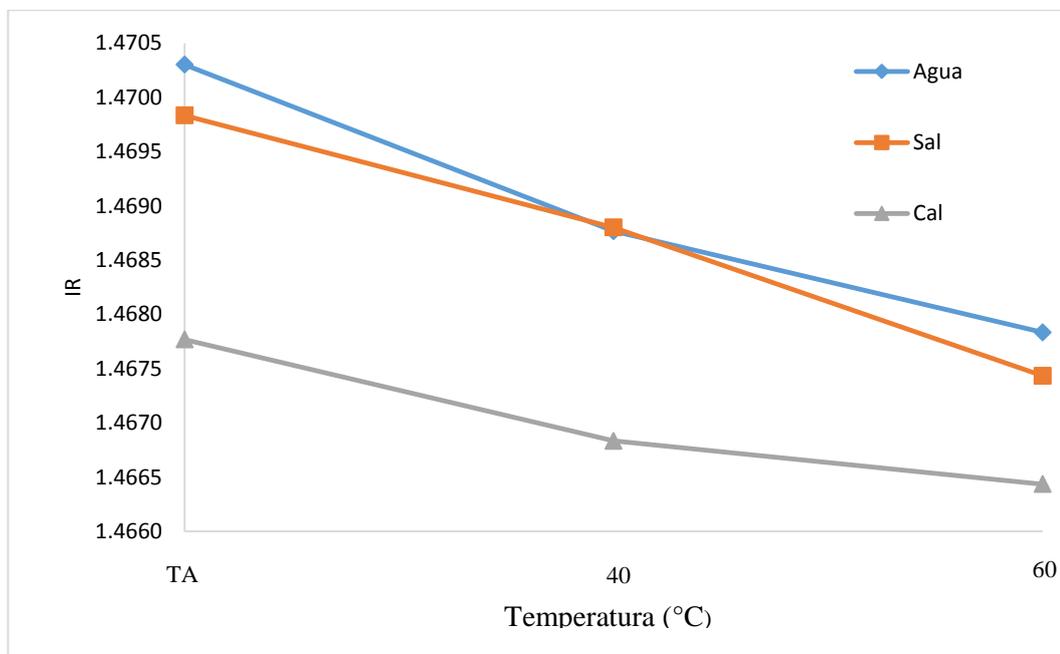


Figura 16. Índice de refracción de aceite de tarwi en función a la temperatura y medio de extracción de desamargado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 26, el medio de extracción y temperatura influye en el índice de refracción del aceite de tarwi. Valores similares obtuvo Navarrete, 2010 para chocho crudo desamargado: 1.47 a 40 °C. Zamora, 2015 obtuvo un el de 1.472 para lupino andino. Saavedra, 2016 obtuvo el valor de 1.39181 para semillas de tamarindo. Mena, 2015 obtuvo el valor de 1.4622 para semilla de durazno. Torres *et al.*, 2013 obtuvo valores en el rango de 1.462 a 1.472 para hoja y semilla de cilandro. Navarrete, (2016) menciona que le índice de refracción guarda relación con la composición de ácidos grasos y puede aumentar con el número de insaturaciones y la longitud de las cadenas que forman los ácidos grasos, ya que la luz se refracta en los enlaces formados por estas cadenas. A mayor longitud y número de insaturaciones, mayor es el IR. Este índice al igual que otros criterios de pureza permite controlar adulteraciones, por ejemplo de aceites de oliva mezclados con otros aceites vegetales.

CONCLUSIONES

Del estudio se concluye lo siguiente:

- El desamargado con AS (agua más sal) y AC (agua más cal) tienen mayor influencia en el contenido de grasa obteniéndose menor rendimiento, frente al desamargado con A (solo agua) que permite obtener mayor rendimiento de grasa (21.36%).
- Las características fisicoquímicas de densidad, índice de acidez e índice de refracción del aceite obtenido desamargado con A, AS y AC están dentro de las normas de los aceites más comerciales.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar los análisis faltantes como Ácidos grasos, índice de saponificación, punto de fusión y cantidad de carotenoides presentes en el aceite.
- Se recomienda eliminar el solvente residual utilizado en la extracción de aceite, en una estufa al vacío para evitar la degradación del aceite.
- Refinar o mejorar algunos aspectos del aceite de Tarwi.
- Determinar la vida útil y el color del aceite de tarwi.
- Para próximas investigaciones se sugiere analizar el agua de desamargado de chocho para determinar qué porcentaje de alcaloides se eliminan y que tipo de alcaloides son los que se encuentran en el chocho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, J., y Guamán, P., (2016). "Evaluación físico – química del aceite de chocho (*Lupinus mutabilis*) a partir de dos variedades de chocho (INIAP 450 Andino y Ecotipo local), dos solventes (éter de petróleo y hexano) por medio de extracción soxhlet, con dos estados de chocho (amargo y desamargado), (tesis de grado) Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- AOAC, (1998). Official Methods of Analysis 16th. Edition. Association of Analytical Chemistry, Arlington, Washington D.C.
- Bacigalupo, A.; Tapia, E. (2005). Agroindustria del tarwi. FAO. Santiago- Chile.
- Bermudez, T.; Robledo, Q.; Barrera, N.; Wink, M. (2012). Alkaloid profile of leaves and seeds of *Lupinus hintonii* C. P. Smith. *Z. Naturforsch.* 57c: 243–247.
- Bailey, E. (1984). "Aceites y Grasas Industriales". Editorial - Reverté, S. A. Barcelona – España.
- Caicedo, C.; Peralta, E.; Villacrés, E. (2000). Poscosecha y Mercadeo de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Boletín Técnico No. 89 (INIAP). Quito, Pg.38
- Castañeda, C. (1988). "Estudio Comparativo de 10 variedades de Tarwi" (*Lupinus mutabilis* Sweet) Conducidos en dos ambientes de la Sierra, Norte y Centro del Perú. Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima-Perú.
- Cerletti, P.; Duranti, M. (1979). Development of Lupine Proteins. *Journal American Oil Chemists Society*. Pg. 56, 460.
- COCEX STAN, (1999). "Normas del Codex N°210 para Aceites Vegetales Especificados".

- CODEX STAN, (1981). "Normas Del Codex N°19, para Grasas y Aceites Comestibles No Regulados Por Normas Individuales".
- COI/T. 15. (2003). "Normas Comerciales Aplicables a los Aceites de Oliva y los Aceites de Orujo de Oliva".
- Coloma, J., (2009). "evaluación in vitro de la actividad antifúngica de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho", (tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador.
- Cruz, E., (1987). Las leguminosas y la Nutrición Humana, CONACTY, Ambato-Ecuador, pp. 17.
- Gross, R. (2012). El Cultivo y la Utilización del Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Pg. 152, 154-158.
- Grosch, B. (1997). Química de los Alimentos. Editorial ACRIBIA. 2da Ed. España, Pg. 691, 699-700, 717.
- Humberto, G., (2008). Análisis y diseño de experimentos. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. 2da Ed. México. Pg.62-65.
- INCOTEC, (1999), "Normas Técnicas Colombianas". Grasas y Aceites Comestibles. Método de determinación de Densidad. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa fe de Bogotá.
- INIAP. (2008) . Informe Técnico del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- Kuklinski, C., (2003). Nutrición y bromatología, ediciones Omega, Barcelona, España, pp 28- 32.

- Madrid, A.; cezano, I. (1997). Manual de aceites y grasas comestibles. Ed. Mundi – Prensa. Madrid, España, pp. 145_180.
- Martínez, M., (2010). Extracción y caracterización de aceite de nuez (*Juglans regia* L.), (tesis de grado). Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- Mena, F., (2015). Extracción y caracterización del aceite crudo de la semilla de durazno (*Prunus pérsica*), (tesis de grado). Universidad Mayor de San Marcos, La Paz Bolivia.
- Moreiras, O.; Carbajal, A.; Cabrera, L.; Cuadrado, C. (2013). Tablas de composición de alimentos, 16° edición, edit. Pirámide, España.
- Mujica, A.; Sven, E.; Jacobsen. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. Universidad Nacional del Altiplano. Puno- Perú.
- Musquiz, M., (2001). Calidad de la judía grano, Dpto. tecnología de alimentos, Madrid. pp. 7
- Navarrete, P.; Robledo, R.; Mora, E.; Davila, O. (2011). Alkaloids composition of *Lupinus campestris* from Mexico. J. Food Biochem. 25: Pg. 117–125.
- Palacios, V.; Abraham, D.; Mauricio, S.; Espinoza, C.; Lissi, H.; Milagros, H.; C., Carlos. (2004). Obtención de alcohol a partir de la malta de *Lupinus mutabilis* (tarwi). Universidad Nacional del Centro del Perú. Junin- Perú.
- Pérez, J.; Kogan, A. (2011). Herbicidas: Fundamento Fisiológicos y Bioquímicos del Modo de Acción. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. pp. 333.
- Primo, E., (1987). Química agrícola III alimentos, editorial Alhambra, Madrid España, pp. 160.

- Quispe, R., (2012). Extracción y caracterización del aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*). (tesis de grado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Rengifo, P., (2014). Caracterización del aceite de la semilla de palta *Persea Americana* Mill. Var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante, (tesis de doctorado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú.
- Saavedra, M., (2016). Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*), (tesis de grado). Universidad Señor de Sipán, Lambayeque.
- Sánchez, I., (2013). “Extracción y caracterización fisicoquímica de aceite fijo obtenido por Expresión de 5 especies nativas y cultivadas en Guatemala: *Crescentia cujete* (Morro), *Mammea americana* (Mamey), *Pachira aquatica* (Zapotón), *Cucumis melo* (Melón) y *Acrocomia mexicana* (Coyolio)”, (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Torres, E.; López, A., y Sosa, E., (2013). Extracción, composición y caracterización de los aceites esenciales de hoja y semilla de cilantro (*Coriandrum sativum*), (tesis de grado). Universidad de la Américas, México.
- Urrutia, W., (2010). Determinación de parámetros óptimos de extracción alcalina para la obtención de aislado proteico a partir de tarwi (*lupinus mutabilis*). (tesis de grado). Universidad Nacional Micaela Bastidas, Apurímac, Perú
- Villacrés, E.; Caicedo, C.; Peralta, E. (1998). Poscosecha y Mercadeo de Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), Quito: Estación Experimental Santa Catalina. pp. 38. (Boletín Técnico, nº. 89)
- Villacres, E.; Peralta, E.; Cuadrado, L.; Revelo, J.; Abdo, S., y Aldaz, R., (2009). Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho, primera edición, editorial SENACYT, Ecuador, pg. 7 – 8.

Zamora, A., (2015). "Evaluación del aceite de lupino andino (*lupinus mutabilis*, l.) como alternativa energética para la producción de biodiesel", (tesis para optar el título de magister). Universidad de la fuerzas armadas, Sangolqui – Ecuador.

Zamora, N.; García, F.; Pedro, L.; Ruiz, L.; Salcedo, P. (2007). Composición de alcaloides en semillas de *Lupinus mexicanus* (fabaceae) y evaluación antifúngica y alelopática del extracto alcaloideo. Departamento de Madera Celulosa y Papel. Universidad de Guadalajara. México.

ANEXOS

ANEXO 01. Métodos empleados para el análisis del aceite de tarwi.

a. DENSIDAD.- método AOAC 1984

Las determinaciones densimétricas son simples y de ejecución rápida y generalmente aplicables a los alimentos líquidos o en solución. Algunas veces la gravedad específica es referida como densidad relativa.

Materiales y métodos

- Muestras: aceites de origen vegetal y de origen animal
- Picnómetros de 10 ml
- Balanza analítica
- Pipetas de 5ml
- Baquetas
- Agua destilada

Procedimiento:

- Pesarse el picnómetro limpio y seco (W1)
- Llenar el picnómetro con agua destilada recientemente hervida (libre de aire) Y enfriada 2 o 3 grados por debajo de la temperatura a la cual se va a determinar la gravedad específica.
- Colocar la tapa del picnómetro y colocarlo en baño maría mantenida a la temperatura deseada (20°C).
- Parte del agua saldrá por el capilar de la tapa, esto permite asegurar el llenado.
- Después que el picnómetro y su contenido han alcanzado su temperatura de baño, el agua que rebalsa a través de la tapa debe ser limpiado rápidamente con el papel filtro, evitando que el papel absorba parte del agua del picnómetro.
- Retirar el picnómetro del baño maría y secarlo con una toallita.
- Colocar la cubierta o capuchón sobre la tapa tan pronto se retire el picnómetro del baño para evitar la evaporación.
- Después que el exterior del picnómetro ha sido secado, pesarse el picnómetro conteniendo el agua de inmediato (w2).
- Proceder en la misma forma con el aceite cuya gravedad específica se desea determinar.

Cálculos:

Determinar la densidad de cada uno de las muestras empleadas con la siguiente fórmula:

$$densidad = \frac{P'' - P}{P' - P} (g/cm^3) \quad (02)$$

Donde:

P : Peso en g del picnómetro vacío.

P' : Peso en g del picnómetro lleno con agua a la temperatura de referencia.

P'' : Peso en g del picnómetro lleno con aceite a la temperatura de referencia.

b. ÍNDICE DE ACIDEZ.- método AOAC 1984

Índice de acidez: Es el número de miligramos de KOH necesarios que se requieren para neutralizar los ácidos grasos libres de un gramo de grasa.

Materiales y equipos

- Muestras de aceite
- Balanza analítica
- Bureta de 25 o 50 ml graduado al 1/10
- Erlenmeyer de 250 ml.
- Alcohol etílico o propílico a 95 °C
- Solución indicadora de fenolftaleína al 1%
- Solución 0.1 N de KOH en agua destilada.

Procedimiento

Método de titulación directo

- Pesar la muestra debidamente homogenizada en un erlenmeyer de 250 ml.
Aceite crudo; 4 - 5 g.
Aceites refinados: 8 - 10 g.
Aceites grasos: 2 - 3 g.
- Añadir 50 ml. de alcohol neutralizado y agregar unas gotas de indicador de fenolftaleína.
- Titular con KOH 0.1 N hasta un ligero color rosa.
- Anotar el gasto al álcali y calcular el índice de Acidez

Cálculo:

Determinar el índice de acidez de cada uno de las muestras empleadas con la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{ml * N * 0.0561 * 100}{muestra} \quad (03)$$

Donde:

ml: mililitro de KOH (gasto)

N: normalidad de KOH

0.0561: miliequivalente del KOH

Muestra: en gramos pesados

c. ÍNDICE DE REFRACCIÓN,- método CODEX STAN 210 - 1999

El índice de refracción puede determinarse con un refractómetro ABBE o con una butirorefractómetro de temperatura controlada (+/- 1°C). La AOCS cita el índice de Refracción de los aceites a 40°C y el de las grasas a 60°C. La AOAC recomienda expresar esta constante a 20 - 25°C para los aceites y a 40°C para las grasas. Si se utiliza un butirorefractómetro debe transformarse la lectura del instrumento en índice de refracción.

Los índices de refracción altos suelen acompañar a índices de Todo también altos. El índice de refracción del aceite de oliva a 40° oscila entre 1,4677 - 1,4705. Los aceites ácidos demuestran valores menores y los rancios algo más elevados que los normales.

El índice de refracción en aceites y grasas es de gran importancia, puesto que este valor está ligado a la instauración de los ácidos grasos, aumentando conforme aumenta el grado de insaturación y el porcentaje de ácidos insaturados. Así como el incremento del peso molecular de los ácidos grasos.

Materiales y métodos

Materiales

Muestras: aceites de origen vegetal y de origen animal Tolueno o algún solvente para limpiar los prismas Pipetas de 1 ml y baquetas Agua destilada Papel Tissue.

Equipo

Refractómetro ABBE

ANEXO 2. Poder de germinación de los granos de tarwi.

- ✓ Se tomaron 100 semillas de Tarwi en forma totalmente al azar, las cuales se colocaron en un recipiente, se colocó previamente una capa de algodón y se cubrió luego con otra capa de algodón al cual se humedeció con agua destilada y luego se tapó con una tapa hermética del propio recipiente teniendo como resultado.
- ✓ A los 3 días germinaron un 50%
- ✓ A los 5 días germinaron un 94%
- ✓ Y 6 no geminaron
- ✓ Entonces posee un poder de germinación de un 94%

ANEXO 03. Fotografías de la investigación.



Fotografía 01. Recolección de los granos de tarwi en el distrito de Pacucha.



Fotografía 02. Selección de los granos de tarwi.



Fotografía 03. Acondicionamiento de los granos de tarwi para la germinación.



Fotografía 04. Germinación de los granos de tarwi.



Fotografía 05. Desamargado de los granos de tarwi con SAL.



Fotografía 06. Desamargado de los granos de tarwi con CAL.



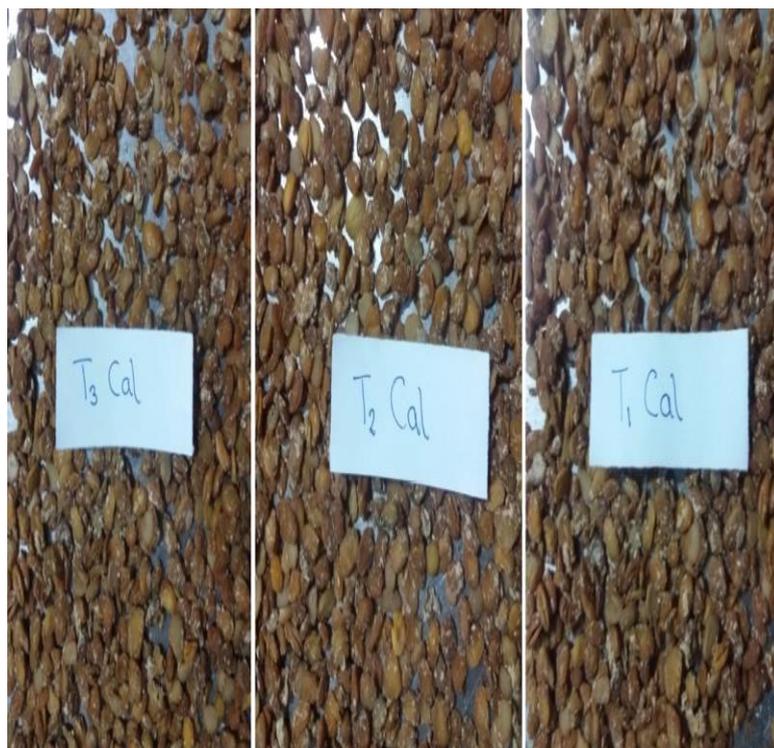
Fotografía 07. Desamargado de los granos de tarwi con AGUA.



Fotografía 08. Secado de los granos de tarwi desamargado con Agua.



Fotografía 09. Secado de los granos de tarwi desamargado con Sal.



Fotografía 10. Secado de los granos de tarwi desamargado con Cal.



Fotografía 11. Flakez de tarwi desamargado.



Fotografía 12. Harina de tarwi desamargado con Agua, Sal y Cal.



Fotografía 13. Extracción del aceite de tarwi.



Fotografía 14. Aceite obtenido de los diferentes tratamientos de desamargado.



Fotografía 15. Muestras de aceite de tarwi para determinar el IR.



Fotografía 16. Medida del pH vía potenciómetro.



Fotografía 17. Titulación del aceite de tarwi.



Fotografía 18. Obtención de datos para obtener la densidad del aceite.

ANEXO 04. Norma CODEX STAN para aceites vegetales especificados 210 - 1999

	Oleína de palma	Estearina de palma	Aceite de colza	Aceite de colza de bajo contenido de ácido erúico	Aceite de cártamo	Aceite de cártamo (aceite oleico ato)	Aceite de sésamo	Aceite de soja	Aceite de girasol	Aceite de girasol (aceite oleico alto)
Densidad relativa (x° C/agua a 20°C)	0.899-0.920 x=40°C	0.881-0.891 x=60°C	0.910-0.920 x=20°C	0.914-0.920 x=20°C	0.922-0.927 x=20°C	0.913-0.919 x=20°C; 0.910-0.916 x=25°C	0.915- 0.924 x=20°C	0.919-0.925 x=20°C	0.918-0.923 x=20°C	0.909-0.915 x=25°C
Densidad aparente (g/ml)	0.896-0.898 at 40°C	0.881-0.885 at 60°C				0.912-0.914 at 20°C				
Índice de refracción (ND 40°C)	1.458-1.460	1.447-1.452 at 60°C	1.465-1.469	1.465-1.467	1.467-1.470	1.460-1.464 at 40°C; 1.466-1.470 at 25°C	1.465-1.469	1.466-1.470	1.461- 1.468	1.467- 1.471 at 25°C
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	194-202	193-205	168-181	182-193	186-198	186-194	186-195	189-195	188-194	182-194
Índice de yodo*	≥ 56	≤ 48	94-120	105-126	136-148	80-100	104-120	124-139	118-141	78-90
Materia insaponificable (g/kg)	≤ 13	≤ 9	≤ 20	≤ 20	≤ 15	≤ 10	≤ 20	≤ 15	≤ 15	≤ 15

ANEXO 05. Cuadro de operación de variables.

EFECTO DE TRES TRATAMIENTOS DE DESAMARGADO DE GRANO DE TARWI (<i>Lupinus mutabilis sweet</i>) EN EL CONTENIDO DE GRASA.							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN DE OPERACIONES			RECOLECCIÓN DE DATOS	
			VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DISEÑO O MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
GENERALES							
¿Cuál es el efecto de tres tratamientos de desamargado de grano de Tarwi en el contenido de grasa?	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el efecto de tres tratamientos de desamargado de grano de tarwi en el contenido de grasa. 	El desamargado con agua, sal y cal influyen en la retención del contenido de grasa de los granos de Tarwi.	VARIABLES independientes: granos de tarwi desamargados con: Agua (A) Agua + Sal (AS) Agua + Cal (AC) Temperatura	Se determinó la influencia del desamargado de los granos de tarwi en el contenido de grasa.	Experimental	Método desamargado con Agua desamargado con Agua + Sal desamargado con Agua + Cal	Balanza analítica Registro de datos
ESPECIFICO							
	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el contenido de grasa en granos de tarwi desamargados por tres tratamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> El desamargado con agua influye en el contenido de grasa del tarwi. El desamargado con agua + sal influye en el contenido de grasa del tarwi. El desamargado con agua + cal influye en el contenido de grasa del tarwi. 	VARIABLES dependientes: Rendimiento Índice de refracción Índice de acidez	Se determinó el rendimiento de grasa de los granos de tarwi desamargados con A, AS y AC.	Experimental	Método: se determinó mediante ecuaciones	Placas Petri equipo Soxhlet Probeta Registro de datos
	<ul style="list-style-type: none"> Caracterizar las propiedades de acidez, índice de refracción, densidad, en la grasa obtenido del grano de tarwi. 	<ul style="list-style-type: none"> El desamargado influye en la acidez, índice de refracción y densidad en la grasa obtenida de los granos tarwi 	Densidad	Se caracterizó fisicoquímicamente la grasa obtenido de tarwi	Experimental	Método: Se determinó mediante ecuaciones.	Registro de datos Equipo Soxhlet Refractómetro digital ABBE