

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE QUÍMICA INDUSTRIAL**



PROYECTO DE GRADO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN QUÍMICA INDUSTRIAL

**ESTUDIO FÍSICO- QUÍMICO DEL GRANO DE AMARANTO
(*Amaranthus caudatus*), VARIEDAD ÓSCAR BLANCO PARA SU
APROVECHAMIENTO CON FINES INDUSTRIALES**

Postulante: Sonia Calderón Vásquez

Tutores: Lic. Patricia Duchén Uriarte

Lic. M.Sc. Arturo Reynaga Nava

La Paz - Bolivia

2017

AGRADECIMIENTOS

A la **Carrera de Química Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés**, por brindarme conocimiento y las herramientas necesarias, que me permitió obtener una profesión.

A mi tutora **Lic. Eliana Patricia Duchên Uriarte**, por su asesoramiento, tiempo, dedicación y su apoyo incondicional brindado en todo momento, compartiendo sus conocimientos y experiencias en el desarrollo de este trabajo.

A mi tutor **Lic. Arturo Reynaga Nava**, por su asesoramiento, dedicación, paciencia y su apoyo incondicional brindado en todo momento, compartiendo sus conocimientos y experiencias en el desarrollo de este trabajo.

A mi tribunal **Dra. Lourdes Vino Nina**, por su orientación, paciencia y tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

A mi tribunal **Lic. Rafael López Berzain**, por su orientación y tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

A mi tribunal **Lic. Pablo Pacohuanca Escalier**, por su orientación, paciencia y tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

Al **Ing. Cesar Ruiz Ortiz**, por el apoyo como Director de Carrera.

Al **Lic. Edmundo Ovando**, por haberme facilitado un espacio en el Laboratorio de Química Industrial.

Al **Lic. Pablo Castelu Ticona**, por el apoyo incondicional como Director del Instituto de Investigaciones y Aplicaciones Tecnológicas IIAT.

Al **Licenciado Luis Fernando Pocorey**, por el apoyo incondicional brindado en todo momento.

DEDICATORIA

A Dios que en su infinita bondad y misericordia me otorgo una familia que me quiere y me apoya.

A mis padres: Vicente Martín Calderón Conde y Erika Ximena Vásquez Llanque, por darme la vida, por su infinito amor, bondad, comprensión y los valores transmitidos que me permitieron seguir adelante. A mis hermanos Daniel y Ervin que me acompañan siempre.

A mis amigos incondicionales Milenka Aliz, Karina, Michelle, Eliana, Janethe, Tatiana y Luis que siempre me apoyaron en todo momento.

RESUMEN

La presente investigación busca darle un valor agregado a la producción del grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Óscar Blanco, proveniente de la Provincia Tomina del Departamento de Sucre en Bolivia, para su aprovechamiento del grano de amaranto de forma integral.

Se determinó parámetros físicos químicos y microbiológicos del grano de amaranto para la obtención de harina y aceite, donde el método óptimo para la extracción del aceite a partir de la harina es con el equipo SOXHLET, utilizando como solvente hexano. Además se identificó por cromatografía de gases el perfil de ácidos grasos, confirmando así los componentes del aceite que son de gran importancia para la obtención de jabón de amaranto, también se determinó las propiedades de la harina desgrasada para su utilización en la elaboración de galletas.

Palabras claves: Cromatografía de gases, extracción, equipo SOXHLET, perfil de ácidos grasos.

ABSTRACT

This study aims to give some essential added value to the production of amaranth grain. (*Amaranthus caudatus*), Óscar Blanco variety is cultivated in the Tomina Province, Sucre, Bolivia.

Physicochemical and microbiological parameters of the amaranth grain were determined for the production of flour and oil, whereas the optimum method of extracting oil from flour is to use the SOXHLET apparatus, and it is the best to use hexane as a solvent. In addition, the fatty acid profile was identified by gas chromatography, and the oil components which are greatly important for the production of amaranth soap were identified, too. The characteristics of defatted flour which is an ingredient of cookies were also determined as well.

Key words: Gas chromatography, extraction, SOXHLET apparatus, fatty acid profile.

抽象

この研究はアマランサスの穀物の生産に不可欠な付加価値を提供することを目的としている。（*Amaranthus caudatus*）、オスカー・ブランコ（Oscar Blanco）、ボリビア多民族国のスクレ県（Sucre）のトミーナ（Tomina）州で栽培されている。

アマランサスの穀粒の物理化学的および微生物学的パラメーターを、小麦粉からの油の抽出のための最適な方法が SOXHLET 装置であり、溶媒としてヘキサンを用いる最適な方法である小麦粉および油の製造のために決定した。さらに、脂肪酸プロファイルはガスクロマトグラフィーによって同定され、アマランサス石鹼の製造に非常に重要な油成分が確認された。クッキーの調製に使用される脱脂粉の特性もまた決定された。

キーワード：ガスクロマトグラフィー、抽出、SOXHLET 装置、脂肪酸プロファイル。

INDICE

CAPÍTULO I

1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Justificación	7
4. Objetivos	8
4.1 Objetivo general	8
4.2 Objetivos específicos	8

CAPÍTULO II

5. Fundamento teórico	9
5.1 Origen del amaranto	9
5.2 La historia del amaranto	9
5.3 El amaranto en la actualidad	10
5.4 Ubicación taxonómica	11
5.5 El amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>)	11
5.5.1 Cultivo del amaranto	12
5.5.2 Descripción de la Planta de amaranto	12
5.5.3 Grano de amaranto	13
5.5.4 Usos de la Planta de amaranto	15
5.5.4.1 Pipocas de amaranto	12
5.5.4.2 Harina de amaranto	16
5.6 Aceite de amaranto	17
5.7 Extracción	19
5.7.1 Extracción de aceites por solvente	19
5.7.2 Extracción con equipo SOXHLET	21
5.8 El amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) en Bolivia	22
5.8.1 Producción del amaranto	23
5.8.1.1 Factores para el rendimiento	25

CAPÍTULO III

6. Parte experimental y resultados	27
6.1 Origen del grano de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) ...	27
6.1.2 Localización	27
6.2 Caracterización fisicoquímica y microbiológica	27
6.2.1 Beneficiado del grano	27
6.2.2 Análisis fisicoquímico	29
6.2.3 Análisis microbiológico.....	31
5.2.4 Análisis de metales	32

6.3 Extracción del Aceite	34
6.3.1 Proceso de molienda del grano	34
6.3.1.1 Tamizado	36
6.3.2 Preparación de muestra	37
6.3.3 Solvente	37
6.3.4 Extracción	38
6.3.5 Rotaevaporación	41
6.3.6 Perfil de ácidos grasos	42
6.4 Aplicaciones	34
6.4.1 Jabón de amaranto	44
6.4.2 Galletas de amaranto	47

CAPÍTULO IV

7. Conclusiones y recomendaciones	52
7.1 Conclusiones	52
7.2 Recomendaciones	54
8. Referencias bibliográficas.....	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores fisicoquímicos del grano de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) proveniente del sud yungas Irupana	14
Tabla 2: Características de solventes para extracción de aceites y grasas	20
Tabla 3: Estimación de producción, rendimientos y superficie de amaranto por zonas de producción periodo 2013-2014	25
Tabla 4: Características Físico-químicas del grano Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>), variedad Oscar Blanco	30
Tabla 5: Características microbiológicas del grano Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>), variedad Oscar Blanco	32
Tabla 6: Análisis de metales de los granos de amaranto (<i>Amaranthus Caudatus</i>), Variedad Oscar Blanco	33
Tabla 7: Tamizado de la harina de amaranto (<i>Amaranthus Caudatus</i>), Variedad Oscar Blanco	36
Tabla 8: Extracción del aceite de la harina de amaranto (<i>Amaranthus Caudatus</i>), Variedad Oscar Blanco con equipo SOXHLET.	40
Tabla 9: Rotaevaporación del hexano	42
Tabla 10: Perfil de ácidos grasos	43
Tabla 11: Resultados del análisis físico – químico del aceite de amaranto	44
Tabla 12: Resultados del proceso de saponificación del aceite de amaranto	46
Tabla 13: Resultados del rendimiento del jabón de aceite de amaranto	47
Tabla 14: Resultados del análisis físico – químico de la harina de amaranto	47
Tabla 15: Resultados del rendimiento de las galletas de amaranto	50
Tabla 16: Características Físico-químicas del grano Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>), variedad Oscar Blanco	52
Tabla 17: Perfil de ácidos grasos en el aceite de amaranto (<i>Amaranthus Caudatus</i>), Variedad Oscar Blanco.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Taxonómica	11
Figura 2: Plantas de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>)	12
Figura 3: Eco tipos y grano de amaranto recolectados en el Departamento de Chuquisaca	13
Figura 4: Secciones transversal y longitudinal del grano de amaranto	13
Figura 5: Reventado de grano de amaranto en superficie de teflón	16
Figura 6: Amaranto reventado	16
Figura 7: Harina de amaranto tostado y crudo	17
Figura 8: Estructura del ácido linoleico y el ácido alfa linolenico ...	18
Figura 9: Estructura del escualeno	18
Figura 10: Estructura de los tocoferoles y de los tocotrieoles	19
Figura 11: Extracción con SOXHLET en el momento en que se produce el sifonamiento del solvente	22
Figura 12: Colecta de eco tipos de amaranto en el Departamento de Chuquisaca	23
Figura 13: Nombres común con el que se conoce al amaranto en diferentes ciudades y regiones de Bolivia	24
Figura 14: Sitios de recolección de amaranto almacenados en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos. (1)	24
Figura 15: Ubicación de la Provincia Tomina, Departamento de Chuquisaca	27
Figura 16: Diagrama del beneficiado en seco	28
Figura 17: Parámetros físico – químicos para el grano y harina de amaranto	29
Figura 18: Análisis fisicoquímico; Equipos para determinar materia grasa, humedad y cenizas.....	29
Figura 19: Análisis fisicoquímico; materiales para determinar materia grasa, humedad y cenizas	30
Figura 20: Análisis fisicoquímico; grano, harina de amaranto y pop de amaranto	30
Figura 21: Parámetros microbiológico para el grano y harina de amaranto	31
Figura 22: Análisis microbiológico; preparación y esterilización ...	31
Figura 23: Análisis microbiológico; recuento de microorganismos. ...	32
Figura 24: Parámetros para el análisis de metales de los granos de amaranto	33
Figura 25: Análisis de metales; Equipo de absorción atómica y la muestra	33

Figura 26: Diagrama del proceso de extracción de aceite	34
Figura 27: Diagrama del proceso de molienda del grano de amaranto	35
Figura 28: Proceso de tamizado de la harina de amaranto	36
Figura 29: Extracción del aceite; el sifón con el cartucho con harina de amaranto	37
Figura 30: Extracción de aceite; solvente –hexano	37
Figura 31: Diagrama del proceso de extracción continua con equipo SOXHLET	38
Figura 32: Extracción del aceite; sifón, refrigerante y balón de fondo redondo	38
Figura 33: Extracción del aceite; mezcla solvente y aceite	39
Figura 34: Extracción del aceite; harina desgrasada de amaranto	39
Figura 35: Rotaevaporación; recuperación del hexano	41
Figura 36: Rotaevaporación; hexano y aceite de amaranto	41
Figura 37: Cromatografo de gases; Shimadzu- GC-2010AF	43
Figura 38: Aceite de amaranto	44
Figura 39: Diagrama del Proceso para obtención de jabón	45
Figura 40: Diagrama de flujo del balance de materia del Proceso para la elaboración de jabón	45
Figura 41: Proceso para la elaboración de jabón de amaranto	46
Figura 42: Características organolépticas	47
Figura 43: Diagrama del proceso para la elaboración de galletas	48
Figura 44: Diagrama de flujo del balance de materia del Proceso para la elaboración de galletas	49
Figura 45: Diagrama de flujo del balance de materia del Proceso para la elaboración de galletas	50
Figura 46: Resultados de la aceptación de galletas de amaranto	50
Figura 47: Resultados de la aceptación del sabor, olor y color de las galletas de amaranto al 30%	51
Figura 48: Planta de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) variedad Oscar Blanco	70
Figura 49: Grano de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) variedad Oscar Blanco	70
Figura 50: Análisis microbiológico: Preparación de la muestra	71
Figura 51: Análisis microbiológico	71
Figura 52: Harina de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) variedad Oscar Blanco	72
Figura 53: Extracción del aceite de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) variedad Oscar Blanco mediante Equipo SOXHLET	73
Figura 54: Derivados de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) variedad Oscar Blanco	74

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS I:	Métodos Analíticos	58
ANEXOS II:	Reportes	64
ANEXOS III:	Fotos y Diagramas	70

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



Capítulo I

1. INTRODUCCIÓN

Bolivia tiene una gran diversidad de especies alimenticias y zonas agroecológicas, donde se desarrollan los granos andinos (quinua, cañahua, amaranto). Debido a su valor nutritivo, a sus características agronómicas y adaptabilidad ecológica a condiciones adversas, los granos andinos tienen gran importancia económica, social, ecológica y nutricional. (1).

El amaranto es un grano cultivado en los valles interandinos de Bolivia, en los departamentos de Tarija, Cochabamba, Chuquisaca y La Paz. Es aprovechado en su totalidad: el grano y la planta en sí, como verdura o forraje para los animales. Se puede emplear en muchos platillos como sopas (grano y harina), pasteles, galletas, panes (harina, grano entero, grano reventado), cereal para el desayuno (entero, reventado o germinado y molido). Se adapta a diferentes tipos de suelos, climas y soporta muy bien la escasez de agua; también, ha sido considerado por la Organización Mundial de la Salud como uno de los alimentos recomendados para el futuro, y la NASA lo incluye como un alimento para un futuro lejano. (2).

Sin embargo, uno de los derivados del amaranto menos explotado es el aceite ya que el grano contiene entre un 5 y 8% de grasas saludables. Destaca la presencia de una cantidad relativamente alta de ácidos insaturados, tocoferoles, fitoesteroles y esculeno. Estos compuestos tienen expectativas muy interesantes en el mercado de los nutraceuticos, en industrias de los alimentos, farmacéutica y cosmética. Como resultado, el aceite de amaranto está adquiriendo aun mayor interés, pues ha sido reconocido como una fuente importante de escualeno, pues contiene de 2.4 a 8%, dando lugar a que el grano de amaranto sea reconocido como la fuente vegetal más rica en este compuesto. El escualeno mejora las cualidades biológicas de la piel, retarda los efectos del envejecimiento de la piel y del desarrollo de arrugas también actúa favorable en la profilaxis del envejecimiento de la piel, particularmente en las personas que se exponen a los efectos del tiempo adverso y al ambiente externo agresivo, porque se absorbe fácilmente, penetra las membranas celulares y desempeña un papel versátil como antioxidante en las células de los órganos del cuerpo. (3)

En Bolivia, dada la creciente demanda de los productos orgánicos en el mercado internacional, se debe considerar el importante potencial que tiene el amaranto como fuente de ingresos y exportaciones, con amplias posibilidades de industrialización en productos con alto valor agregado.

2. ANTECEDENTES

Los estudios realizados referentes al amaranto en diferentes facultades de la Universidad Mayor de San Andrés son:

- a) Tesis de Grado “Análisis bromatológico comparativo de hoja y grano de Amaranto (*Amaranthus caudatus* L) en seis regiones de Bolivia”

Elaborado por: **Núñez Morales, Norma (La Paz 1993).**

Se ha hecho un análisis de hojas y grano de Amarantos cultivados en seis regiones de Bolivia tomando en cuenta zonas tradicionales a Cochabamba y Tarija, porque desde tiempos pasados conservan este cultivo, y zonas no tradicionales de cuatro regiones del Departamento de Paz.

En materia foliar, el contenido de proteínas es relevante en la muestra de Cochabamba con 29,3% y en la provincia de Murillo del Departamento de La Paz, las localidades de Cohoni con 26,49% y Quilihuaya con 26,5%.

En cuanto al grano, nuevamente Cochabamba presenta un porcentaje significativo con 17% y Tarija en la zona estudiada de Chaguaya con 15,5%.

Procede a manifestar que las diferentes muestras de hojas y granos presentan un contenido de fibra, grasa, carbohidratos y minerales, de esta manera podemos decir que los Amarantos cultivados representan tanto en hoja como en grano un alimento que puede constituirse en una alternativa nutricional en Bolivia, con referencia a otros cereales y leguminosas.

- b) Tesis de grado “Comportamiento agronómico de ocho cultivares de Amaranto (*Amaranthus spp*), en Provincia Nor Yungas Carmen Pampa.”

Elaborado por: **Chino Velásquez, Manuel (La Paz 1995).**

El Coimi podría considerarse como una de las alternativas para la producción agrícola de la región Yungueña, por las cualidades nutricionales (proteico-energético), fisiológicas (alto potencial para la producción de Biomasa por unidad de superficie) y sus múltiples usos agroindustriales que posee dicha planta. Los principales factores que limitan la producción inmediata del amaranto es la falta de información básica, por lo cual, el presente trabajo intenta encontrar esos parámetros agronómicos que determinan la producción de las especies introducidas como: *Amaranthus hypochondriacus*, *A. caudatus*, *A. cruentus* L. aportando de esta manera al conocimiento de los méritos agronómicos y nutricionales que tiene dicha planta.

- c) Tesis de Grado “Comparación de tres cultivares de Amaranto (*Amaranthus spp.*) y maíz (*Zea Mays*) en cuatro sistemas de cultivo, en la provincia Nor Yungas”.

Elaborado por: **Alanoca Pari Carlos (La Paz 1998).**

El origen y domesticación de los cultivares desde un punto de vista agronómico son similares; tanto el amaranto y el maíz se adaptan a similares condiciones. El amaranto y el maíz a diferentes eco regiones, los Yungas de La Paz ofrece zonas aptas para la producción de estos cultivares en sistemas asociados e individuales. Este trabajo de investigación se planteó como un perfil alternativo a los problemas de escaso aprovechamiento de la parcela y su productividad, promoviendo el cultivo de especies de alto potencial nutritivo para alivianar los problemas agronómicos, económicos y sociales, latente en la población yungueña.

- d) Tesis de Grado “Proyecto para la instalación de una planta procesadora de alimentos infantiles en base al amaranto”

Elaborado por: **Campero Birbuet, José Luis (La Paz 1999).**

El amaranto es una planta que se caracteriza por producir grano, cuya composición nutricional sobresale frente a otros cereales y tubérculos considerados de consumo; lo que es mejor aún, el valor biológico de su proteína se acerca al ideal, gracias a que el contenido de sus aminoácidos esenciales presenta un equilibrio casi perfecto para satisfacer el requerimiento diario de nutrientes. Para iniciar el estudio, primeramente se ubicaron dentro el territorio nacional las zonas agrícolas aptas para el cultivo de este cereal; se realizó una investigación agrícola en la Provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, asesorado por profesionales agrónomos y se concluyó que Bolivia cuenta con un potencial agrícola para su cultivo. En el proyecto, se muestra un diagnóstico agrícola del sector.

- e) Tesis de Grado “Análisis preliminar de los metabolitos secundarios y determinación de la capacidad antioxidante total y compuestos fenólicos totales en granos andinos (Quinoa, Cañahua, Amaranto y Qentu)”

Elaborado por **Tejeda Pérez Leslie Karina (La Paz 2007)**.

En la presente tesis se logró identificar la presencia de flavonoides en las muestras de quinoa, amaranto, cañahua y qentu, mediante cromatografía en capa fina y pruebas químicas de coloración. Para la determinación de flavonoides, el método de cromatografía en capa fina es más rápido y eficiente, que las pruebas químicas.

- f) Tesis de Grado “Evaluación del efecto nutricional en tres niveles de amaranto (*Amaranthus spp*) en la pre mezcla sobre la calidad de huevos en gallinas ponedoras criollas”.

Elaborado por: **Padilla Rodriguez, Mike Rodrigo (La Paz 2008)**.

La producción de huevos en la región de Sud Yungas del Departamento de La Paz, se presenta como una nueva y atractiva alternativa para la zona, por existir en la región una gran variedad de granos con los que se puede cubrir las demandas y requerimientos nutricionales de las aves, que pueden incidir en los costos de producción. Por todos estos antecedentes, el objetivo de este trabajo es de evaluar el efecto nutricional en gallinas ponedoras, sometidas a esta innovadora alimentación con granos de Amaranto en la máxima etapa de producción, sobre la calidad de los huevos ofrecer a los productores en lo posible una alternativa más de aprovechamiento.

- g) Tesis de Grado “Aprovechamiento e industrialización del amaranto en el municipio de Coroico”

Elaborado por: **Avilés Quezada, Joaquín; (La Paz 2008)**.

El objetivo del proyecto es, realizar un estudio de investigación para granos de Amaranto de primera calidad con el apoyo de los campesinos para su aprovechamiento e industrialización en el Municipio de Coroico formando Clusters productivos para su comercialización con valor agregado y de esta manera obtener indicadores financieros positivos.

- h) Tesis de grado “Descripción de los componentes de la cadena productiva de amaranto (*Amaranthus sp.*) en Irupana - Sud Yungas La Paz”

Elaborado por: **Torrez Quispe Yenny (La Paz 2009).**

El presente documento, descripción de los componentes de la cadena productiva del amaranto en el municipio de Irupana del departamento de La Paz, tuvo por objeto, la determinación de las características que conforman la cadena productiva del amaranto, por medio de una descripción pormenorizado de todos los actores que conforman cada eslabón de la cadena, a su vez se realiza un análisis de los puntos críticos y las posibles estrategias y líneas de acción que se pueden tomar.

- i) Proyecto de Grado “Obtención de harina de amaranto de dos variedades”.

Elaborado por: **Rojas Mamani Reyna (La Paz 2012)**

El propósito del presente estudio fue analizar su duración de vida de la harina y de elaborar pan especial con mezclas de harina de amaranto y de trigo en un porcentaje adecuado que reúna los requisitos panificables así mismo que mejore su contenido nutricional y de esta manera aportar con un estudio donde se justifiquen los beneficios de la incorporación de un pan especial, a la alimentación de la población. Para ello se utilizaron dos variedades de amaranto proveniente del sud yungas Irupana. Se realizó un diseño experimental con los datos obtenidos en el laboratorio, llegando a la conclusión que la variedad Oscar Blanco es la mejor variedad para la panificación al 20%.

- j) Tesis de Grado “Estrategias de promoción y comercialización en las ferias internacionales para las PyMEs que producen amaranto en el departamento de La Paz”.

Elaborado por: **Chambi Solorzano, Varinia (La Paz 2013).**

En la actualidad las PyMEs que producen amaranto en el departamento de La Paz son escasamente competitivas, tienen bajo valor agregado en el producto final, escaso conocimiento en cierres de negocios y participación en Ferias Internacionales. En La Paz, solamente existen cuatro PyMEs que se dedican a esta actividad, y su participación en las ferias internacionales requiere ser fortalecida en los ámbitos de promoción y comercialización. Para ello, se proponen estrategias en ambos ámbitos, en base a la presentación del producto y presentación del stand, ampliando cada uno de estos, para su desarrollo y mejora de la participación de estas PyMEs en las ferias internacionales, conociendo sus debilidades y amenazas que tienen y mejorando sus oportunidades y fortalezas para su participación.

- k) Proyecto de Grado Plan de Negocios “Producción orgánica de hojuelas de amaranto AGAVE S.R.L”.

Elaborado por: **Canaza Gabriela Carolina & Mamani Verónica (La Paz 2013).**

El presente Plan de Negocios busca promover la producción y comercialización de los derivados del amaranto, convirtiéndose en productos accesibles a la población, brindando información acerca de los cereales, sus beneficios alimenticios y los factores nutricionales. En Bolivia, el consumo de alimentos bajos en nutrientes afecta a toda la población, parte de esa población son los niños menores a 5 años y las mujeres en proceso de gestación. Según datos recientes en Bolivia 8 de cada 10 niños menores de 2 años sufren de anemia y de cada 10 mujeres embarazadas, 4 sufren de anemia. Es importante el consumo de los micronutrientes como el hierro, la vitamina A (tiamina) y el zinc en la alimentación de los niños y mujeres embarazadas.

3. JUSTIFICACIÓN

Bolivia exporta un promedio de 173 toneladas del grano de amaranto a países como Estados Unidos, Países Bajos, Israel, Australia, Canadá, Austria, Japón y Brasil sin darle un valor agregado. (11).

En los años 2009 y 2010 la producción de amaranto se incrementó 261 toneladas y 323 toneladas, pero debido a la creciente demanda mundial de este grano, se expandió su cultivo a otros países como; India, China y EEUU para su autoconsumo por sus cualidades nutricionales y exportación del grano con precios más bajos, provocando una caída de este en el mercado internacional, por lo cual disminuye las exportación Bolivianas (Aduana Nacional de Bolivia).

La producción nacional del grano está a cargo de productores no organizados, que no satisfacen la necesidad de dar el mejor y óptimo aprovechamiento del grano de amaranto.

Una de las características más importantes del amaranto es sin duda su alto valor nutritivo y nutracéutico, sobre todo el aceite de amaranto que tiene efectos benéficos para la piel retarda los efectos de envejecimiento, el desarrollo de arrugas, acné, deshidratación y piel seca. Sin duda este grano andino tiene un prometedor potencial en la industria alimenticia, de la misma forma en la elaboración de cosméticos y producción de plásticos biodegradables. (3)

La presente investigación busca darle un valor agregado a la producción del grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Óscar Blanco, proveniente de APROCOMI Asociación de productores de la Cuenca de Rio Milanés, Municipio de Sopachuy a 175 km de Sucre provincia Tomina Departamento de Chuquisaca, para su aprovechamiento del grano de amaranto de forma integral.

4. OBJETIVOS:

4.1 OBJETIVO GENERAL:

- Caracterizar el aceite y la harina desgrasada del grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco para fines industriales.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar las características Físico-Químicas y microbiológicas de los granos de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco.
- Extraer el aceite del grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco con solvente orgánico.
- Determinar cualidades físico-químicas del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco para su aprovechamiento en cosméticos.
- Determinar propiedades físico-químicas de la harina desgrasada de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco para elaboración de galletas.



CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO



Capítulo II

5. FUNDAMENTO TEORICO

5.1 ORIGEN DEL AMARANTO

El grano de amaranto se domesticó en América hace más de 7.000 años por culturas precolombinas y de allí posiblemente se difundió a otras partes del mundo. Fue cultivada y utilizada junto al maíz, frijol y calabaza por los aztecas en el valle de México, por los mayas en Guatemala y por los Incas en Sudamérica tanto en Perú, Bolivia como Ecuador junto a la papa, maíz y quinua. (6)

La fase inicial del amaranto puede relacionarse con la fase inicial del desarrollo de la agricultura, que culmina con los logros de los habitantes del Tahuantinsuyo, los incas, los aztecas y los mexicanos. (2)

Su nombre significa vida eterna debido a que crece en tierra poco fértil y con una mínima cantidad de agua también porque una sola planta puede producir cerca de un millón de semillas, sin ser gramíneas, pueden conservar sus propiedades por más de 40 años.(2)

5.2 LA HISTORIA DEL AMARANTO

Los tipos domesticados se diferencian de los silvestres en que, en lugar de tener el grano marrón oscuro, lo tienen claro. Este amaranto de granos claros se ha encontrado en trabajos arqueológicos llevados a cabo en Tehuacán y Puebla (México) y se ha datado seis mil años atrás. Los españoles identificaron su cultivo con prácticas paganas. A causa de ello, después de conquistar México en 1521, Hernán Cortés prohibió su cultivo. El interés por la especie comenzó a incrementarse cuando la planta apareció en India y África, donde se ha convertido en una importante fuente alimenticia. (7)

Al igual que la quinua, el amaranto fue seleccionado por la NASA para alimentar a los astronautas por su alto valor nutritivo, por su aprovechamiento integral, por la brevedad de su ciclo de cultivo y por su capacidad de crecer en condiciones adversas. Por todo ello, fue calificado como cultivo CELSS (Controlled Ecological Life Support System). La planta remueve el dióxido de carbono de la atmósfera y, al mismo tiempo, genera alimentos, oxígeno y agua para los astronautas. El amaranto empezó a ser cultivado en los viajes espaciales desde 1985. Ese año, el amaranto germinó y floreció en el espacio durante el vuelo orbital de la nave Atlantis. (5)

Así también, sólo tres especies de amaranto se utilizan actualmente para la producción de grano: *A. cruentus* L., *A. caudatus* L. y *A. hypochondriacus* L. (4)

5.3 EL AMARANTO EN LA ACTUALIDAD

El amaranto se encuentra en toda la zona tropical del mundo y en muchas áreas templadas, sobresalientes: Bolivia, Argentina, Ecuador, Perú, México, Guatemala, India, paquistaní, África, China, donde se lo utiliza en forma de grano y como verdura. Malasia e Indonesia utilizan al Amaranto únicamente como verdura. En Cuba se conoce y utiliza el amaranto para la alimentación humana y como alimento para ganadería. (13)

Es muy resistente a los climas fríos y secos, y crece incluso en suelos pobres; además tiene un alto nivel alimenticio, lo cual lo hace una excelente alternativa para regiones con dificultades para la siembra de otro tipo de cereales. Es tradicional su uso en recetas culinarias de Asia, América y África. (13)

Actualmente existen tres especies de amaranto para producir grano y que, a su vez, son las más apreciadas:

- ***Amaranthus caudatus***: La distribución se encontraba dirigida a la zona andina sudamericana, ahora se comercializa como planta de ornato, principalmente en Europa y Norteamérica.
- ***Amaranthus cruentus***: En tiempos precolombinos se encontraba desde el Norte de México a América Central, actualmente se cultiva para obtener grano y también se consume como vegetal.
- ***Amaranthus hypochondriacus***: Compartía su distribución con *A. cruentus* sólo que esta comenzaba en el sud-oeste de Estados Unidos hasta la parte central de México, hoy se cultiva para obtener grano. (5)

El que el amaranto haya sido tan importante en la dieta de varias civilizaciones prehispánicas, hace que su estudio resulte bastante prometedor e interesante. En la actualidad, debido a su demanda y precio el amaranto es un cultivo muy rentable, se adapta a distintos tipos de climas y suelos, soporta bien la sequía. En los últimos años se ha ampliado su mercado de consumo en países industrializados como Estados Unidos, Japón y Alemania. (6)

5.4 UBICACIÓN TAXONÓMICA

Figura 1: Ubicación Taxonómica

Reino:	Vegetal
División:	Fanerogama
Tipo:	Embryophyta siphonogama
Subtipo:	Angiosperma
Clase:	Dicotelonea
Subclase:	Archyclamidae
Orden:	Centrospermale
Familia:	Amaranthaceas
Sección:	Amaranthus
Especies:	<i>Caudatus</i> <i>Cruentus</i> <i>Hypochondriacus</i>
Nombres comunes:	Coima, Millmi e Inca oachaqui o grano inca (Bolivia)
	Sangorache, Ataco, Quinoa de Castilla (Ecuador)
	Alegria, Huanthi (Mexico)
	Regira, Ramdana, Heria (India)

Fuente: Rojas Reyna (2)

5.5 EL AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)

El amaranto (*Amaranthus caudatus*), pertenecen a la familia Amaranthaceae. Son un género de hierbas ampliamente distribuido por la mayor parte de las regiones templadas y tropicales. Aunque persiste algo de confusión sobre su exacta taxonomía, existen alrededor de 60 especies, varias de ellas se cultivan como verduras, cereales o plantas ornamentales. (11)

Su nombre Latin *Amaranthus*, se traduce de “color amarillo” y la especie “*caudatus*” con la “forma de cola”. Por eso se puede imaginar que el *Amaranthus caudatus* recibe, por sus inflorescencias, el nombre latino, que significa “cola amarilla” (2)

5.5.1 CULTIVO DEL AMARANTO

El amaranto es una especie que fuera de Bolivia se cultiva en Perú, Ecuador y Noroeste de Argentina en la zona de los valles interandinos (2.5000 a 3.100 m de altura) (2)

Figura 2: Plantas de amaranto (*Amaranthus caudatus*)



Fuente: IBCE (7)

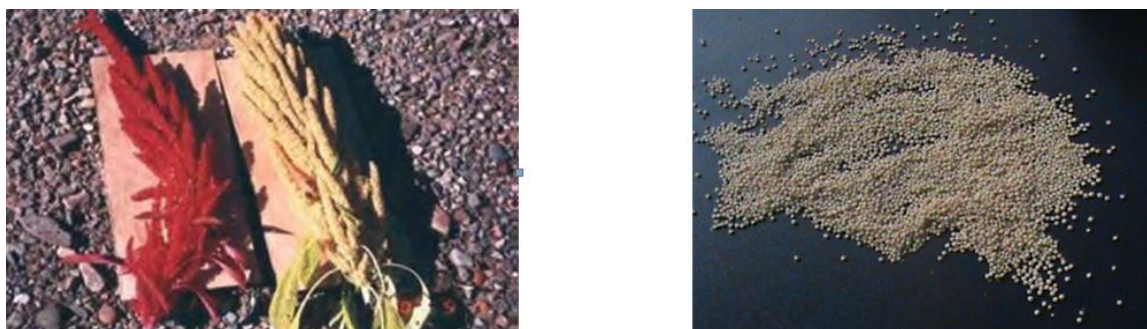
5.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE AMARANTO

La planta de amaranto es muy resistente a diferentes condiciones climáticas, como el frío y la sequía, y crece incluso en suelos pobres, hasta salinos capaz de convertir estos suelos secos y salinos nuevamente en tierras fértiles, también para otros cultivos. Esta cualidad adicional hace de ella una excelente alternativa para regiones con dificultades para la siembra de otro tipo de cereales. (5)

El ciclo vegetativo del amaranto tiene un promedio de 180 días, desde que germina hasta que la semilla alcanza su madurez. (2)

La planta tiene un eje central y tiende a ramificarse a media altura o desde la base del tallo, posee raíces bien desarrolladas con numerosas raíces secundarias en estado de madurez, puede medir hasta 2 metros de altura o más. El color de la planta varía de verde hasta púrpura con varios colores intermedios como amarillo, anaranjado, rosado-verde, rosado, rojo, rojo-morado La forma de la panoja varía de espiga densa a panoja con ramas pequeñas, panoja ensanchada en los extremos y panoja rala con pocas ramas; la forma de la hoja es lanceolada, elíptica, cuneada, ova tinada y ovalada y el tipo de inflorescencia puede ser decumbente, semi-recto y recta. Cada panoja tiene unos 50.000 granos (1.000-3.000 granos pesan un grano). El color del grano varía entre blanco, amarillo claro, dorado, rosado, rojo, marrón y negro y el diámetro varía ente 1,013 a 1.347 mm donde el diámetro de gránulo de almidón varía de 0.38 a 1.18 μ . (1)

Figura 3: Eco tipos y grano de amaranto recolectados en el Departamento de Chuquisaca

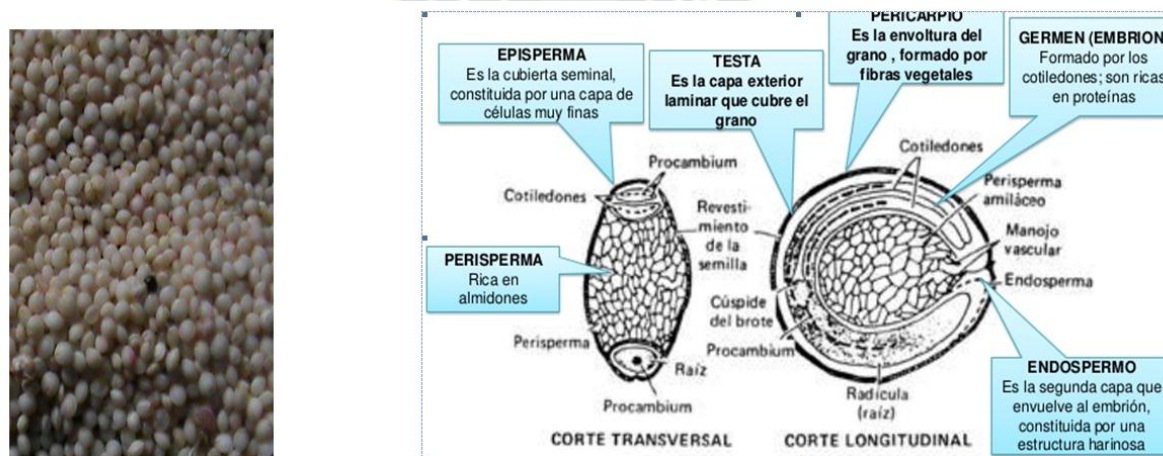


Fuente: IBCE (7)

5.5.3 GRANO DE AMARANTO

El grano de amaranto de origen vegetal, es uno de los alimentos más completos nutricionalmente, fuente importante de proteínas, minerales y vitaminas naturales: A, B, C, B1, B2, B3, además del ácido fólico, niacina, calcio, hierro y fósforo que otros cereales comunes como el arroz, maíz, trigo, cebada, avena y el centeno, de acuerdo con investigaciones que concluyeron en un reporte del USDA "Composition of foods". Además es uno de los alimentos con altísima presencia de aminoácidos como lisina. Solamente la leche de vaca y la materna contienen igual o un poco más de estas sustancias nutritivas. (4)

Figura 4: Secciones transversal y longitudinal del grano de amaranto



Fuente: Rojas Reyna (2)

El grano de amaranto posee aproximadamente un 16% de proteína, un porcentaje más alto que el de los cereales tradicionales: el maíz, arroz y el trigo (9,2; 8,4 y 11,5% respectivamente). Sin embargo, su importancia no radica en la cantidad sino en la calidad de la misma con un excelente balance de aminoácidos, carbohidratos, fibras y sales minerales, también estos pequeños granos son ricos en lisina 16,6%, aminoácido esencial que se encuentra en la leche en proporción de 16,5%. Junto a otros aminoácidos este grano es comparable en valor nutricional con la leche, lo que lo hace ideal para niños y mujeres en etapa de gestación y amamantamiento. (2)

Tabla 1: Valores físico-químicos del grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*) proveniente del sud yungas Irupana

N	Parámetros	Unidades	Valores
1	Humedad	%	9.49
2	Proteína	%	13.60
3	Grasa	%	1.92
4	Fibra cruda	%	6.60
5	Cenizas	%	2.33
6	Carbohidratos	%	69.41
7	Valor energético	Kcal/100g	383.50
8	Calcio	Mg/100g	249.3
9	Hierro	Mg/100g	6.60

Fuente: Rojas (2)

El contenido proteínico consiste en promedio de albumina (65%), globulina (17%), prolamina (11%) y glutelina (7%). (2)

El amaranto contiene importantes carbohidratos; la sacarosa, la rafinosa, la estaquiosa, la maltosa, el inositol y el almidón, este último tiene una característica molecular muy peculiar; en términos de tamaño de partícula del almidón de amaranto es la molécula más fina que se ha encontrado hasta el momento en la naturaleza. (2)

Entre los ácidos grasos contenidos por el amaranto, destaca el ácido linoleico (18:2) (también conocido como Omega-6). También el ácido linolenico (18:3) está presente en una pequeña proporción. Aparte de los ácidos grasos esenciales referidos, el amaranto también contiene una gran cantidad de escualeno, un intermediario importante en la síntesis esteroide en el cuerpo humano. (8)

Los minerales presentes en el amaranto hay algunos de importancia alimenticia como calcio, fósforo, hierro y zinc. En los cuatro casos mencionados el amaranto contiene cantidades superiores a las de los cereales tradicionales e incluso las contiene en mayor proporción que la leche materna; calcio 1262mg/100g; fósforo 455mg/100g y hierro 10mg/100g. (2)

Con respecto a las vitaminas el amaranto contiene riboflavina, niacina, ácido ascórbico y ácido fólico, tiamina, biotina, y β -caroteno, todos básicos para una buena alimentación. (2)

El componente principal del grano de amaranto es el almidón, representa entre 50 y 60% de su peso seco. El diámetro del gránulo de almidón oscila entre 1 y 3 micrones, mientras que los de maíz son hasta 10 veces más grandes y los de la papa pueden ser hasta 100 veces mayores. Estas reducidas dimensiones del gránulo de almidón del amaranto facilitan su digestión, que resulta de 2,4 a 5 veces más rápida que el almidón de maíz. (13)

El grano de amaranto es un alimento nutraceutico que cumple múltiples funciones curativas en nuestro organismo, es de gran importancia por su alto contenido de fibra, superando a otros cereales por eso es recomendado e indispensable para el metabolismo y la digestión regular sana, el estreñimiento y como protección contra muchas enfermedades. (14)

5.5.4 USOS DE LA PLANTA DE AMARANTO

El amaranto es un alimento muy nutritivo para las diferentes edades, puede usarse la harina para la preparación de panes, galletas, tortas, etc. combinando con harina de trigo. Las hojas de todas las variedades de las especies cultivadas pueden emplearse, previo cocimiento y eliminación del agua, en la preparación de ensaladas, estofados, con calidad nutritiva y sabor superiores a las espinacas, acelgas, lechuga y otras hortalizas. La broza de la inflorescencia después de la trilla del grano, se utiliza como colorante de comidas, especialmente aquellas que tienen colores púrpuras, rojos intensos. (11)

Tiene además, un prometedor potencial en la industria alimenticia misma, en elaboración de cosméticos, en colorantes y hasta para producir plásticos biodegradables. (5)

Una de las características más importantes del amaranto es sin duda su alto valor nutritivo y nutraceutico, ideal en anemias, desnutrición, mujeres en etapa de gestación y lactancia y niños, igualmente se debe tener en cuenta en problemas como osteoporosis porque es un alimento rico en hierro, proteínas, vitaminas y minerales. (5)

5.5.4.1 PIPOCAS DE AMARANTO.-

La transformación primaria del grano de amaranto, son las pipocas (pops, insuflados) del cual se elabora la alegría (México), turrón (Perú, Bolivia, Ecuador), nigua (Guatemala) y consiste de la mezcla de dicho grano reventado con miel, chocolate y dándole formas rectangulares, siendo mayormente la producción de un nivel artesanal y de pequeña industria. (2)

Figura 5: Reventado de grano de amaranto en superficie de teflón



Fuente: Criollo Priscila (4)

El procesamiento térmico del grano (cocinar, hacer estallar) hace inactivo a los antinutrientes lábiles al calor. El hacer estalla el grano produce un aumento óptimo en el ratio eficiente proteico (PER) y una perdida mínima del contenido de lisina disponible. (5)

El amaranto se revienta en condiciones muy calientes y se convierte en una palomita como se observa en la Imagen N° 1, con muy alto contenido nutritivo, con 15 a 18 % de proteína y presencia de lisina y metionina, alto contenido de fibra, calcio, hierro y vitaminas A y C. (5)

Figura 6: Amaranto reventado



Fuente: Soterias (5)

El reventado del grano de amaranto permite mejorar las características organolépticas del producto, el PER, así como la digestibilidad, y la destrucción de factores anti fisiológicas, lo que hace más nutritivo. (5)

5.5.4.2 HARINA DE AMARANTO.-

El amaranto es un grano muy versátil para la transformación e industrialización, puede transformarse y utilizarse como cualquier cereal; lógicamente con mayores ventajas nutricionales, aunque por la falta de gluten, en la panificación debe mezclarse a la harina de trigo para enriquecerlo y darle características panificables adecuadas. La harina se utiliza también para preparar pasteles, panes tamales, humitas, tortillas, bebidas refrescantes y alcohólicas (chicha en la zona andina). (4)

El grano de amaranto contiene alrededor del 17% de proteínas. Si su harina se mezcla con la de trigo, produce un pan de elevado valor nutricional, con los aminoácidos casi perfectamente equilibrados. (6)

La harina se puede obtener tanto del grano crudo como del grano cocido. (4)

Figura 7: Harina de amaranto tostado y crudo



Fuente: Criollo Priscila (4)

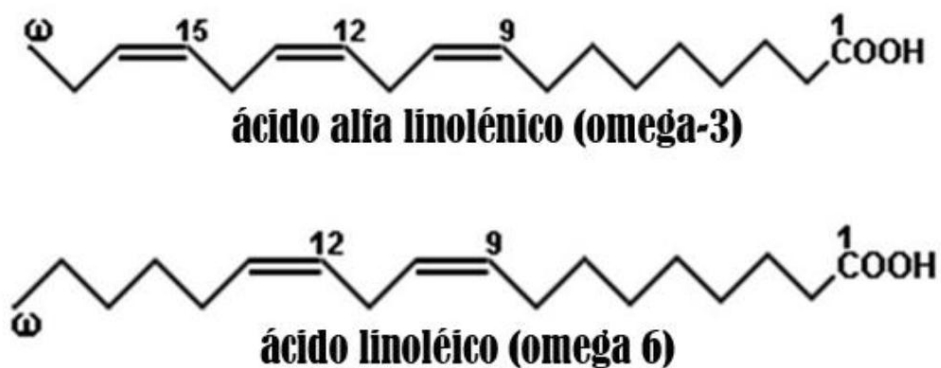
La harina es usada para elaborar budines, sopas, papillas, infinidad de potajes, pasteles, panes, humitas, tortillas, bebidas refrescantes y alcohólicas. En Perú, Bolivia y Ecuador son usadas para elaborar mazamorra, en México y Guatemala para elaborar atole y pinol. (5)

En México, la harina de amaranto se utiliza para efectuar mezclas con la de trigo para la elaboración de tortillas, en una proporción de 90:10. El amaranto no altera el sabor ni consistencia de las tortillas. (6)

5.6 ACEITE DE AMARANTO.-

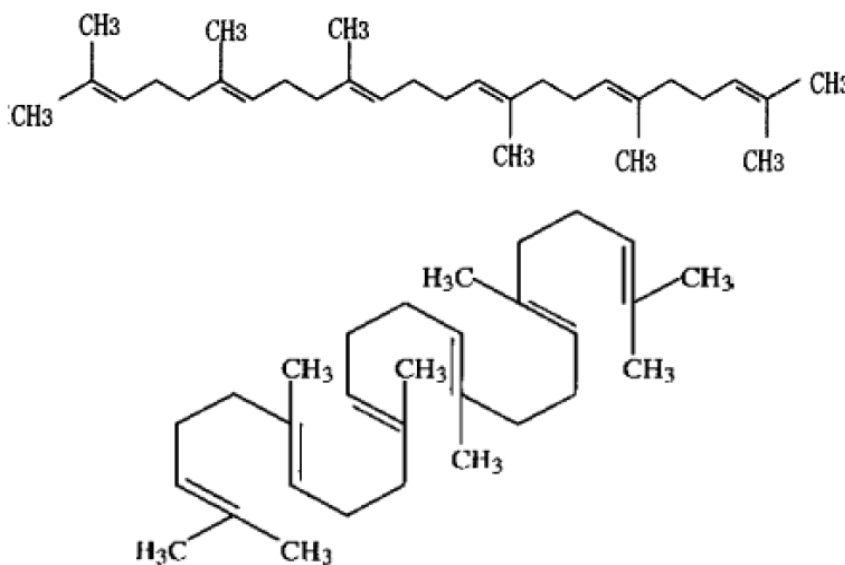
El aceite de amaranto promueve actividades interesantes gracias a sus componentes entre los que hay que destacar a los tocoferoles y tecotrienoles conocidos por su actividad antioxidante, a los fitoesteroles a los cuales disminuyen el colesterol en suero y el escualeno el cual tiene actividad anticancerígena e hipocolesterotémica, así como la actividad de varios ácidos grasos que lo componen como el ácido oleico, el cual se ha demostrado reduce el riesgo de contraer enfermedades del corazón. Además. Varios de los componentes del aceite de amaranto se han utilizado para el cuidado de la salud de la piel, o en cosméticos, lo cual amplía el campo de aplicación del aceite de amaranto además de su aplicación en alimentos funcionales. (14)

Figura 8: Estructura del ácido linoleico y el ácido alfa linolenico



Fuente: Gonzales Carlos (14)

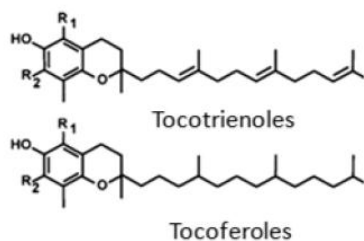
Figura 9: Estructura del escualeno



Fuente: Gonzales Carlos (14)

Estos compuestos tienen expectativas muy interesantes en el mercado de los nutraceuticos, en industrias de los alimentos, farmacéutica y cosmética. Como resultado, el aceite de amaranto está adquiriendo aun mayor interés, pues ha sido reconocido como una fuente importante de escualeno, pues contiene de 2.4 a 8% de este 10, dando lugar a que el grano de amaranto sea reconocido como la fuente vegetal más rica en este compuesto. (3)

Figura 10: Estructura de los tocoferoles y de los tocotrienoles



	R1	R2
α	CH ₃	CH ₃
β	CH ₃	H
γ	H	CH ₃
δ	H	H

Fuente: Gonzales Carlos (14)

5.7 EXTRACCION.-

Se define como la acción de separar con un líquido una fracción específica de una muestra, dejando el resto lo más íntegro posible. (12)

5.7.1 EXTRACCIÓN DE ACEITES POR SOLVENTES.-

Esta extracción consiste en someter las hojuelas laminadas al contacto con un disolvente orgánico, el cual extrae el aceite, separándolo de la mezcla de aceite-disolvente o miscella. Es más eficaz la extracción de aceites por medio de disolventes, dejando un residuo con menos del 1% en la torta. (10)

La extracción por disolvente se dividen en dos grupos: extracción discontinua o por cargas sucesivas y la extracción continua. (10)

Extracción Discontinua: La extracción discontinua de aceites con disolventes, consiste en agregar el solvente a la mezcla, separación de aceite/disolvente, separación de disolvente/torta y por último el reciclaje del disolvente. Este proceso tiene varias ventajas como.

- Se utiliza en plantas a pequeña escala
- Pueden procesarse pequeñas cantidades (25kgs)
- Baja tasa de desechos

Extracción Continúa: En los extractores continuos las hojuelas laminadas pasan constantemente por el receptáculo a contra corriente con el medio de extracción disolvente puro y miscella rebajada (la miscella es la mezcla de disolvente y aceite extraído). (10)

Disolventes: Las características (Tabla 2) del disolvente ideal deben ser:

- No tóxico.
- No inflamable.
- No explosivo.
- Bajo punto de ebullición.
- Debe tener una zona de ebullición muy reducida.
- Baja evaporación.
- Económico.
- De fácil adquisición. (10)

Los principales disolventes empleados para la extracción de aceites de acuerdo a los puntos de ebullición son:

Tabla 2: Características de solventes para extracción de aceites y grasas

Solvente	Rangos de ebullición
Pentano	30 – 35 °C
Hexano	63.3 - 69.5 °C
Heptano	87.8 – 97.7 °C
Octano	100 - 140 °C

Fuente: Cepeda Ricardo (10)

El Hexano es el disolvente más utilizado ya que cumple con los parámetros específicos en cuanto a su pureza y facilidad para su eliminación total, debido a su punto de ebullición, ya que los disolventes con alto punto de ebullición presentan dificultad para su separación del aceite y de la torta proteica. (10)

El hexano comercial es una mezcla de isómeros de hexano, n-hexano, 2 metilpentano, 3-metilpentano, 2,3-dimetilpentano y 2-2 dimetilbutano con pequeñas cantidades de ciclohexano, ciclopentano, pentano, heptano isómero y acetona y metil-etilhexano. Contiene una cantidad de n-hexano que oscila entre 20% y 80%. El hexano comercial se emplea para la extracción de aceites vegetales, como disolvente en reacciones de polimerización y en la formulación de algunos productos adhesivos, lacas, cementos y pinturas. También se utiliza como desnaturalizante de alcohol y en termómetros para temperaturas bajas, en lugar de mercurio. Por último, en el laboratorio se usa como disolvente y como materia prima en síntesis. (18)

La Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA) alertó respecto a la posibilidad de que China empiece a exigir el cumplimiento de su Norma BT 1535/2003, que establece un límite máximo de 100 partes por millón (ppm) de residuos de hexano en los embarque de aceite de soja crudo.

No obstante, CIARA confía en los acuerdos y palabra dada por las autoridades del Gobierno chino en relación al comercio de aceite de soja.

La norma, sin embargo sería de aplicación únicamente para las importaciones de aceite de soja proveniente de la Argentina, y no para el resto de los países.

Fuente: CPCECABA – NA Noticia Publicado el 02/04/2010 por Primicias Rurales.

Algunos de los factores que se deben tener en cuenta para la extracción con solventes son:

- Contenido de agua en la semilla: debido a que el agua es una sustancia polar, y a pesar que se requiere cierto grado de humedad residual para evitar que se desmenuce la semilla, un contenido alto, haría que el proceso de penetración del solvente fuera más complejo.
- Tamaño y forma de la hojuela: la forma de la hojuela influye en la extracción, esto con el fin de que el solvente fluya libremente; en cuanto al tamaño de esta, debe facilitar la extracción de cada una de las partículas. Si es muy fina la hojuela, evitaría una filtración eficiente del solvente
- Cantidad de solvente: este factor depende de la composición de la semilla oleaginosa. La cantidad de solvente estriba entonces de la cantidad de contenido crudo de fibra. Al igual que la concentración de la miscella, es decir que cuando la concentración es alta, se necesita menos energía para recuperar el solvente.
- Temperatura de extracción: al utilizar altas temperaturas en el proceso, reduce la viscosidad del solvente y eleva la solubilidad del extracto en el solvente.
- Tiempo de extracción: este depende del nivel de la extracción y de la estructura de la semilla. (10)

5.7.2 EXTRACCION CON EQUIPO SOXHLET.-

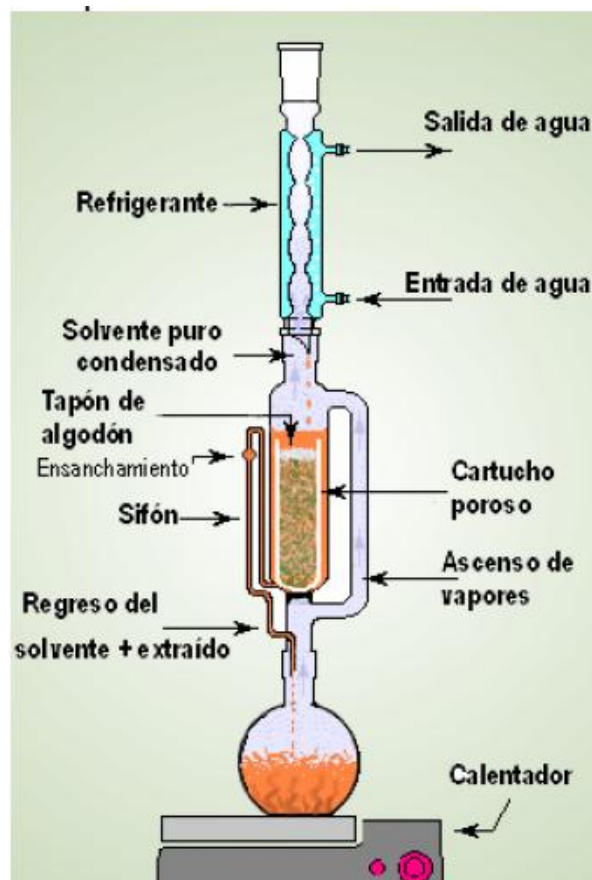
La extracción SOXHLET se fundamenta en las siguientes etapas:

- 1) Colocación del solvente en un balón
- 2) Ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo
- 3) El condensado cae sobre un recipiente que contiene un cartucho poroso con la muestra en su interior.

4) Ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído al balón.

5) Se vuelve a producir este proceso la cantidad de veces necesaria para que la muestra quede agotada. Lo extraído se va concentrando en el balón del solvente. (12)

Figura 11: Extracción con SOXHLET en el momento en que se produce el sifonamiento del solvente



Fuente: Nuñez Carlos (17)

5.8 EL AMARANTO (*Amaranthus Caudatus*) EN BOLIVIA

El amaranto es un alimento muy nutritivo para las diferentes edades, puede usarse la harina para la preparación de panes, galletas, tortas, etc. combinando con harina de trigo. Las hojas de todas las variedades de las especies cultivadas pueden emplearse, previo cocimiento y eliminación del agua, en la preparación de ensaladas, estofados, etc., con calidad nutritiva y sabor superiores a las espinacas, acelgas, lechuga y otras hortalizas. (11)

Figura 12: Colecta de eco tipos de amaranto en el Departamento de Chuquisaca



Fuente: IBCE (7)

La planta entera (no solamente las hojas y paja) puede destinarse para uso animal (ruminantes) con buenos resultados. Asimismo el grano ha sido empleado con éxito en la alimentación de aves y porcinos. (11)

De la misma forma el consumo de productos de amaranto en nuestro medio es más bajo con relación a la quinua, como la variedad de productos de este son pocos: pipocas de amaranto con miel o sin miel de caña, barras de amaranto, pito de amaranto, pan de amaranto, galletas de amaranto, por la falta de información de las ventajas que tienen estos productos. (11)

5.8.1 PRODUCCIÓN DEL AMARANTO.-

Las principales zonas de producción del amaranto en Bolivia son: Cochabamba (provincias, Carrasco, Campero, Mizque, Capinota, Quillacollo, Punata, Arani, E. Arce), Chuquisaca (provincias, Yamparaez, Oropeza, Sudanes, Tomina y B. Boeto) y Tarija (provincia Cercado). De acuerdo a cada región, el amaranto se conoce con diferentes nombres comunes los cuales pueden verse en el Cuadro 4 (Kietz 1992) (1)

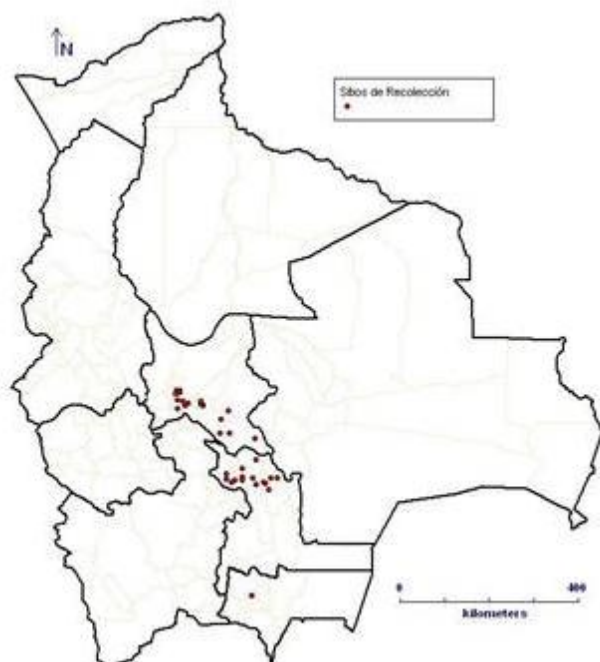
Figura 13: Nombres común con el que se conoce al amaranto en diferentes ciudades y regiones de Bolivia

Ciudad o Región	Nombre común
Tarija	Coime, yuyo, aroma
Cochabamba	Millmi, yuyo, ayramo
Chuquisaca	Cuimi
Yungas	Cuymi
Valles interandinos de Oruro	Illamcuma
Valles interandinos de potosí	Cuimi
otras regiones	Coyo

Fuente: Rojas Wilfredo (1)

La distribución geográfica del amaranto en Bolivia es más reducida en comparación a la quinua y la cañahua, pues según estudios realizados con la colección de germoplasma de Bolivia, la variabilidad de amaranto se distribuye desde los 17° 20' hasta los 21°28' de Latitud Sur, y desde los 64° 13' hasta los 69° 09' de Longitud Oeste. Su distribución altitudinal varía desde 1866 hasta 3050 m.s.n.m. (1)

Figura 14: Sitios de recolección de amaranto almacenados en el Banco de Germoplasma de Granos Andinos. (1)



Fuente: Rojas Wilfredo (1)

En nuestro país Bolivia tenemos 134 variedades de millmi (*Amaranthus Caudatus*) (18). Vargas informó que se tiene dos variedades a nivel de producción: Chuqui Rojo y Zapanitas en los municipios de Pocona, Tapacarí, Morochata, Cliza y Tarata. Este recurso natural ancestral se produce en 15 hectáreas de la que se obtendrán 400 quintales que pueden ser utilizados en tostado, refrescos y transformaciones. “El amaranto tiene una fama universal por ser alimento especial de los astronautas por sus excelentes propiedades”, sostuvo Vargas (periódico los Tiempos. Marzo 2014)

Por otro lado existen actores indirectos que intervienen en algunos casos prestando servicios de apoyo a la cadena productiva; las instituciones de investigación, asistencia técnica, certificación orgánica, transporte entre otros. (11)

Tabla 3: Estimación de la Producción, Rendimiento y Superficies de Amaranto por Zonas de Producción Periodo 2013-2014

Departamento	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (t)
Chuquisaca	589	817	481,213*
La Paz (Yungas)	180	1104	198,720
Cochabamba	90	635	57,150
Tarija	63	726	45,738
Total	922	3282	782,821

Fuente: Reynaga 2014, (11)

Según los datos se pueden observar que la principal zona de producción es Chuquisaca con 481 toneladas, siendo de este el 70% orgánico; El rendimiento es variable siendo uno de los mayores el sector de los Yungas (Coraca Irupana). (11)

5.8.1.1 FACTORES DETERMINANTES PARA EL RENDIMIENTO DEL AMARANTO.-

El cultivo de amaranto se lo realiza junto con el maíz, en zonas dispersas, por las características del tamaño de grano diminuto, el proceso manual de cosechado, como las operaciones manuales de secado, trillado, seleccionado, las pérdidas se deben principalmente a este proceso manual.

- Sistemas de Producción.
- Climáticos
- Calidad de la Semilla
- Falta de Asistencia Técnica.

Si bien la calidad del suelo es importante, en el cultivo del amaranto se cuida la fertilidad del suelo, mediante la rotación y descanso de las parcelas, por un lapso de 4 años. Lo que si se requiere es la asistencia de técnicos agrónomos para identificar necesidades o plagas del cultivo, identificar el problema y reaccionar adecuadamente, de esta forma se disminuyen las perdidas por plagas sequias, labores agrícolas mal realizadas. (11)



CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL Y RESULTADOS



Capítulo III

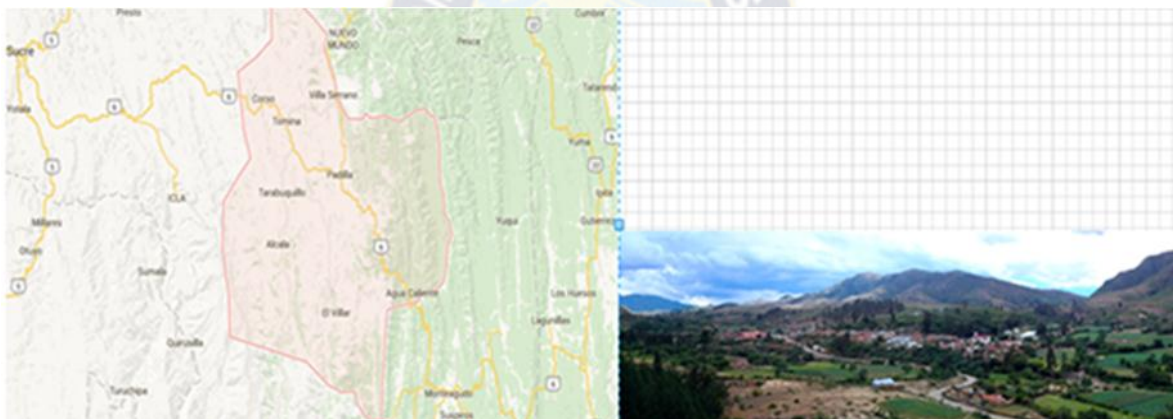
6. PARTE EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

6.1 ORIGEN DEL GRANO DE AMARANTO (*Amaranthus caudatus*), VARIEDAD OSCAR BLANCO.-

Se realizó de APROCMI Asociación de productores de la Cuenca de Rio Milanés, Municipio de Sopachuy a 175 km de Sucre provincia Tomina Departamento de Chuquisaca.

6.1.2 LOCALIZACIÓN.-

Figura 15: Ubicación de la Provincia Tomina, Departamento de Chuquisaca.



Fuente: IBCE (7)

6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA.-

La fase experimental se realizó en la Carrera de Química Industrial (Facultad de Tecnología) y en Laboratorios de Química de Ciencias Puras (Facultad de Ciencias Puras)..

6.2.1 BENEFICIADO DEL GRANO.-

El proceso de beneficiado se realizó en la industria SOLECOSUR, para la separación de impurezas.

Figura 16: Diagrama del beneficiado en seco



ELABORACION: Propia

6.2.2 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO.-

El análisis de los diferentes constituyentes del grano de amaranto se realizó, de acuerdo a los métodos, técnicas y normas de IBNORCA para la quinua, por no contarse con normas específicas para el amaranto, que se detalla en la figura 17.

Figura 17: Parámetros físico – químicos para el grano y harina de amaranto

Parámetros	Norma de referencia
Humedad	NB-312026-06
Grasa	NB-312027-06
Proteínas	NB-312029-06
Fibra	NB-312028-06
Cenizas	NB-312030-06
Hidratos de carbono	NB-312031-10
Energía	NB-312032-06

Fuente: IBNORCA

Para la obtención del aceite de amaranto a partir del grano es necesario conocer el contenido de humedad, materia grasa y proteínas, para determinar condiciones adecuadas para su extracción.

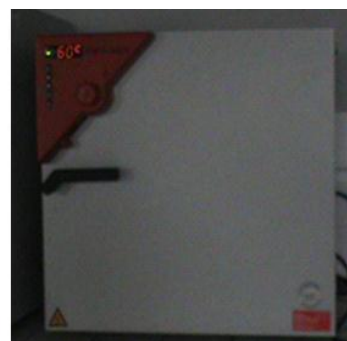
Figura 18: Análisis fisicoquímico; Equipos para determinar materia grasa, humedad y cenizas



Equipo SOXHLET



balanza analítica



Secadora Binder

Figura 19: Análisis fisicoquímico; materiales para determinar materia grasa, humedad y cenizas

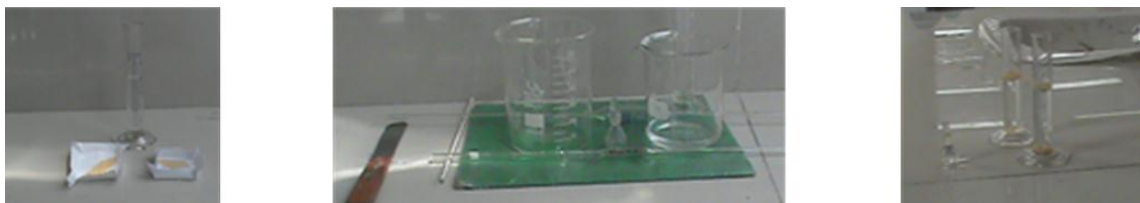


Figura 20: Análisis fisicoquímico; grano, harina de amaranto y pop de amaranto.



Las características fisicoquímicas del grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco, se muestran en el siguiente Tabla.4.

Tabla 4: Características Físico-químicas del grano Amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco

	Parámetros	Resultados	NB-336004 Amaranto	Ministerio de Salud Deportes (2005)	Grano de amaranto proveniente del sud yungas Irupana (2012)
1	Humedad	9.36 %	12 %	-	9.49%
2	Grasa	7.46 %	3.5 %	7 %	1.92%
3	Proteínas	14.30%	≥ 12,5%	13,20 %	13.60%
4	Fibra	4.11%	≥ 4%	6,6 %	6.60%
5	Cenizas	2.56%	≤ 3,5%	2.56%	2.33%
6	Hidratos de carbono	62.21%	-	62.21%	69.41%
7	Energía	374.1 (kcal/100g)	-	382 (kcal /100g)	383.50(kcal /100g)

Elaboración: Propia

Se observa en la Tabla 4 que las características fisicoquímicas del grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco con respecto a la materia grasa se encuentran un 3.96% por encima del valor reportado por la NB-336004, con respecto al Grano de amaranto proveniente del sud yungas Irupana se encuentra por encima con un 5.54% y 0.46% por encima del dato reportado por el Ministerio de Salud Deportes, con respecto a la humedad está por debajo con 2.64% del dato reportado por la NB-336004 y las proteínas se encuentran con 1.8% y 1.3% por encima de los datos reportados por la NB-336004 y el Ministerio de Salud Deportes. se debe considerar que estos análisis son importantes para la extracción del aceite, para determinar condiciones óptimas de extracción.

6.2.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.-

Los granos de amaranto al estar sujetas a una contaminación por microorganismos debido a las condiciones de producción, transporte y procesado.

Figura 21: Parámetros microbiológico para el grano y harina de amaranto

Parámetros	Norma de Referencia
Recuento de mohos y levaduras	NB-32006
Recuento total de bacterias Mesofilas aerobias totales	NB-32003
Recuento de bacterias Coliformes totales	NB-32005
Detección de salmonella	NB-32007
Detección de Escherichia Coli	NB-32005

Fuente: IBNORCA

Figura 22: Análisis microbiológico; preparación y esterilización

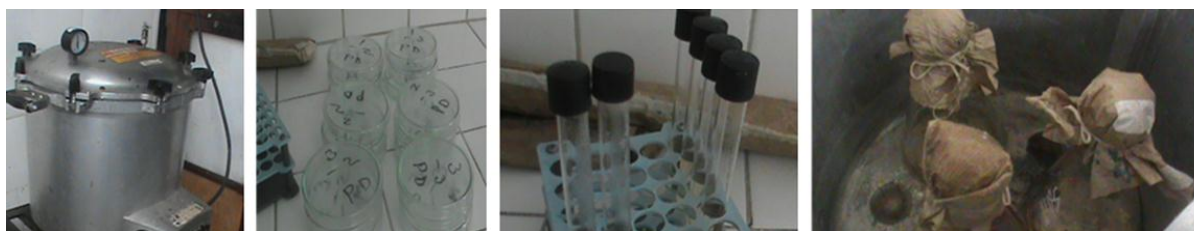
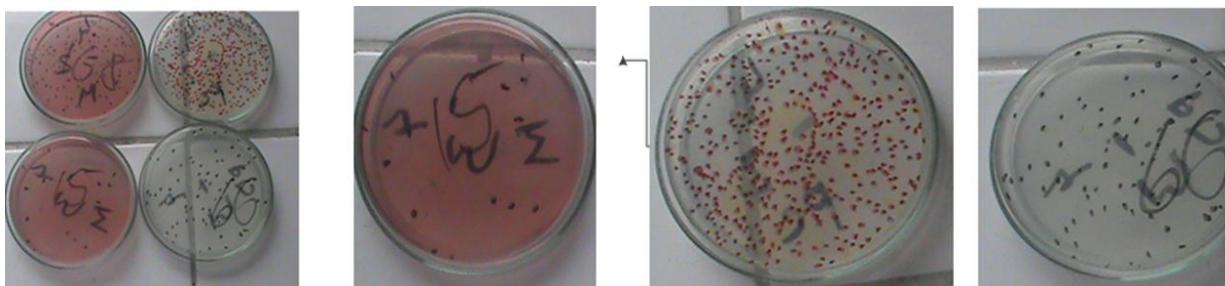


Figura 23: Análisis microbiológico; recuento de microorganismos.



Del Análisis microbiológico del grano de amaranto, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5: Características microbiológicas del grano Amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco

Método de análisis	Parámetros	Resultado	NB- 336004
NB-32003	Bacterias mesófilas aerobios totales	$5,2 \times 10^4$ CFU/g	10^6 CFU/g
NB-32006	Levaduras y Mohos	$6,4 \times 10^3$ CFU/g	10^4
NB-32005	Bacterias coliformes totales	$1,6 \times 10^3$ CFU/g	10^4
NB-32005	<i>Escherichia coli</i>	Presencia negativa en 25g	límite <10
NB-32007	<i>Salmonella</i>	Presencia negativa en 25g	ausencia

Elaboración: Propia

Se puede observar una menor presencia de Bacterias mesófitas aerobios totales presentes en el grano de amaranto, como también la presencia de Levaduras, Mohos y Bacterias Coliformes es menor.

6.2.4 ANÁLISIS DE METALES.-

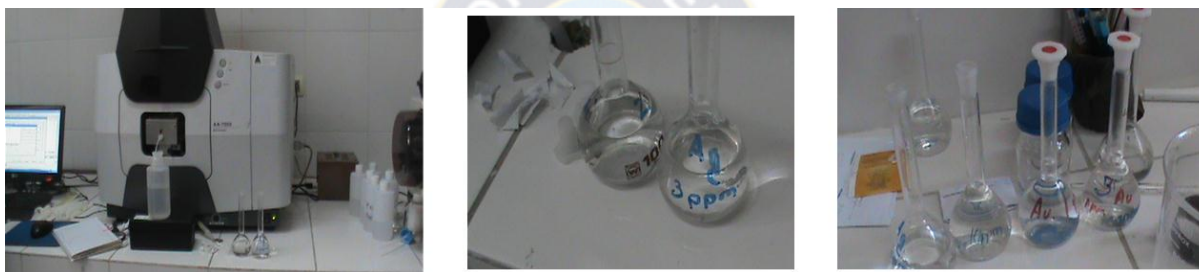
El análisis de los diferentes minerales se realizó, de acuerdo a los métodos, técnicas y normas que se detallar en el Figura 24.

Figura 24: Parámetros para el análisis de metales de los granos de amaranto

Parámetros	Norma de referencia
Determinación de sodio	NB-312009-03
Determinación de potasio	NB-312010-03
Determinación de magnesio	NB-312012-03
Determinación de hierro	NB-312013-03
Determinación de calcio	NB-312011-03

Fuente: IBNORCA

Figura 25: Análisis de metales; Equipo de absorción atómica y la muestra



El análisis de minerales del grano de amaranto se realizó en el Laboratorio de Química Industrial obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en el Tabla 6.

Tabla 6: Análisis de metales de los granos de amaranto (*Amaranthus Caudatus*), Variedad Oscar Blanco

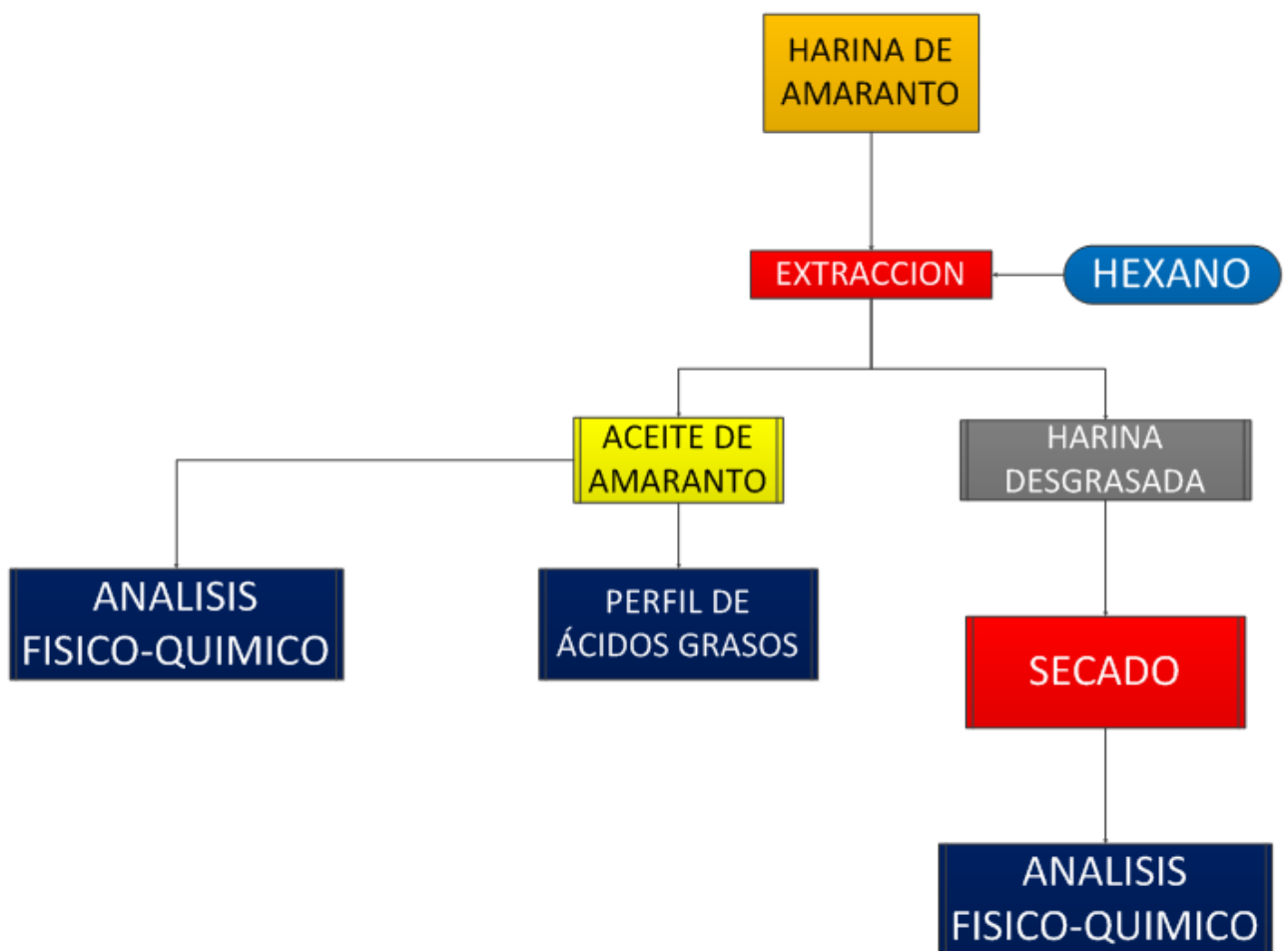
Parámetro	Resultado
	(mg/100g)
Potasio	46
Zinc	6,8
Hierro	1,6
Sodio	46
Magnesio	27
Calcio	102

Elaboración: Propia

Se determinó que en el grano de amaranto, el calcio (Ca) es el mineral con cantidades superiores, seguido de potasio, sodio, magnesio, zinc y hierro; valores por encima de los reportados por el Ministerio de Salud y Deportes

6.3 EXTRACCION DEL ACEITE.-

Figura 26: Diagrama del proceso de extracción de aceite

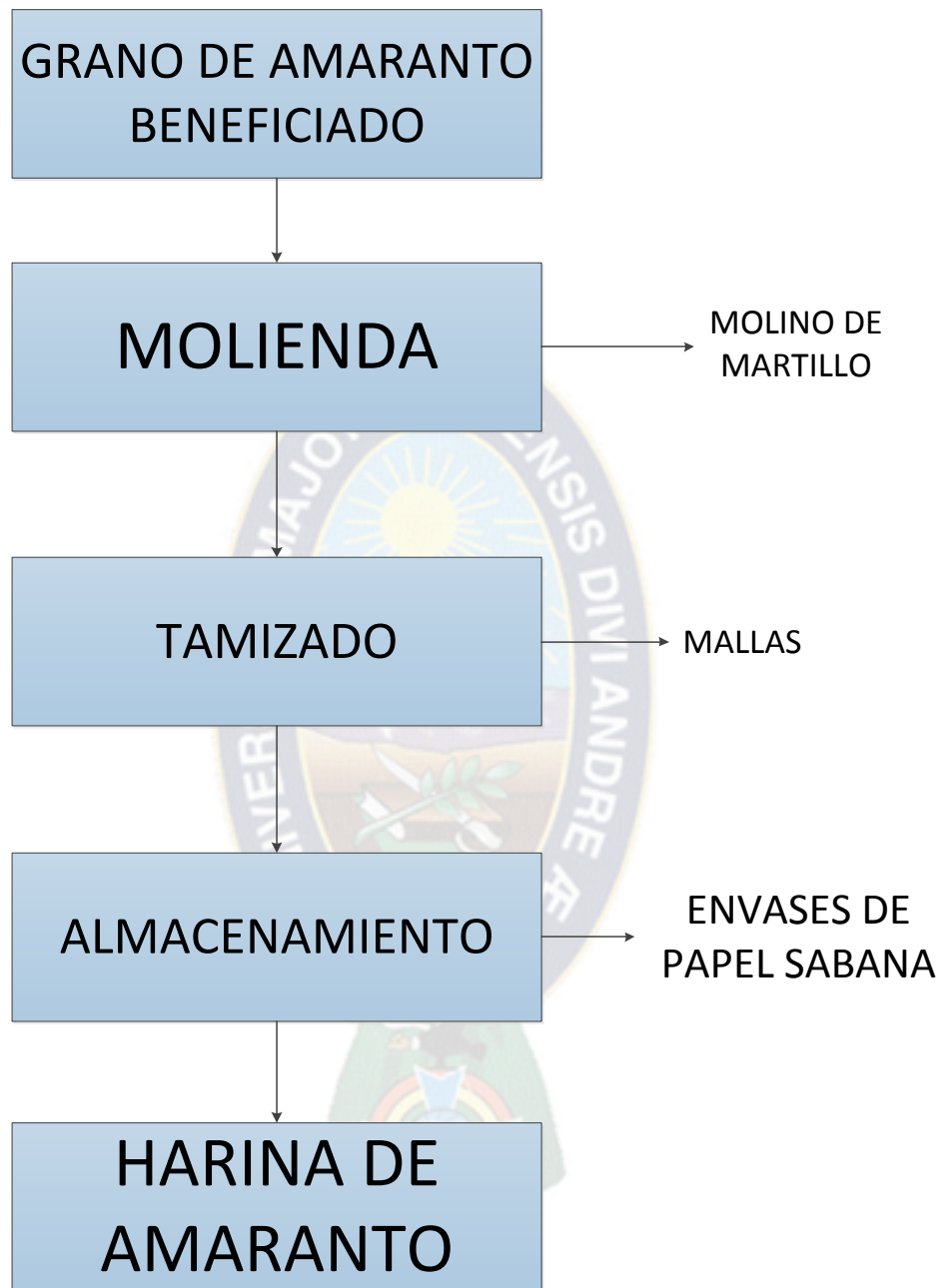


ELABORACION: Propia

6.3.1 PROCESO DE MOLIENDA DEL GRANO.-

La molienda se efectuó en la empresa SOLECOSUR ubicado en la zona el Pedregal en un molino de martillo.

Figura 27: Diagrama del proceso de molienda del grano de amaranto



ELABORACION: Propia

6.3.1.1 TAMIZADO.-

El tamizado consiste en un juego de mallas, donde se hace pasar la muestra para obtener una harina de amaranto uniforme en tamaño de partícula, que es necesaria para la extracción del aceite. (Figura 28).

Figura 28: Proceso de tamizado de la harina de amaranto



El proceso de molienda del grano de amaranto se realizó en un molino de martillo, después del cual se procedió al tamizado de la harina obteniéndose los siguientes datos mostrados en el Tabla 7.

Tabla 7: Tamizado de la harina de amaranto (*Amaranthus Caudatus*), Variedad Oscar Blanco

Tamiz Nº	Nº malla		Masa Harina de amaranto		Tiempo (min)	Porcentaje
			Inicial	Retenida		Acumulado
			[g]	[g]		Ac
	Micrones (μm)	(mm)				(%)
1	600	0,6	300,2	0,43	5	0,14
2	250	0,25		2,39		0,79
3	106	0,106		108,9		36,27
4	75	0,075		184,8		61,56
5	53	0,053		2,06		0,68
6	Base			0,22		0,073

Elaboración: Propia

En esta prueba se busca separar por tamaño de partícula la harina antes de ser usado en la extracción, observándose en el cuadro anterior un mayor porcentaje acumulado de 61,56 %. Para la extracción de aceite se probaron tres tamaños de partícula siendo la más adecuada harina de malla de 75 (μm)

6.3.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.-

La cantidad de harina se lo condiciona al tamaño del cartucho y este el del extractor de una masa de 250 gramos.

Figura 29: Extracción del aceite; el sifón con el cartucho con harina de amaranto



6.3.3 SOLVENTE.-

La cantidad de solvente a utilizar debe ser en exceso, debe cubrir toda la muestra, para una extracción óptima
Para el experimento se utilizó hexano

Figura 30: extracción de aceite; solvente –hexano.

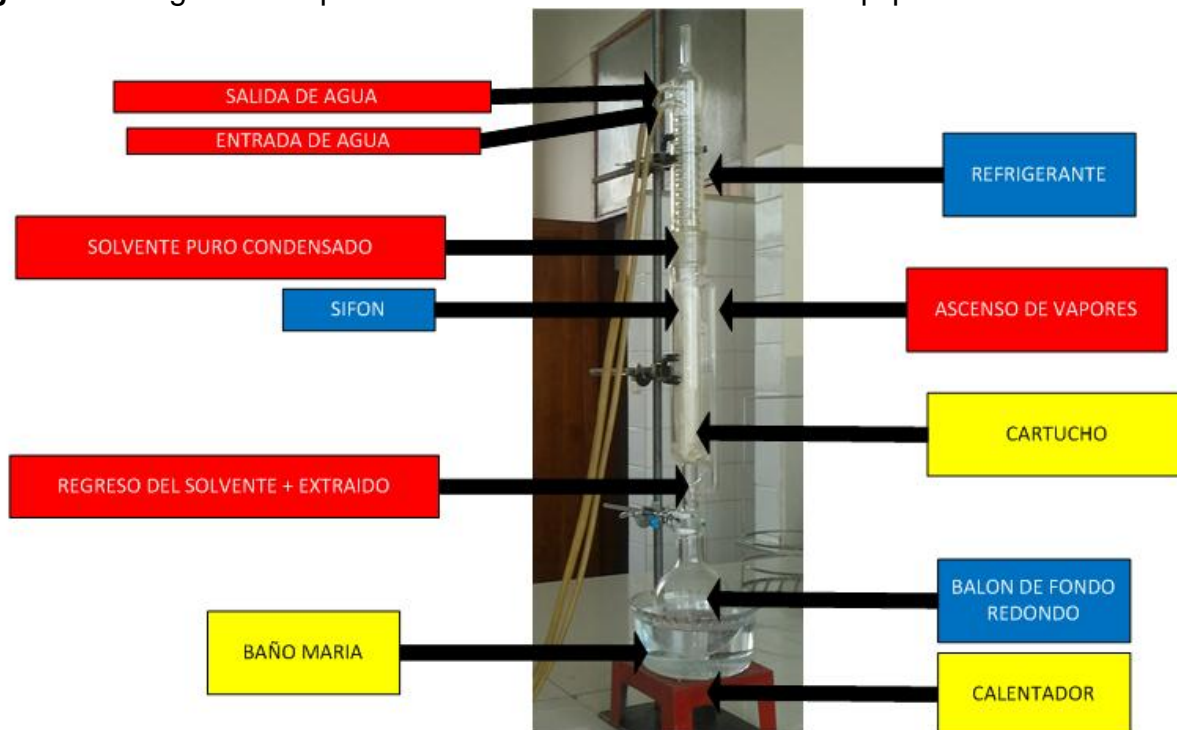


6.3.4 EXTRACCION,-

Se empleó el equipo SOXHLET de 1 litro, para la extracción del aceite de la harina de amaranto.

Las extracciones del aceite se realizaron en la carrera de Química Industrial.

Figura 31: Diagrama del proceso de extracción continua con equipo SOXHLET



Elaboración: Propia

Figura 32: Extracción del aceite; sifón, refrigerante y balón de fondo redondo



Figura 33: Extracción del aceite; mezcla solvente y aceite



Figura 34: Extracción del aceite; harina desgrasada de amaranto



La extracción de amaranto se realizó en el Laboratorio de Química Industrial, donde se armó el equipo SOXHLET de 1 litro, teniendo en cuenta que es un equipo de tres piezas: el balón de fondo redondo, el sifón y el refrigerante.

A continuación se mostraran los datos obtenidos de la extracción del aceite.

Tabla 8: Extracción del aceite de la harina de amaranto (*Amaranthus Caudatus*), Variedad Oscar Blanco con equipo SOXHLET.

Datos del Proceso de Extracción				
m HARINA IDE AMARANTO= 250 g Humedad = 9.36%		m HARINA DESGRASADA = 242,7 g Humedad = 4.06%		V HEXANO = 600 ml
Descarga	Temperatura del agua (baño maría)	Tiempo		
		horas	minutos	segundos
	[°C]	[h]	[min]	[seg]
1	82	0	16	54
2	78	0	26	2
3	69,5	0	32	13
4	70,2	0	39	50
5	72,2	0	50	32
6	74	1	1	11
7	78	1	9	32
8	74	1	23	38
9	79	1	32	39
10	77	1	41	28
11	83	2	2	50
12	73	2	19	40
13	74	2	25	9
14	70,6	2	49	13
15	69,5	2	57	25

Elaboración: Propia

Los datos mostrados en la tabla 8, son el resultado del promedio de 7 extracciones realizadas en laboratorio que se muestran en el Tabla 9. En la extracción del aceite se tiene las descargas realizadas por el sifón tomando en cuenta el tiempo de cada una de ellas, para determinar los parámetros y condiciones óptimas para su extracción, utilizando un equipo SOXHLET. Durante la extracción se controló la temperatura del agua (baño maría) de 70 °C a 83 °C, para calentar el hexano, donde se puede observar que cada 5 descargas el tiempo de descarga es mayor, por el sobrecalentamiento del solvente.

6.3.5 ROTAEVAPORACIÓN.-

La rotaevaporación se llevó a cabo en Cota Cota en los laboratorios de Química de Ciencias Pura.

Figura 35: Rotaevaporación; recuperación del hexano



Figura 36: Rotaevaporación; hexano y aceite de amaranto



La rotaevaporación se llevó a cabo en los Laboratorios de Química de Ciencias Puras previos de Cota Cota, obteniéndose los siguientes datos mostrados en el Tabla 9.

Tabla 9: Rotaevaporación del hexano

Prueba N°	Harina de amaranto	Volumen Hexano		Aceite de amaranto		Rendimiento
		Inicial	Final	Volumen	Masa	
	(gr)	(ml)	(ml)	(ml)	(gr)	%
1	250	600	535	15,1	18,244	7,29
2		600	425	16,5	12,823	5,13
3		600	372	19,8	15,371	6,14
4		600	425	15,7	19,027	7,61
5		600	356	17,2	20,731	6,88
6		600	361	21	17,381	6,95
7		600	200	23,5	19.389	7,75

Elaboración: Propia

Como se puede observar en la Tabla 9, se recuperó el hexano utilizado, separándolo del aceite de amaranto, llegándose a obtener un rendimiento promedio de 7 %. Haciendo una comparación de otras experiencias en la extracción del aceite del *amaranthus hypochondriacus* en el Ecuador es de 4,95%, con el objetivo de introducir un nuevo producto al mercado del aceite encapsulado para su posterior consumo para persona enfermas de corazón, problemas con el sobrepeso, para desnutrición, como prevención para el cáncer y problemas con la piel por sus propiedades nutricionales que son un beneficio muy importante para los consumidores de este grano andino.

6.3.6 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS.-

La determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto se realizó por cromatografía de gases en el laboratorio de INLASA.

Figura 37: Cromatografo de gases; Shimadzu- GC-2010AF



A continuación mostramos los resultados obtenidos en el Tabla 10.

Tabla 10: Perfil de ácidos grasos

Nº	Parámetros	Unidades	Valores
	Perfil de ácidos grasos		
	Ácidos grasos saturados		
1	Palmítico C16:0	%	19,57
2	Esteárico C18:0	%	3,91
	Ácidos grasos mono insaturados		
3	Oleico C18:1	%	26,33
	Ácidos grasos poli insaturados		
4	Linoleico C18:2(Omega 6)	%	45,18
5	Linolenico C18:3	%	5

Elaboración: Propia

Podemos observar un mayor contenido en el ácido graso linoleico hasta un 45,18% seguido del oleico en un 26%, también contiene ácidos palmítico 18,57%, esteárico 3,91% y linolenico 5%.

6.4 APLICACIONES.-

6.4.1 JABON DE AMARANTO.-

El aceite de amaranto es óptimo para la utilización en la manufactura de jabones, porque contiene ácidos palmítico, esteárico y oleico, principales elementos básicos del jabón, para que tenga una actividad superficial. (8)

Figura 38: Aceite de amaranto



Se puede observar en la Tabla 11 los parámetros determinados del aceite de amaranto, los cuales son apropiados para la obtención del jabón de tocador.

Tabla 11: Resultados del análisis físico – químico del aceite de amaranto

N	Parámetros	Unidades	Valores
1	Índice de peróxidos	mEq/Kg	0,2
2	Índice de refracción	1,4676
3	Densidad relativa	g/ml	0,8701
4	Índice de saponificación	mg/100g	161,58
5	Acidez	g/100g	10,63
6	Índice insaponificación	g/100g	6,48
7	Rancidez	negativo
8	Índice de acidez	mg/g	2,11

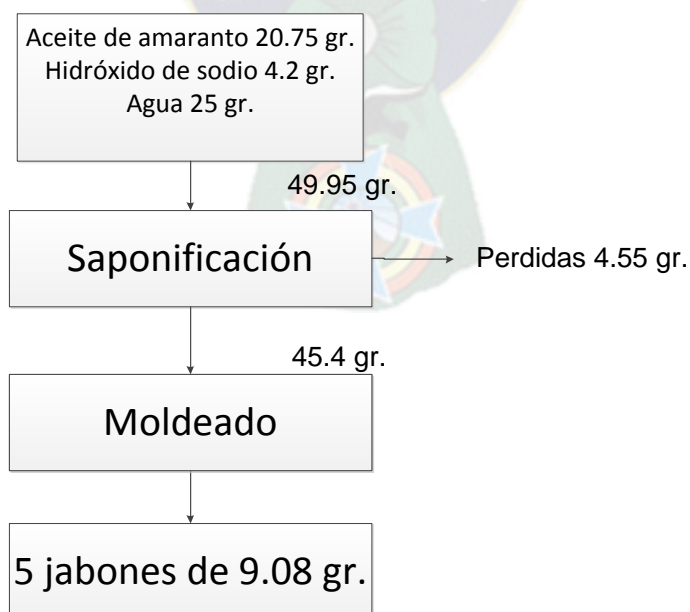
Elaboración: Propia

Figura 39: Diagrama del Proceso para obtención de jabón



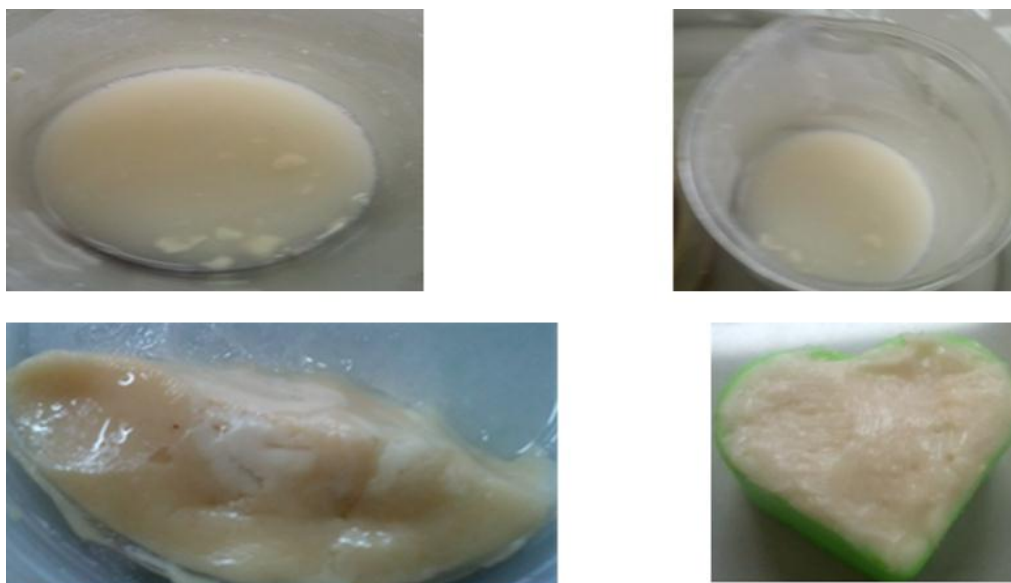
ELABORACION: Propia

Figura 40: Diagrama de flujo del balance de materia del Proceso para la elaboración de jabón



ELABORACION: Propia

Figura 41: Proceso para la elaboración de jabón de amaranto



En este cuadro se pueden observar la tabla de pruebas y cantidades usadas en las experiencias para obtener el jabón de tocador.

Tabla 12: Resultados del proceso de saponificación del aceite de amaranto

Prueba	Aceite	H ₂ O	NaOH	Etanol	NaCl	pH	Tiempo de calentamiento	Tiempo de agitación	Temperatura
	(ml)	(ml)	(gr)	(ml)	(gr)	-	(min)	(min)	[°C]
1	25	25	2.8	-	-	8	30	80	30
2	25	25	5.5	-	-	8	30	80	30
3	25	25	4.2	-	-	8	30	80	30
4	25	25	3.6	6	4	8	70	80	70
5	25	25	2.8	7.5	5,5	8	40	60	70
6	25	25	5.5	16.7	7	8	80	120	70

Elaboración: Propia

En el cuadro N° 18 se puede observar que la elaboración de jabón tiene un rendimiento promedio de 90% y se puede concluir que el aceite es óptimo para la utilización en la manufactura de jabones, porque contiene ácidos palmítico, esteárico y oleico, principales elementos básicos del jabón, para que tenga una actividad superficial.

Tabla 13: Resultados del rendimiento del jabón de aceite de amaranto

Prueba	Masa reactivos	Masa productos	Rendimiento %
1	48.55	36.58	75.37
2	51.25	35.74	69.74
3	49.95	45.4	90.89
4	49.35	42.27	85.65
5	48.55	39.54	81.44
6	51.25	41.82	81.6

Elaboración: Propia**6.4.2 GALLETAS DE AMARANTO.-**

Del análisis físico químico de la harina desgrasada, tiene un importante contenido nutricional, para ser usado como fortificante en la elaboración de galletas, formación y cocción de estas se realizó en el laboratorio de alimentos de Química Industrial.

Figura 42: Características organolépticas

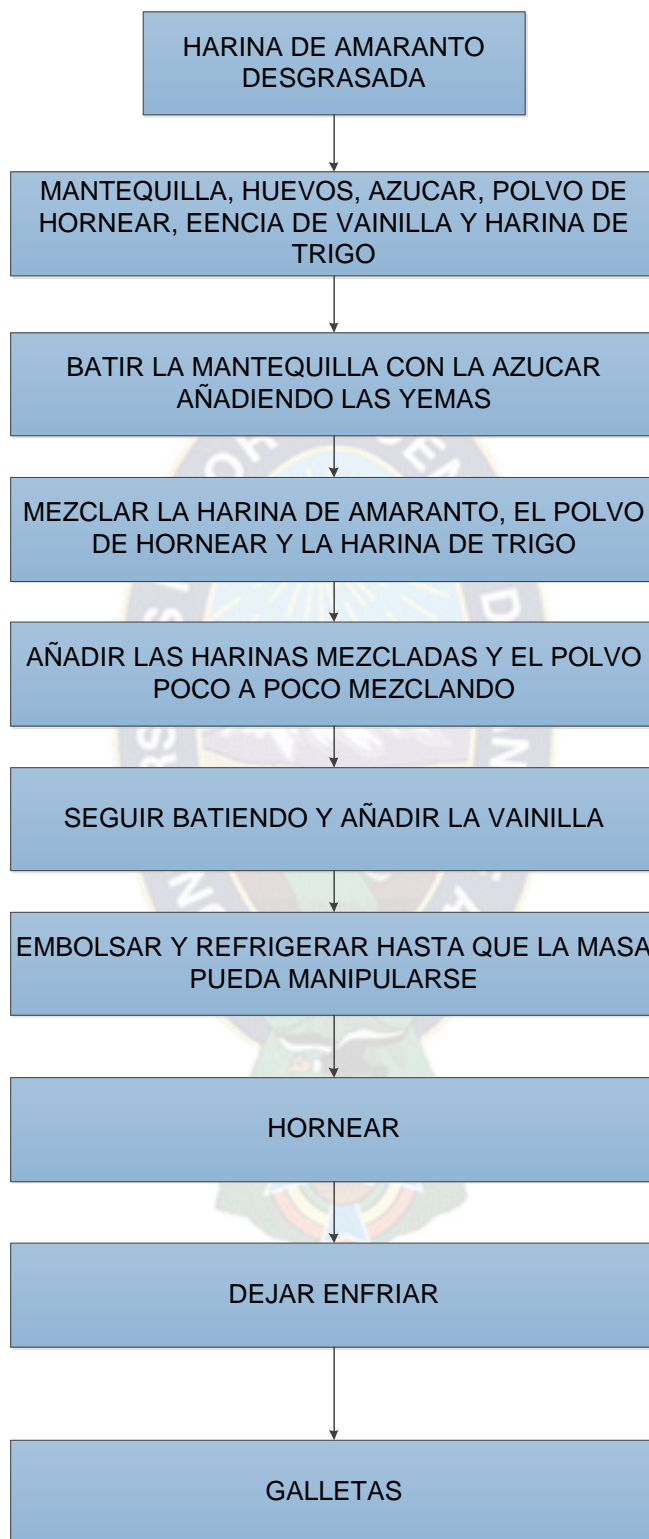
Color	Característico
Olor	Característico
Sabor	Característico
Aspecto	Polvo fino homogéneo

Elaboración: Propia**Tabla 14:** Resultados del análisis físico – químico de la harina de amaranto

N	Parámetros	Unidades	Valores
1	Humedad	g/100g	4,06
2	Cenizas	g/100g	2,53
3	Proteínas	g/100g	5,75
4	Materia grasa	g/100g	0,07
5	Acidez(ac. láctico)	g/100g	0,6
6	Fibra cruda	g/100g	2,76
7	Carbohidratos	g/100g	87,59
8	Valor energético	kcal/100g	384
9	Aflatoxinas totales (B1;B2;G1;G2)	ppb	No se detectan

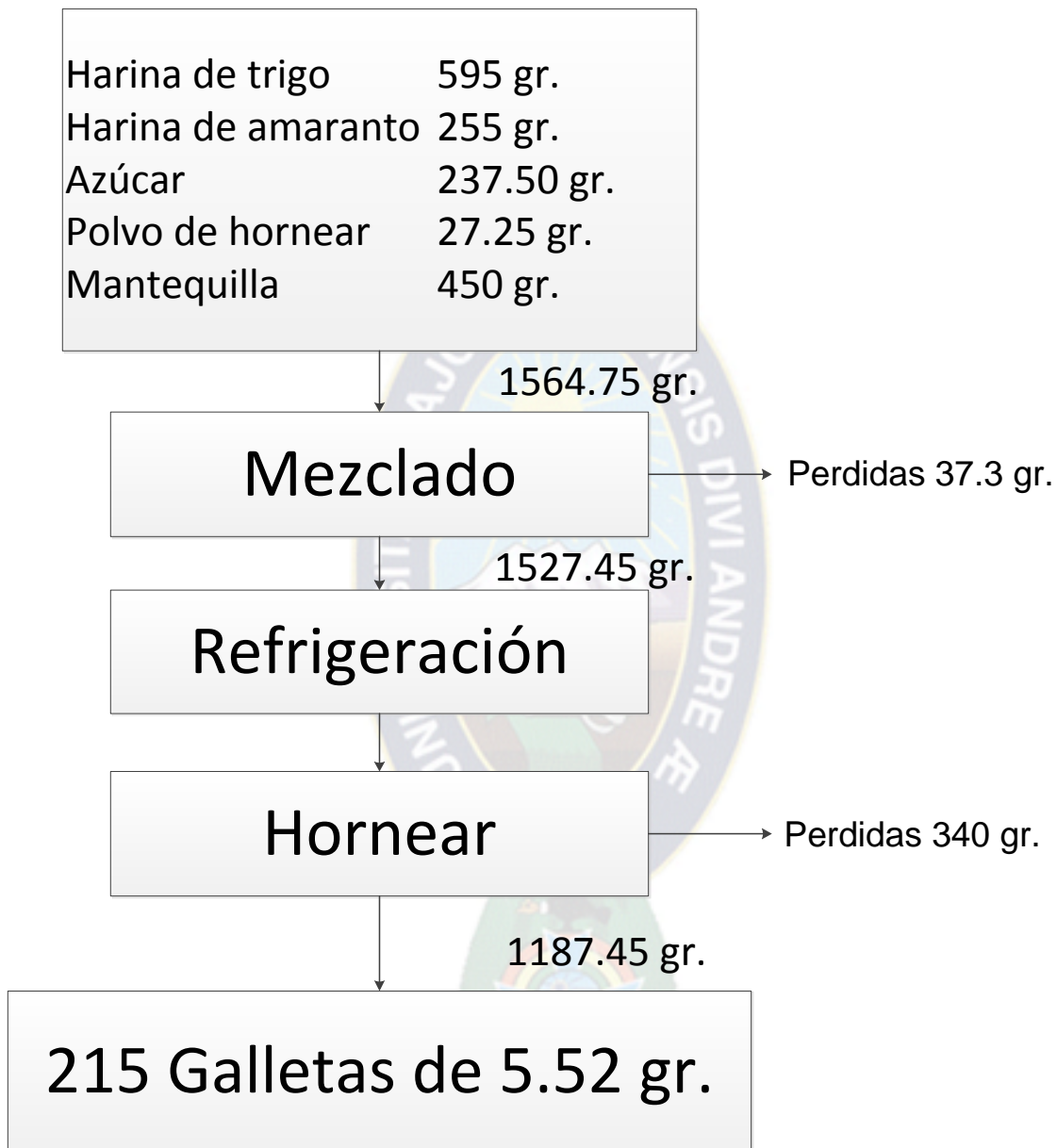
Elaboración: Propia

Figura 43: Diagrama del proceso para la elaboración de galletas



ELABORACION: Propia

Figura 44: Diagrama de flujo del balance de materia del Proceso para la elaboración de galletas



ELABORACION: Propia

Figura 45: Diagrama de flujo del balance de materia del Proceso para la elaboración de galletas



Tabla 15: Resultados del rendimiento de las galletas de amaranto

Prueba	Masa reactivos	Masa productos	Rendimiento %
1	1890.5	1385.05	73.26
2	361.01	314.6	87.14
3	1574.75	1186.8	75.36
4	360.4	310.45	86.14

Elaboración: Propia

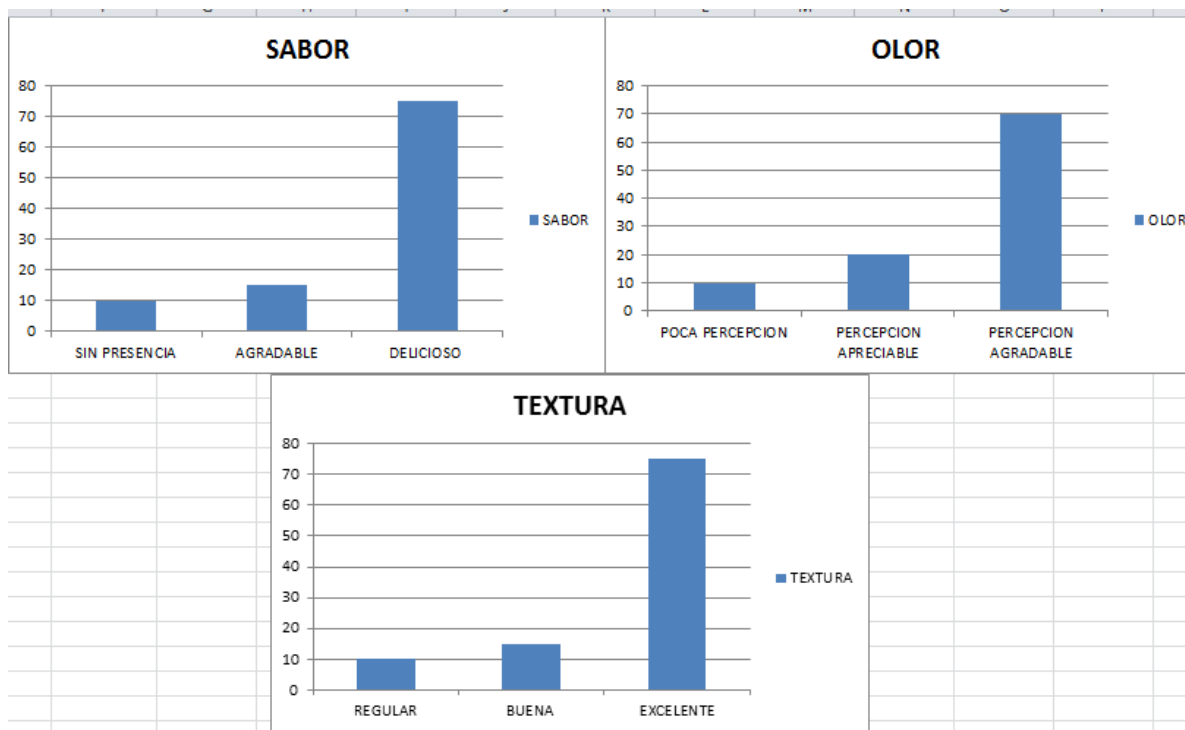
Figura 46: Resultados de la aceptación de galletas de amaranto

Prueba	Harina desgrasada de amaranto	Harina de trigo	Sabor	Olor	Color	Textura
	%	%				
1	20	80	SIN PRESENCIA	POCA PERCEPCION	CAFÉ CLARO	REGULAR
2	25	75	AGRADABLE	PERCEPCION APRECIABLE	CAFÉ CLARO	BUENA
3	30	70	DELICIOSO	PERCEPCION AGRADABLE	CAFÉ CLARO	EXCELENTE

Elaboración: Propia

La formulación, para la elaboración de galletas de amaranto fue al 20%, 25% y 30%, de los cuales se procedió a una encuesta de aceptabilidad de sabor, color y olor, teniendo como mejor aceptación de un grupo de 100 personas, la formulación al 30%, por la percepción del sabor, color y olor, resaltando el valor nutricional que esta galleta le ofrece, mostrando los resultados en el Figura 46.

Figura 47: Resultados de la aceptación del sabor, olor y color de las galletas de amaranto al 30%



Elaboración: Propia

De la encuesta de aceptación de las galletas de amaranto al 30% de amaranto tenemos los siguientes resultados:

- El 72% de los participantes percibieron el sabor característico del amaranto.
- El 70% de los participantes percibieron el olor característico del amaranto.
- La textura de la galleta gustó al 70% de los participantes.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Capítulo IV

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- Se realizó la determinación de las características fisicoquímicas del grano de amaranto (*Amaranthus Caudatus*), Variedad Oscar Blanco, obteniéndose los parámetros optimizados para la extracción del aceite, mostrados en la tabla 16. Datos reportados en el capítulo III.

Tabla 16: Características Físico-químicas del grano Amaranto (*Amaranthus caudatus*), variedad Oscar Blanco

	Parámetros	Resultados
1	Humedad	9.36 %
2	Grasa	7.46 %
3	Proteínas	14.30%
4	Fibra	4.11%
5	Cenizas	2.56%
6	Hidratos de carbono	62.21%
7	Energía	374.1 (kcal/100g)
8	Potasio	46 (mg/100g)
9	Zinc	6,8 (mg/100g)
10	Hierro	1,6 (mg/100g)
11	Sodio	46 (mg/100g)
12	Magnesio	27 (mg/100g)
13	Calcio	102 (mg/100g)

Elaboración: Propia

- La Variedad Oscar Blanco, utilizada en las pruebas de investigación tiene un elevado contenido de proteínas 14.30%.
- La materia grasa cuantificada en el grano de amaranto es de 7.46%, dato reportados en el capítulo III.

- Se realizó la extracción del aceite del grano de amaranto (*Amaranthus Caudatus*), Variedad Oscar Blanco mediante el proceso de extracción continua con equipo SOXHLET, donde se determinó que la humedad óptima para la extracción es de 9,36%.
- Para el método de extracción usado en la investigación se optimizó el proceso para evitar la contaminación del extracto con la misma harina, el tamaño de partícula óptimo para el proceso es de 0.075mm. Se ha logrado un rendimiento del 94% de extracción, quedando en la harina desgrasada un 0.07% y una pérdida de 0.42%.
- Se ha identificado y cuantificado la cantidad de ácidos grasos contenidos en el aceite de amaranto (*Amaranthus Caudatus*), de la extracción con hexano obteniéndose los siguientes resultados mostrados en el Tabla 16

Tabla 17: Perfil de ácidos grasos en el aceite de amaranto *Amaranthus Caudatus*, Variedad Oscar Blanco

Nº	Parámetros	<i>Amaranthus Caudatus</i>	<i>Amaranthus Hypochondriacus</i>
	Perfil de ácidos grasos		
	Ácidos grasos saturados	%	%
1	Palmítico C16:0	19.57	17.57
2	Esteárico C18:0	3.91	3.54
	Ácidos grasos mono insaturados		
3	Oleico C18:1	26.33	31.16
	Ácidos grasos poli insaturados		
4	Linoleico C18:2(Omega 6)	45.18	45.05
5	Linolenico C18:3	5	1.58

Elaboración: Propia

Se puede observar que el porcentaje mayoritario contenido en el aceite de amaranto (*Amaranthus Caudatus*), Variedad Oscar Blanco es el Linoleico C18:2(Omega 6) con 45,18%, seguido del Oleico con un 26%. Haciendo una comparación con el amaranto *Amaranthus Hypochondriacus* investigado en la tesis de Gonzales Carlos en Noviembre 2012 Querétaro México, el amaranto usado en la investigación tiene un mayor contenido de materia grasa, también es óptimo para la utilización en la manufactura de jabones,

- El rendimiento del proceso de saponificación (jabón) fue del 90%, considerando un pH de 8 y la agitación en la mezcla de 80min, el jabón tiene una dureza aceptable y aplicable para su uso como jabón de tocador.
- La harina desgrasada de amaranto, utilizada en la investigación después del análisis, se puede considerar un sub producto de alto contenido de nutrientes para su uso como fortificante en la elaboración de galletas.
- Las galletas elaboradas a base de esta subproducto de amaranto se llevó a la evaluación de aceptación de público en general de un número de 100 participantes siendo el 30% de contenido de amaranto, el más aceptado y degustado.

En conclusión, el grano de amaranto (*Amaranthus Caudatus*), Variedad Oscar Blanco, procedente de la provincia Tomina (Departamento de Chuquisaca), sus características fisicoquímicas de este son adecuadas para la extracción del aceite de amaranto, obtención del jabón de tocador y el subproducto de la extracción como es la harina desgrasada de amaranto para la elaboración de galletas

8.2 RECOMENDACIONES

- ✓ La implementación de una planta piloto para la extracción del aceite usado en varios productos como ser aceite terapéuticos, nutraceutico y en cosméticos.

BIBLIOGRAFÍA



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ROJAS Wilfredo-COLABORADORES Libro Granos Andinos avances, logros y experiencias desarrolladas en Quinoa, Cañahua y Amaranto en Bolivia Bioersity Internacional, Roma, Italia 2010.
2. ROJAS Reyna Proyecto de grado “Obtención de harina de amaranto de dos variedades ” Universidad Mayor de San Andrés Facultad Técnica Carrera Química Industrial La Paz- Bolivia 2012
3. CORTEZ Marcelo, Trabajo final “Plan Huautli” Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Comercio y Administración Unidad Santo Tomas México D.F, Octubre 2008.
4. CRIOLLO Priscila & FAGARDO Sandra, Tesis Valor Nutritivo y Funcional de la Harina de Amaranto (*Amaranthus Hyridus*) en la preparación de galletas Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Químicas Escuela de Bioquímica y Farmacia Cuenca- Ecuador 2010.
5. SOTERAS Edgar, Tesis “Obtención y Formulación de una bebida en base de Granos de Amaranto” Universidad Nacional del Litoral Facultad de Ingeniería Química Provincia de Santa Fe-argentina-2011.
6. BONOLI Laura, Trabajo de Grado “Evaluación del proceso para extraer proteínas totales del follaje de Amaranto (*Amaranthus Dubius*) “Universidad del Oriente Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Barcelona, Agosto 2010.
7. INSTITUTO BOLIVIANO DE COMERCIO EXTERIOR – IBCE Perfil de mercado Granos nativos quinoa y amaranto correspondiente al resultado 3 de la consultoría “Evaluación del impacto comercial del biocomercio en Bolivia – situación actual y perspectivas” Bolivia Marzo 2009.
8. ARIZA JOSE & COLABORADORES Biblioteca de trabajos libres Extracción y Refinación del aceite de amaranto X Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería Sociedad Mexicana Puerto Vallarta Jalisco Septiembre 2003.

9. BERNARDINI E. Libro "Tecnología de aceites y grasas "1ra edición España 1986.
10. CEPEDA Ricardo "Modulo de Tecnología de Cereales y Oleaginosas" Santa fe de Bogotá D.C. 1991
11. Reynaga Libro "Comparación de Granos Andinos Cañahua, Amaranto y Quinoa" Facultad técnica-UMSA 2014
12. REYNOSOS Estefanny Tesis "Investigación y análisis de la planta y cereal amaranto para su posicionamiento en el consumo diario en la ciudad de Quito" Universidad Tecnológica Equinoccial Facultad de Turismo y Preservación Ambiental Hotelería y Gastronomía Quito – 2008
13. BARRALES Brito & Gallardo Navarro Revista de salud pública y nutrición "Modificación de la digestibilidad de proteínas en diferentes condiciones de temperatura y humedad en el reventado de amaranto" Universidad de Guanajuato & Universidad Autónoma de Nuevo León Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos Mayo de 2012 Monterrey, N.L., México.
14. GONZALES Carlos Tesis "Evaluación Fisicoquímica y Capacidad Antioxidante del Aceite de Amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*) y Estabilidad de Diferentes Sistemas de Encapsulación" Facultad de Química Universidad Autónoma De Querétaro Noviembre 2012 Querétaro México.
15. Castañeta Juan & COLABORADORES proyecto de investigación "Evaluación de las propiedades mecánicas en harinas de amaranto termoformadas (*amaranthus caudatus*), con polvillo de fique" Facultad de Ciencias Agropecuarias Colombia Marzo 2008.
16. RODAS Brenda & BRESSANI Ricardo proyecto de investigación "Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto" Instituto De Investigaciones Universidad Del Valle De Guatemala 2009.
17. NUÑEZ Carlos Texto libre "Extracción con equipo Soxhlet" versión agosto 2007.

18. DEL 36 Documentación Límites Exposición Profesional instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo 2007
19. PETRERO Daniel & PANGBORN Rose libro “Evaluación sensorial de los alimentos métodos analíticos” Alambra México.
20. ANZALDUA Antonio libro “la evaluación sensorial de los alimentos en teoría y práctica” Zaragoza España.



ANEXOS I

METODOS ANALITICOS



ANEXOS I

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

La humedad se obtuvo pesando 10 g de muestra en recipientes tarados y secos, las muestras fueron extendidas uniformemente en los recipientes. Se colocó las sustancias dentro de la estufa previamente calentada a 105°C así como sus tapas por tres horas. Para retirar de la estufa se taparon con sus respectivas cubiertas y fueron transferidos a un desecador y se pesaron tan pronto al alcanzar la temperatura ambiente. Se evitó todo contacto con las manos.

Se repitió el secado nuevamente por una hora a las mismas condiciones anteriores, una vez enfriadas las muestras volver a pesar.

Se repitió el procedimiento hasta conseguir peso constante.

El contenido de humedad presente en la muestra se expresa en porcentaje de masa mediante la siguiente ecuación:

$$H = [(M_1 - M_2)/(M_1 - M_0)] * 100$$

Dónde:

H = Humedad en % (en masa)

M₀ = Peso del recipiente vacío con su tapa en g.

M₁ = Peso del recipiente y su tapa, con la muestra sin secar en g.

M₂ = Peso del recipiente con su tapa con la muestra seca en g.

El contenido de humedad se realizó por duplicado, tomando como resultado la media aritmética.

N	M ₀	M ₁	M ₂	Humedad
	(g)	(g)	(g)	%
1	33.3987	43.4269	42.4800	9.44
2	33.9298	44.8767	43.8698	9.13
Promedio				9.30

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE MATERIA GRASA

El contenido de materia grasa se obtuvo pesando 5 g de muestra (granulometría uniforme) en el papel filtro, se envolvió la muestra de tal forma que se evite la pérdida de materia prima formando un cartucho. El cartucho es introducido en el extractor Soxhlet y se agregó al balón recolector de grasa 200 ml de reactivo hexano.

Se realizó la extracción por un tiempo de 6 horas, verificando q el solvente gotee desde el centro del refrigerante hasta el centro del cartucho a una velocidad constante y manteniendo constante el volumen del solvente durante la extracción. Se recuperó el solvente por rotaevaporación.

El contenido de materia grasa presente en el grano de amaranto se calculó con la siguiente ecuación:

$$EMG = (M_2 - M_1) / M * 100$$

Dónde:

EMG = Extracto de materia grasa en % (en masa)

M₁ = Masa del balón de recolección vacío, en g.

M₂ = Masa del balón más el extracto de materia grasa obtenido en g.

M = Masa de la muestra analizada en g.

Los análisis se realizaron por duplicado y se tomaron como resultado la media aritmética.

N	M	M₁	M₂	Grasa
	(g)	(g)	(g)	%
1	5	170.6018	170.9710	7.42
2	5	170.3743	170.7495	7.56
Promedio				7.49

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico se realizó de una muestra de 25g.

Se debe realizar una correcta limpieza del material, siguiendo los siguientes pasos:

- Lavar el material con detergente líquido, enjuagar con abundante agua de la llave varias veces y al final con agua destilada.
- Una vez lavado el material se debe meter a una estufa a 100°C aproximadamente para su secado.

Limpiar y desinfectar con alcohol el lugar de trabajo.

Preparación de material para su esterilización

Esterilización del material de vidrio

- ✓ Cajas de petri: se envuelven individualmente con papel madera.
- ✓ Tubos con tapón de algodón: se arman grupos de 10 tubos, y se envuelven en papel madera.
- ✓ Pipetas: en la parte superior de la misma se coloca un tapón de algodón y luego se envuelven con papel bien ajustado en forma individual.
- ✓ Balón de fondo plano: en la parte superior de la misma se coloca un tapón de algodón y luego se envuelven con papel bien ajustado solo la boquilla.
- ✓ Tubos con tapa a rosca de plástico: Se colocan tapados con la tapa semi enroscada, con un capuchón envueltos en papel madera.
- ✓ El material debe prepararse previo a la esterilización en autoclave

N	Temperatura [°C]	Tiempo [min]
1	5	10
2	121	20

- ✓ La autoclave debe calentarse hasta una temperatura de 5
- ✓ Luego rebajar el fuego, esperar que llegue a una temperatura de 0
- ✓ Posteriormente aumentar el fuego y dejar hasta que se eleve la temperatura a 121.
- ✓ Esperar a que enfrié para poder sacar los materiales

Preparación de medios de cultivo para su esterilización

- ✓ Medios de cultivos las soluciones: se colocan en matraces Erlenmeyer individuales con tapón de algodón y capuchón de papel.

Preparación de la Peptona (Agar)

Para 1 muestra

0,1g → 100ml $m_{peptona}=0.5g$

x → 500ml

Una vez preparada la peptona, en un matraz se añade 225ml de peptona y se agrega 25gr del grano de amaranto, se agita para su posterior uso.

- ✓ Preparación de Laury Tryptose Broth LTB (caldo)

35.6g → 1000ml $m_{peptona}=1.78g$

X → 50ml

- ✓ Preparación de Potato Conts Agar PCA (Mesofilos)

19g → 1000ml $m_{peptona}=1.9g$

X → 100ml

- ✓ Preparación de Mckonkey MC (Coliformes totales)

50g → 1000ml $m_{peptona}=5g$

X → 100ml

- ✓ Preparación de Potato dextrosa agar PDA (Mohos y levaduras)

39g → 1000ml $m_{peptona}=3.9g$

X → 100ml

Para el análisis microbiológico se debe preparar dos diluciones de 1/100 (-2) y 1/1000(-3), considerando que se tiene un diagrama de este procedimiento de cómo se realiza las diluciones en la figura

Parámetro	Incubación			
	Tiempo	Temperatura	Agar	CANTIDAD DE AGAR
Mesofilos	48 horas	35 °C-37 °C	PCA	20ml
Coliformes totales	48 horas	35 °C-37 °C	MC	20ml
Mohos y levaduras	5 días	25 °C	PDA	20ml

DETERMINACIÓN DEL CALOR SUMINISTRADO DEL HORNO

Las ecuaciones son:

$$\dot{W} = \frac{Q}{t} = \frac{m C_p \Delta T}{t} = \frac{m C_p (T_2 - T_1)}{t}$$

❖ Cálculo de M

$$M = \frac{\text{Peso del solido humedo al inicio} - \text{Peso del solido al final del proceso}}{\text{Peso del solido al final del proceso}}$$

$$M = \frac{(1.5 - 1.2)}{1.2}$$

$$M = 0,25 \text{ Kg}$$

❖ Cálculo de BH = Base húmeda

$$BH = \frac{M}{1 + M} \times 100 \% = \frac{0,25}{1 + 0,25} \times 100\%$$

$$BH = 20 \%$$

❖ Cálculo del Cp del solido

$$C_p \text{ solido} = \left[\frac{BH}{100} + \frac{0,2 (100 - BH)}{100} \right] \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$

$$C_p \text{ solido} = \left[\frac{20}{100} + \frac{0,2 (100 - 20)}{100} \right] \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$

$$C_p \text{ sólido} = 0,36 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$

❖ **Cálculo del W calor suministrado**

$$\dot{W} = \frac{m C_p (T_2 - T_1)}{t}$$
$$\dot{W} = \frac{1,60 \times 0,36 (210 - 32)}{0,32}$$

$$\dot{W} = 320,4 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$



ANEXOS II

REPORTES



ANEXOS II

LABORATORIO DE ANALISIS Y SERVICIOS DE ASESORAMIENTO EN ALIMENTOS




REPORTE DE RESULTADOS

Solicitante : UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
: Atn. Lic. Arturo Reynaga
Muestra : Amaranto en grano
Reporte : 129/14
Fecha : 4 de Noviembre de 2014

MUESTRA	Humedad %	Grasa %	Proteina %	Fibra %	Cenizas %	Hidratos de Carbono %	Energia (Kcal/100 g)
1	9.36	7.46	14.30	4.11	2.56	62.21	374.1

* Nota: Los análisis se realizaron sobre muestra enviada al laboratorio por el solicitante.

Cochabamba, 4 de Noviembre de 2014


Ing. Elsa Alcocer Vargas
RNI 7.254
Jefe de Laboratorio


Ing. Mario L. Saravia Aquino
RNI 6.428
Director LA Y SAA S.R.L.



Av. Villazon N°2401 Frente al SENAC
Telf.: (04)4491914
elaysaa@yahoo.es
Cochabamba - Bolivia

**LABORATORIO DE ANALISIS Y SERVICIOS
DE ASESORAMIENTO EN ALIMENTOS**



REPORTE DE RESULTADOS


Solicitante : UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
Atn. : Lic. Arturo Reynaga
Muestra : Amaranto en grano
Reporte : 130/14
Fecha : 4 de Noviembre 2014


N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
1	Contenido de almidon	%	54
2	Indice de Absorción de agua	%	3.18
3	Indice de Solubilidad en agua	%	22.31
4	Contenido de almidosa	%	16.15
5	Azucares invertidos	%	6.38
6	Azucares reductores	%	7.11
7	Indice de Yodo	meq/Kg	131.15
8	Indice de peroxidos	meq/Kg	7
9	Indice de Expansión	-	4.52
10	Indice de Saponificación	meq/Kg	173
11	Indice de expansión	%	5.32
12	Colesterol	mg	0.15
13	Tamaño de grano de almidon	(μ)	1.2
14	Temperatura de gelatinización	°C	78
15	Acidez expresado en Acido sulfúrico	%	0.18



* Nota: Los análisis se realizaron sobre muestras enviadas al laboratorio por el solicitante.

Cochabamba, 04 de Noviembre de 2014


Ing. Elsa Alcócer Vargas
RNI 7.254
Jefe de Laboratorio


Ing. Mario L. Saravia Aqu
RNI 6.428
Director LA Y SAA S.R.L.

Av. Villazon N°2401 Frente al SENAC
Telf: (04)4491914
elaysaa@yahoo.es
Cochabamba - Bolivia

**LABORATORIO DE ANALISIS Y SERVICIOS
DE ASESORAMIENTO EN ALIMENTOS**



REPORTE DE RESULTADOS


Solicitante : UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
Atn. : Lic. Arturo Reynaga
Muestra : Amaranto en grano
Reporte : 131/14
Fecha : 4 de Noviembre 2014

PRUEBAS CUANTITATIVAS

N°	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
1	Reacción de Eber	Negativo
2	Determinación de oxidabilidad	Variable determinante es la temperatura superior a 29°C.

* Nota: Los análisis se realizaron sobre muestras enviadas al laboratorio por el solicitante.

Cochabamba, 04 de Noviembre de 2014


Ing. Elsa Alcocer Vargas
RNI 7.254
Jefe de Laboratorio




Ing. Mario L. Saravia Aquino
RNI 6.428
Director LA Y SAA S.R.L.

Av. Villazon N°2401 Frente al SENAC
Telf.: (04)4491914
elaysaa@yahoo.es
Cochabamba - Bolivia



LABORATORIO DE ANALISIS DE ALIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

Nº de Muestra: 21/15

Producto: Grano de Sesamo

Ensayo de metales: Potasio, Calcio, Zinc,
 Hierro, Sodio, Magnesio.

Ciente: Proyecto IDH "Investigación y Diseño de un Prototipo de expansor
 Continuo de Amaranto Ciudad de La Paz"

Dirección Ciente: Av. Arce N.-2299
 Zona Sopocachi

Condiciones de la muestra: Envase de polietileno

Fecha de muestreo: 27 de Abril de 2015

Fecha de ingreso a laboratorio: 28 de Abril de 2015

Fecha de análisis: 29 de Abril de 2015



RESULTADOS

Parámetro	Simbolo	Valor encontrado (mg/100g)
Potasio	K	46
Calcio	Ca	102
Zinc	Zn	6,8
Magnesio	Mg	27
Hierro	Fe	1,6
Sodio	Na	46

La Paz, Abril de 2015

Lic. Elsa M. Huanca H.
 Analista

Lic. Osvaldo Valenzuela Méndez
 Jefe de Laboratorio de Análisis



Ing. Cesar Ruiz O.
 Director
 Carrera de Química Industrial

DIRECCIONES: Av. Arce N° 2299 - E-mail: ftdecano@correo.umsa.bo - Cajón Postal N° 6911 - Centrales: 2442527 - 2442598 - Fax: 2441992
CARRERAS: Aeronáutica: 2441154 - Construcciones Civiles: 2440953 - Electricidad: 2443538 - Electrónica y Telecomunicaciones: 2440764 - 2440105
 Electromecánica: 2441098 - Mecánica Automotriz: 2441655 - Mecánica Industrial: 2408847 - Materias Básicas: 2408664
 Química Industrial: 2441520 - Topografía y Geodesia: 2441401 - Curso Pre Facultativo: 2406055 (Calle Potosí esq. Yanacocho)
UNIDADES: Dirección Administrativa: 2441599 - Dpto. Computación: 2444278 - Biblioteca y Kárdex: 2441574 - Instituto de Investigaciones y Aplicaciones Tecnológicas: 2440973 - Unidad de Postgrado: Int. 49 - Administración: 2408186 (Calle Potosí). - UDI: 2445765



LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Página: 1 de 1

No. LCA-FR-38-1655-15	Muestra: ACEITE DE AMARANTO (VARIEDAD OSCAR BLANCO)		
Nombre de Cliente: Unidad de Vigilancia Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria - UVCCIA			
Dirección del cliente: Pasaje Rafael Zubieta No 1889			
Procedencia: La Paz			
Envase: Frasco de vidrio	Cantidad:		50 ml
Acta de muestreo: 405304	Tarjeta de muestreo: 56806		
Fecha de muestreo: 2015-10-23	Hora:	11 h 15	
Fecha de ingreso a laboratorio: 2015-10-26	Hora:	12 h 00	
Fecha de análisis: 2015-10-27	Hora:	08 h 30	

RESULTADO

CARACTERES ORGANOLÉPTICOS NB 33020-2008

Color	CARACTERISTICO
Olor	CARACTERISTICO
Sabor	CARACTERISTICO
Aspecto	CARACTERISTICO

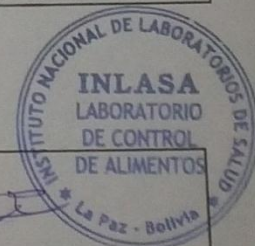
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	LÍMITE
Indice de Peroxidos	0,20	mEq02/Kg	NB 34008-2203	Sin Limite de Referencia
Indice de Refraccion	1,4676	-----	NB 34003-2003	Sin Limite de Referencia
Densidad Relativa	0,8701	g/ml	NB 34021-2004	Sin Limite de Referencia
Indice de Saponificacion	161,58	mg/100g	NB 34005-2006	Sin Limite de Referencia
Acidez	10,63	g/100g	NB 34004-2003	Sin Limite de Referencia
Materia Insaponificable	6,48	g/100g	NB 34007-2006	Sin Limite de Referencia
Rancidez	Negativo	-----	NB 34009-2006	Sin Limite de Referencia
Indice de acidez	2,11	mg/g	NB 34004-2003	Sin Limite de Referencia

CLASIFICACION: ACEITE DE AMARANTO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO
PERFIL ACIDOS GRASOS			
Acidos grasos Saturados			
Palmitico C16:0	19,57	%	Cromatografia Gaseosa
Estearico C18:0	3,91	%	Cromatografia Gaseosa
Acidos grasos Mono Insaturados			
Oleico C18:1	26,33	%	Cromatografia Gaseosa
Acidos Grasos Poli Insaturados			
Linoleico C18:2 (omega 6)	45,18	%	Cromatografia Gaseosa
Linolenico C18:3	5,0	%	Cromatografia Gaseosa

Analista(s) - Dra. Deydi Vasquez - Dra. Esperanza Guillon

La Paz, 9 de Noviembre del 2015



 M. Sc. Bruna Montalvo Riveros RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS INLASA RESPONSABLE TÉCNICO	 M. María R. Castro Cusicanqui DIRECTORA GENERAL EJECUTIVA "INLASA" DIRECTORA GENERAL EJECUTIVA
---	--

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al Laboratorio.
Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del Laboratorio.



LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

Página: 1 de 1

No. LCA-FR-38-1648-15	Muestra: HARINA DE AMARANTO 2/15
Nombre de Cliente: Unidad de Vigilancia Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria - UVCCIA	
Dirección del cliente: Pasaje Rafael Zubieta No 1889	
Procedencia: La Paz	
Envase: Bolsa de polietileno	Cantidad: 250 g
Acta de muestreo: 405304	Tarjeta de muestreo: 56805
Fecha de muestreo: 2015-10-23	Hora: 11 h 15
Fecha de ingreso a laboratorio: 2015-10-26	Hora: 08 h 30
Fecha de análisis: 2015-10-27	Hora: 08 h 30

RESULTADO

CARACTERES ORGANOLÉPTICOS	
Color	CARACTERISTICO
Olor	CARACTERISTICO
Sabor	CARACTERISTICO
Aspecto	POLVO FINO HOMOGENEO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	LÍMITE
Humedad	4,06	g/100g	NB 662-1996	Sin Limite de Referencia
Cenizas	2,53	g/100g	NB 664-1996	Sin Limite de Referencia
Proteinas	5,75	g/100g	ISO 20483-2006	Sin Limite de Referencia
Materia Grasa	0,07	g/100g	NB 103-1997	Sin Limite de Referencia
Acidez (ac. Lactico)	0,60	g/100g	NB 39006-2002	Sin Limite de Referencia
Fibra Cruda	2,76	g/100g	NB 312028	Sin Limite de Referencia
Carbohidratos	87,59	g/100g	NB 312031-2010	Sin Limite de Referencia
Valor energetico	384	Kcal/100g	NB 312032-2006	Sin Limite de Referencia

CLASIFICACION: HARINA DE AMARANTO (2/15)

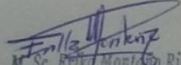
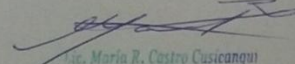
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	LÍMITE
Aflatoxinas Totales (B1,B2,G1,G2)	No se detectan	ppb	REF.	Sin Referencia de Norma

REF. MANUAL DE ANALISIS QUIMICO DE ALIMENTOS INSTITUTO ADOLFO LUTZ BRASIL

Analista(s): - Dra. Deydi Vasquez - Dra. Lenny Reyes - Dra. Carmen Anispe - Dra. E. Mendoza - Dra. Esperanza Guillen

La Paz, 9 de Noviembre del 2015



 M. Sc. Erick Montoya Riveros RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS INLASA RESPONSABLE TÉCNICO	 Dra. María R. Castro Cusicanqui DIRECTORA GENERAL EJECUTIVA INLASA
---	---

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al Laboratorio. Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del Laboratorio.

Dirección: Rafael Zubieta N° 1889 (lado del Estado Mayor General del Ejército) Miraflores Casilla M - 10019
 Teléfono: 2224078 - 2226048 - 2226670 - 2225194 - 2225198; Fax: 591-2-2228254 - 22255007
 Pagina web: www.inlasa.gob.bo. La Paz - Bolivia

ANEXOS III

FOTOS Y DIAGRAMAS



ANEXOS III

Figura 48: Planta de amaranto (*Amaranthus caudatus*) variedad Oscar Blanco



Figura 49: Grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*) variedad Oscar Blanco



Figura 50: Análisis microbiológico: Preparación de la muestra

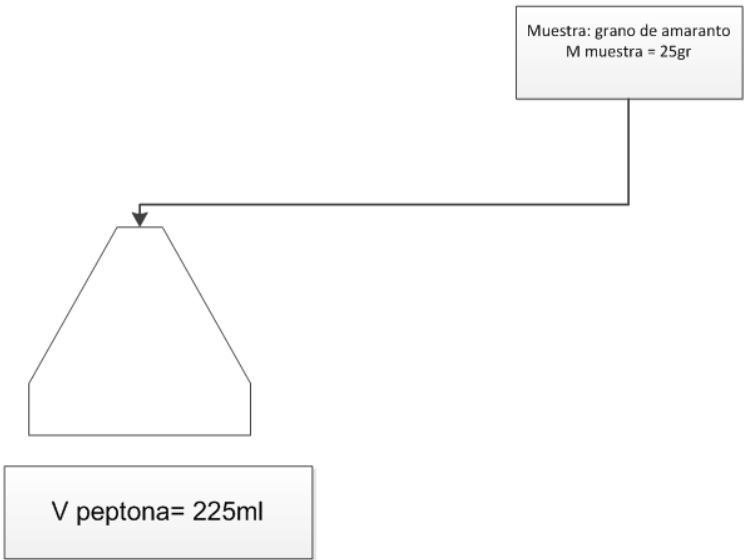


Figura 51: Análisis microbiológico: Preparación de la muestra

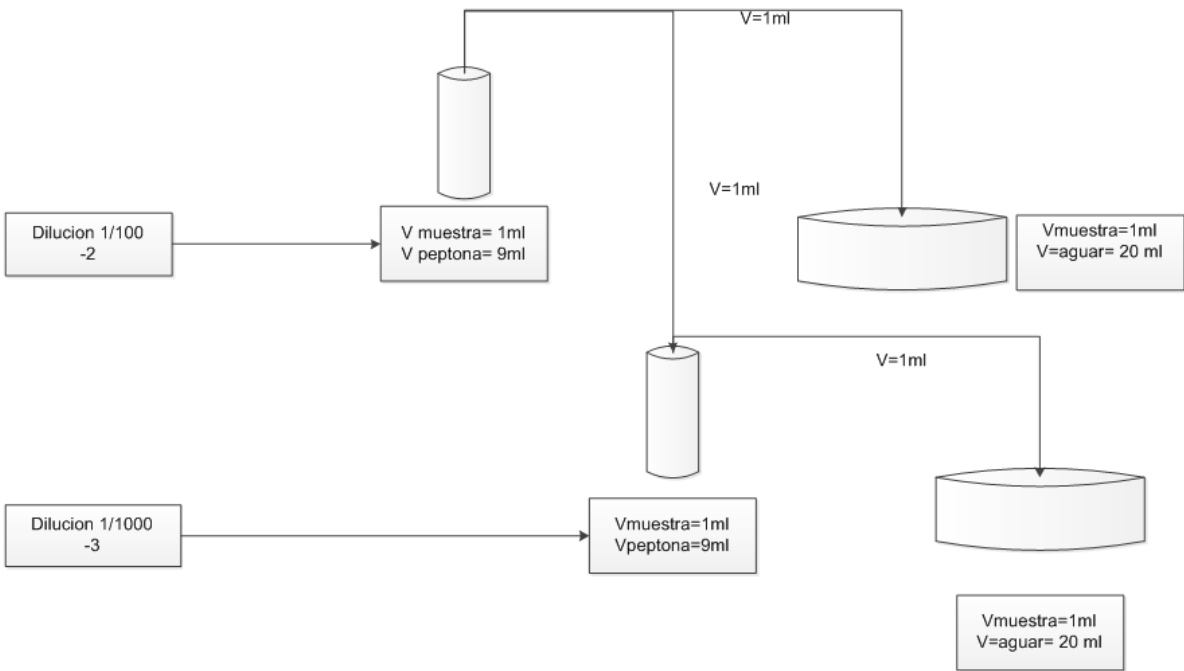


Figura 52: Harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) variedad Oscar Blanco



Figura 53: Extracción del aceite de amaranto (*Amaranthus caudatus*) variedad Oscar Blanco mediante Equipo SOXHLET



Figura 54: Derivados de amaranto (*Amaranthus caudatus*) variedad Oscar Blanco; aceite jabón, harina y galletas



aceite de amaranto



jabón de amaranto



galletas de amaranto

