



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
Ingeniera Agropecuaria.

Título del Proyecto de Investigación:

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA EN
GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) PRODUCIDOS EN LA FINCA
EXPERIMENTAL LA MARÍA”

Autor de la Investigación:

Jeniffer Alexandra Coronel Rivera

Director del Proyecto de Investigación:

Dr. Camilo Alexander Mestanza Uquillas

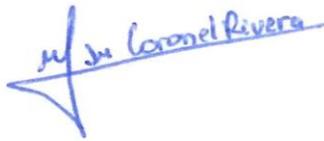
Mocache – Los Ríos – Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jeniffer Alexandra Coronel Rivera**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Jeniffer Alexandra Coronel Rivera

C.I. 1207562727

AUTORA



Acreditada

Teléfonos : FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ : (593 -05) 753 300 / 753 303 / 752 177

[E.mail.info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp_91@yahoo.es

Ecuador

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



CASILLAS

Guayaquil

:10672

Quevedo : 73

Quevedo – Los Ríos –

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. Camilo Alexander Mestanza Uquillas**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Jeniffer Alexandra Coronel Rivera**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA EN GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) PRODUCIDOS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LA MARÍA**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente,

Dr. Camilo Alexander Mestanza Uquillas
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Quevedo, 28 de noviembre del 2018

Ingeniero
Gerardo Segovia Freire
COORDINADOR DE CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

De mi consideración:

Dado que el suscrito es conocedor que el proyecto de investigación titulado “**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA EN GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) PRODUCIDOS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LA MARÍA**”, de autoría del señorita **Jeniffer Alexandra Coronel Rivera**, estudiante de la carrera de INGENIERÍA AGROPECUARIA, del cual fui designado Profesor Tutor de Trabajo de investigación. Proyecto que ha sido analizado a través de la herramienta URKUND, no incluyendo las listas de fuentes de comparación entre las cuales se encuentran las páginas preliminares de caratula, declaración de auditoria, certificación, agradecimientos, dedicatoria, índices, entre otras fuentes que no son utilizadas en el texto de la tesis.

Por lo expresado, CERTIFICO que el porcentaje validado por el URKUND es de **5% de similitud** (Figura 1), el mismo que es permitido por el mencionado Software, por lo cual solicito la continuación con los trámites pertinentes para solicitar fecha de sustentación del proyecto de investigación del señorita **Jeniffer Alexandra Coronel Rivera**.

Figura 1. Certificación del porcentaje de confiabilidad (95%) y similitud (5%) de URKUND.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	tesis tercera reunion.docx
	TESIS FINAL_Kathy - copia.docx
	TESIS FINAL_KATHI - Copia.docx
	TESIS JOHN PINARGOTE.docx
	http://scielo.sit.rii.edu/revista/obj/articulos/1_arnesi/objetos/18_45571/017000100009
	Carlos Vilacis. Perfil del proyecto de titulación. Ing. petroquímica.docx
	HUAMAN VIERA, SHUAN.docx
	UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR(1).docx
	REVISIÓN.docx
	http://www.quotidiana.gub.uy/economia/quinoa.htm
	http://www.boliviachemistryjournal.org/QUIMICA/2010/17B/1%20PDF/14_SAPONINS_IN_OUB...
	http://www.pscome.gov/glossary/index.cfm?st=51

Atentamente,

Dr. Camilo Mestanza Uquillas

DOCENTE TUTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA EN GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) PRODUCIDOS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LA MARÍA”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Gerardo Segovia Freire M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dr. Gregorio Vásquez Montufar.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Jaime Vera Chang M.Sc

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por todas sus bendiciones.

A mis familiares que siempre estuvieron dispuestos a ayudarme en las adversas situaciones de la vida, brindando su apoyo moral y en ocasiones económico.

A mi compañero de vida le agradezco por toda aquella comprensión y confianza que siempre me tuviste en este proceso, por la motivación brindada y por todo el inmenso amor.

A mis compañeros de aula porque de alguna manera hicieron que estos cinco años en la universidad sean los mejores. En especial a mi mejor amiga Asmeyhi por todas las aventuras juntas. A Jeffer por las hermosas traspasadas las cuales serán inolvidables.

A mi tutor por la confianza, y el apoyo en nuestro proyecto de investigación el cual fue todo un éxito.

A mis docentes quienes con su conocimiento enseñanza y colaboración aportaron en mi formación personal y profesional. Y a la universidad en general por todos los conocimientos otorgados.

Al Instituto de Fomento al Talento Humano, entidad la cual facilitó mis estudios universitarios económicamente.

A toda aquella persona que de alguna manera colaboró con este proyecto de investigación, como el personal de laboratorio de bromatología.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y mis padres, por el apoyo desmedido durante mi formación académica, quienes auguraron lo mejor para mi futuro. También a mis hermanos que les sirva como una guía de que todo es posible si ellos se lo proponen. Este logro en gran parte es gracias ustedes mi familia por ser la fuente de inspiración y motivación para superarme, los amo. A mi compañero de vida por todo el tiempo brindado con mucha paciencia y amor.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Finca Experimental La María perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en el km 7 ½ de la vía Quevedo – El Empalme, ubicada en la provincia de Los Ríos. El objetivo general fue determinar el contenido de saponina y proteína en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) producidos en la Finca Experimental La María. Se empleó el diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Para lo cual se evaluaron las siguientes variables: altura de la columna de espuma (cm), contenido de saponina (%) y contenido de proteína (%) en las semillas de quinua. La metodología empleada para la obtención de datos del contenido de saponina fue mediante el método espumo de Koziol establecido en la Norma INEN 1 672. Para proteína se empleó el método Kjeldahl. Según la evaluación se encontró que gran parte de los 30 genotipos evaluados pertenecen a la categoría de amargos, tan solo seis de ellos son dulces lo cual corresponde al 20% del total. Mientras veinticuatro genotipos son amargos siendo el 80%. El contenido de proteico de los genotipos evaluados varia de 12.23 a 19.82%. Acorde a lo establecido en el Codex Alimentarius determinándose su aceptabilidad.

Palabras claves: Saponina, proteína, Koziol, quinua.

ABSTRACT

The present research was carried out in the Laboratory of Bromatology of the Experimental La Maria Farm belonging to the Quevedo State Technical University located in the 7 ½ km of the Quevedo - El Empalme road, located in the province of Los Ríos. The overall objective was to determine the content of saponin and protein in quinoa genotypes (*Chenopodium quinoa* Willd) produced at La Finca Experimental Farm. The experimental design was completely randomized with three replicates. For this, the following variables were evaluated: foam column height (cm), saponin content (%) and protein content (%) in quinoa seeds. The methodology used to obtain saponin content data was by the Koziol foaming method established in INEN Standard 1 672. The Kjeldahl method was used for protein. According to the evaluation it was found that most of the 30 genotypes evaluated belong to the bitter category, only six of them are sweet which corresponds to 20% of the total. While twenty-four genotypes are bitter being 80%. The protein content of the evaluated genotypes varies from 12.23 to 19.82%. In accordance with the provisions of the Codex Alimentarius, its acceptability being determined.

Key words: Saponin, protein, Koziol, quinoa.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
TABLA DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
ÍNDICE DE ECUACIÓN	xvi
CÓDIGO DUBLIN	xvii
Introducción	1
CAPÍTULO.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación.	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación de problema.	5
1.1.3. Sistematización del problema.	5
1.2. Objetivos.	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.	6
1.3. Justificación.	6
CAPÍTULO II.....	7
2.1. Marco conceptual.....	8

2.2. Marco referencial.....	9
2.2.1. Antecedentes históricos.....	9
2.2.2. Importancia del cultivo.....	9
2.2.3. Importancia económica.....	10
2.2.4. Zonas de producción del cultivo.....	10
2.2.5. Producción mundial de quinua.....	10
2.2.6. Características botánicas de la quinua.....	10
2.2.7. Características nutricionales de la semilla.....	11
2.2.8. Proteína de la quinua.....	12
2.2.9. Funciones de las proteínas.....	12
2.2.10. Las propiedades funcionales de las proteínas.....	13
2.2.11. Proteínas funcionales y péptidos bioactivos.....	13
2.2.12. Saponinas de la quinua.....	13
2.2.13. Estructura química de la saponina.....	14
2.2.14. Características de las saponinas.....	15
2.2.15. Propiedades físicas de las saponinas.....	15
2.2.16. Propiedades químicas.....	15
2.2.17. Variedades cultivadas de quinua.....	16
2.2.18. La agroindustria y transformación de la quinua.....	17
2.2.19. Procesamiento de la quinua.....	17
2.2.20. Eliminación de las saponinas.....	18
2.2.21. Métodos de determinación de saponina.....	18
2.2.22. Desaponificación de la saponina.....	19
2.2.23. Método de desaponificación.....	19
2.2.24. Normas del Codex para la quinua.....	20
CAPITULO III.....	21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21

3.1. Localización.....	22
3.2. Tipo de investigación.....	22
3.2.1. De laboratorio.....	22
3.2.2. Diagnóstica.....	22
3.3. Métodos de investigación.....	23
3.3.1. Descriptiva.....	23
3.3.2. Método de observación.....	23
3.3.3. Método deductivo.....	23
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	23
3.4.1. Primaria.....	23
3.4.2. Secundarias.....	23
3.5. Diseño de la investigación.....	23
3.6. Instrumentos de investigación.....	24
3.6.1. Determinación del contenido de saponina.....	24
3.7. Tratamiento de los datos.....	27
3.7.1. Análisis de la varianza.....	28
3.8. Recursos humanos y materiales.....	28
3.8.1. Materiales y equipos.....	28
CAPÍTULO IV.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Resultados.....	31
4.1.1. Altura de la columna de espuma.....	31
4.1.2. Contenido de saponina (%)......	32
4.1.3. Porcentaje de proteína.....	34
4.2. Discusión.....	35
4.2.1. Saponina.....	35
4.2.2. Proteína.....	35

CAPITULO V	37
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
5.1. Conclusiones.....	38
5.2. Recomendaciones	39
CAPITULO VI.....	40
BIBLIOGRAFÍA	40
BIBLIOGRAFÍA	41
CAPITULO VII	48
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página.
Tabla 1.	Condiciones agroclimáticas del cantón Mocache, 2018.	22
Tabla 2.	Análisis de la varianza	24
Tabla 3.	Esquema del experimento	27
Tabla 4.	Promedios de la altura de la columna de espuma en genotipos de quinua.	31
Tabla 5.	Promedios de contenido de saponina (%) en genotipos de quinua	32
Tabla 6.	Clasificación de los genotipos de quinua producidos en la Finca Experimental La María	33
Tabla 7.	Promedios de porcentaje de proteína en genotipos de quinua	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página.
Anexo 1.	Análisis de la varianza para la variable altura de la columna de espuma, en quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i> Willd)	49
Anexo 2.	Análisis de varianza para la variable contenido de saponina, en quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i> Willd).	49
Anexo 3.	Análisis de varianza para la variable porcentaje de proteína, en quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i> Willd)	49
Anexo 4.	Semillas de quinua	50
Anexo 5.	Rotulación	50
Anexo 6.	Quinua sumergida en agua	50
Anexo 7.	Agregando agua destilada	50
Anexo 8.	Determinación de saponina	50
Anexo 9.	Altura de la columna de espuma	50
Anexo 10.	Peso de las muestras	51
Anexo 11.	Quinua molida	51
Anexo 12.	Vertiendo ácido sulfúrico	51
Anexo 13.	Muestras en Block Digest	51
Anexo 14.	Proceso de digestión	51
Anexo 15.	Titulación	51

ÍNDICE DE ECUACIÓN

Ecuación		Página.
Ecuación 1	Porcentaje de saponina	26
Ecuación 2	Porcentaje de proteína	27

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA EN GENOTIPOS DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> WILLD) PRODUCIDOS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LA MARÍA.”			
Autor:	Jeniffer Alexandra Coronel Rivera			
Palabras claves:	Saponina	Proteína	Koziol	Quinua
Fecha de publicación:				
Editorial:				
Resumen:	<p>Resumen. - La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Finca Experimental La María perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en el km 7 ½ de la vía Quevedo – El Empalme, ubicada en la provincia de Los Ríos. El objetivo general fue determinar el contenido de saponina y proteína en genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) producidos en la Finca Experimental La María. Se empleó el diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Para lo cual se evaluaron las siguientes variables: altura de la columna de espuma (cm), contenido de saponina (%) y contenido de proteína (%) en las semillas de quinua. La metodología empleada para la obtención de datos del contenido de saponina fue mediante el método espumo de Koziol establecido en la Norma INEN 1 672. Para proteína se empleó el método Kjeldahl. Según la evaluación se encontró que gran parte de los 30 genotipos evaluados pertenecen a la categoría de amargos, tan solo seis de ellos son dulces lo cual corresponde al 20% del total. Mientras veinticuatro genotipos son amargos siendo el 80%. El contenido de proteico de los genotipos evaluados varía de 12.23 a 19.82%. Acorde a lo establecido en el Codex Alimentarius determinándose su aceptabilidad.</p> <p>Abstract. The present research was carried out in the Laboratory of Bromatology of the Experimental La Maria Farm belonging to the Quevedo State Technical University located in the 7 ½ km of the Quevedo - El Empalme road, located in the province of Los Ríos. The overall objective was to determine the content of saponin and protein in quinoa genotypes (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) produced at La Finca Experimental Farm. The experimental design was completely randomized with three replicates. For this, the following variables were evaluated: foam column height (cm), saponin content (%) and protein content (%) in quinoa seeds. The methodology used to obtain saponin content data was by the Koziol foaming</p>			

	<p>method established in INEN Standard 1 672. The Kjeldahl method was used for protein. According to the evaluation it was found that most of the 30 genotypes evaluated belong to the bitter category, only six of them are sweet which corresponds to 20% of the total. While twenty-four genotypes are bitter being 80%. The protein content of the evaluated genotypes varies from 12.23 to 19.82%. In accordance with the provisions of the Codex Alimentarius, its acceptability being determined.</p>
Descripción	69 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
URI:	

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es considerada un súper alimento por sus excelentes propiedades nutricionales, entre las que destacan su alto contenido proteico, además tiene todos los aminoácidos, elementos traza y cantidades significativas de vitaminas (1). Sin embargo, además de sus componentes nutricionales, la quinua contiene saponinas, unas sustancias de sabor amargo localizadas principalmente en el epispermo del grano, que deben ser eliminadas antes del consumo humano (2).

Es un cultivo con alto potencial para contribuir con la seguridad alimentaria a nivel mundial. Posee notable capacidad de adaptación a diferentes regiones agroecológicas y gradiente altitudinal. Los principales países productores de quinua en América Latina son: Perú, Bolivia y Ecuador, la producción se está expandiendo a otros continentes y actualmente se cultiva en varios países (3).

La quinua tiene algunas propiedades funcionales como solubilidad, capacidad de retención de agua, gelificación, emulsificación y formación de espuma que permiten múltiples usos de las semillas (4). Su contenido de proteína es notable y la composición de los aminoácidos esenciales es excelente. El valor nutricional de la proteína es comparable al de la leche (5).

Las saponinas son compuestos glucosídicos, poseen una estructura que contiene dos partes: glucona y aglucona. La parte glucona está compuesta por azúcares sencillos de 1 a 5 unidades; mientras que la parte aglucona, conocida como sapogenina, consta de un esqueleto de tipo del tipo esteroidal (C 27) o triterpenoide (C 30) los granos pueden ser muy amargos si contienen saponinas en concentración >0.11 y granos dulces $<0.11\%$ (6).

Las saponinas son consideradas anti nutricionales en los alimentos. Sin embargo, investigaciones han demostrado diversas actividades biológicas favorables para la salud, entre ellas propiedades antibacterianas, anti fúngica, entre otras (7). Además las saponinas son una clase importante de compuestos anti fúngicos ya que a menudo están presentes en niveles relativamente alto en plantas y han sido implicadas como una determinada resistencia de las plantas al ataque de hongos (8).

A nivel industrial, las semillas de quinua se procesan con el propósito de reducir su sabor amargo y ser empleadas en la fabricación de diversos productos alimenticios. Los agricultores de quinua, por tradición, han realizado la remoción de este grupo de compuestos por medio de lavados sucesivos con agua o a través de abrasión mecánica, dando lugar a la

generación de volúmenes considerables de residuos sólidos y a la contaminación de las aguas naturales (9).

Sin embargo, el creciente interés por las propiedades farmacológicas de las saponinas, la evolución tecnológica que ha tenido lugar en el análisis de metabolitos secundarios y el auge que ha alcanzado el consumo de alimentos ancestrales a nivel mundial, posicionan a la quinua como una fuente de un subproducto rico en saponinas, pero poco explorado (9).

Los aminoácidos son los compuestos básicos de la proteína y esta es el componente básico de todos los tejidos de nuestro cuerpo. Debido a la incapacidad de nuestro cuerpo para producirlos, es esencial obtenerlos de la dieta. Por peso seco la quinua proporciona un 16% de proteína, que es más alta que la mayoría de los cereales, es considerado una fuente proteica completa (10).

El presente estudio permitirá determinar el contenido de saponinas y proteína en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) producidos en la Finca Experimental La María que aún no han sido identificados, y esto podrá contribuir a determinar los genotipos dulces y amargos a cultivar. Para determinar saponinas se empleará el método establecido por Koziol. En cuanto a proteínas se efectuará con el método de Kjeldahl en los diferentes genotipos de quinua.

CAPÍTULO

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El inconveniente que tiene la semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), radica en el contenido de saponina que son considerados compuestos tóxicos para el ser humano, se presentan en varias concentraciones y dependen de las variedades de plantas amargas o dulces. Se debe emplear métodos de desaponificación sin embargo en el proceso de extracción de saponinas se aumenta el costo de producción y nivel de contaminación ambiental. Por lo tanto es necesario emplear genotipos de quinua dulces y reducir costos.

El cuerpo humano no puede producir proteínas que son esenciales para el crecimiento y el mantenimiento de la estructura corporal, frente a esta situación es necesario consumir alimentos ricos en proteínas de forma obligatoria en la dieta alimentaria que pueden suplir la demanda. Una ingesta deficiente de proteína puede causar graves problemas de desnutrición.

Diagnóstico.

En la actualidad es importante determinar las concentraciones de saponinas en las semillas, para obtener variedades con bajo contenido de estas sustancias y lograr que el proceso subsiguiente a la cosecha sea leve y no con lleve a la pérdida de nutrientes. Por aquello es clave determinar el material genético a cultivar, razón por la cual se propone esta investigación.

La necesidad de consumir alimentos funcionales actualmente es de gran interés, para el correcto funcionamiento del cuerpo humano. Determinando el contenido de proteína en los genotipos de quinua es de vital importancia, frente a la necesidad de alimentos con impacto positivo frente a la nutrición humana.

Pronóstico.

Dentro una colección de germoplasma se encuentra las características fenotípicas y genéticas, debido a esta variabilidad es necesario contar con material que además de contener buenas características agronómicas tenga excelente composición química en las semillas de quinua, y evitar pérdidas económicas, por la procedencia de materiales desconocidos.

1.1.2. Formulación de problema.

Se determinará el contenido de saponina y proteína en las semillas de quinua, resultado que servirá para identificación de las variedades con bajas y altas concentraciones de saponina y proteína con las mejores características en la Finca Experimental La María.

1.1.3. Sistematización del problema.

¿La identificación de los genotipos de quinua dulces y amargo y su contenido de proteína cultivados bajo las condiciones agroclimáticas de la Finca Experimental La María, contribuirán a futuras plantaciones que serán de calidad y utilidad para la industria alimenticia?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Determinar el contenido de saponina y proteína en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) producidos en la Finca Experimental La María.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Identificar los genotipos de quinua dulces bajo las condiciones agroclimáticas de la Finca Experimental La María.
- Determinar los genotipos de quinua amargos bajo las condiciones agroclimáticas de la Finca Experimental La María.
- Evaluar el contenido de proteína en los genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).

1.3. Justificación.

La quinua es un alimento de gran valor nutricional, sin embargo el contenido de saponina en las semillas pueden ser tóxicos cuando se encuentran en altos porcentajes llegando a ser perjudiciales para la salud humana al momento de consumirlos y además conlleva a elevar los costos de producción, porque es necesario eliminar las saponinas mediante un proceso que además requiere instrumentos e instalaciones. Mientras que los genotipos de quinua dulce también se requerirán del proceso pos cosecha, el cual será leve y no demandará mucho tiempo e inversión.

Frente a estos inconvenientes se planteó la investigación que identificará los genotipos de quinua dulce y amarga, sabiendo que los genotipos amargos son defensivos ante el ataque de plagas y enfermedades sin embargo pueden disminuir sus propiedades nutricionales.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Saponinas: Son metabolitos secundarios, ampliamente distribuidos en las plantas superiores, en las que se presentan en forma de glucósidos. Sus soluciones acuosas al ser agitadas forman una espuma estable y abundante (11).

Proteína: Son consideradas macromoléculas, constituida por un conjunto de aminoácidos de bajo peso molecular; desempeñan funciones que se relacionan a acciones catalíticas (enzimas), de transporte (albúmina), estructurales (colágeno), reguladores (hormonas), defensivas (anticuerpos) y como tal son una fuente de energía y de calor (12).

Genotipos: Es la colección de genes de un individuo. El término también puede referirse a los dos alelos heredados de un gen en particular (13).

Método Koziol: Determina el contenido de saponina mediante la espuma (2).

Método Kjeldahl: Se utiliza en la industria química para determinar el nitrógeno existente en las materias orgánicas e inorgánicas. Dicho método es aplicado también en la determinación de aminoácidos, proteínas y otras sustancias de tipo nitrogenado (14).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Antecedentes históricos.

La quinua, grano originario de los Andes sudamericanos, forma parte de la vida del mundo andino desde antes de la formación del Tahuantinsuyo, siendo parte de la alimentación a través de diversas formas (15). Es un grano perteneciente a la familia de las Quenopodiáceas, su existencia data de hace 5000 años y sus primeros cultivos se dieron en Bolivia y Perú, siendo una de las principales fuentes de proteínas en la alimentación de los pobladores de ésta región (16). En la actualidad la quinua se encuentra en franco proceso de expansión porque representa un gran potencial para mejorar las condiciones de vida de la población de los Andes y del mundo moderno (17).

2.2.2. Importancia del cultivo.

Existe diversidad en especies de quinua y actualmente se postula como alternativa entre los alimentos de origen vegetal para reemplazar a la proteína animal. Este pseudocereal puede tener distintas formas de presentación, lo que permite su uso en una amplia variedad de productos. Por ello, este alimento puede determinar una línea de actuación importante en las estrategias diseñadas para alimentar adecuadamente a la creciente población mundial de manera sostenible (18).

La quinua desde 1996 fue catalogado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, como uno de los cultivos promisorios de la humanidad no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana en el mundo (19).

La quinua posee facultades de fácil adaptación a condiciones climáticas adversas. Es susceptible a la humedad en las primeras fases de desarrollo. Entre sus proteínas destaca lisina, la arginina e histidina, es rica en metionina y cistina además contiene minerales y vitaminas (20).

La quinua es una planta alimentaria que tiene facultades de adaptabilidad a condiciones adversas del clima, tolera el frío y sequía; es susceptible al exceso de humedad en las primeras fases de desarrollo, su desarrollo es anual, posee un excepcional equilibrio de proteínas, grasas y carbohidratos. Entre sus proteínas destacan la lisina (importante para el

desarrollo del cerebro) y la arginina e histidina, básicos para el desarrollo humano durante la infancia. Igualmente es rica en metionina y cistina, en minerales como hierro, calcio, fósforo y vitaminas (21).

2.2.3. Importancia económica.

La quinua, al igual que el maíz, el amaranto, el frijol, la papa y muchos otros cultivos nativos, posee grandes valores nutricionales y se ha constituido como uno de los principales alimentos de las personas campesinas. La quinua es un alimento poco húmedo y esto se convierte en una ventaja para su conservación, investigaciones demuestran que este grano es un alimento completo, pues se encuentran reunidos hidratos de carbono, proteínas y grasas más que en otros alimentos (16).

2.2.4. Zonas de producción del cultivo.

En nuestro país los productores de quinua se establecen en seis provincias que tienen gran superficie cultivada: Chimborazo, Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Pichincha y Carchi (22).

2.2.5. Producción mundial de quinua.

Perú sigue siendo el principal exportador mundial de quinua que lo lidera desde 2014 al lograr colocar en el mercado internacional 44 mil toneladas en el 2016, lo que representó el 47.3% del volumen total exportado. Le siguen: Bolivia (31.4%), EE.UU (5.6%) y Países Bajos (3.6%) (23).

2.2.6. Características botánicas de la quinua.

La quinua entre sus características se conoce como una planta alimenticia de desarrollo anual y que alcanza una altura entre 1 y 3 metros; sus hojas son anchas y con formas distintas en una misma planta; el tallo central tiene hojas lobuladas y quebradizas, así como puede o no tener ramas, estas diferencias varían dependiendo de la variedad o densidad de siembra; sus flores son pequeñas y no tienen pétalos. Son hermafroditas por lo que en la mayoría de los casos se auto fertilizan. Su fruto es seco y mide aproximadamente 2 mm de diámetro. Su periodo vegetativo varía entre 150 y 240 días. Pueden cultivarse desde el nivel del mar hasta los 3900 metros (24). Existen aproximadamente 3000 ecotipos de quinua variando desde verde morado y rojo (25).

La semilla es el fruto maduro sin el perigonio, aproximadamente de 1.8 a 2 mm de diámetro el color de la semilla puede ser amarillo, café, crema, plomo, blanco o translúcido. El pericarpio, contiene saponina en la mayoría de los granos. El epispermo, se encuentra bajo el pericarpio, que cubre al embrión, formado por dos cotiledones y la radícula, y envuelve al perisperma en forma de anillo. El perisperma, de color blanco, presenta la sustancia de reserva constituido mayormente por granos de almidón. El embrión constituye la mayor proporción de la semilla (25%), mientras que en los cereales corresponde solo el 1%; de allí el alto valor nutritivo de la quinua (26).

El fruto de la quinua se forma en el perigonio, éste último recubre una sola semilla y se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. La semilla está conformada por tres partes bien definidas.

Epispermo: Presenta una capa externa conocida como pericarpio (membrana rugosa, quebradiza y seca que se desprende con facilidad por frotamiento, contiene las saponinas)

Perisperma: Ocupa la parte central de la semilla y encierra una masa de gránulos de almidón pequeños. - **Endospermo:** Conformado por el embrión, además contiene los cotiledones y la radícula.

Endospermo: Conformado por el embrión, además contiene los cotiledones y la radícula (27).

2.2.7. Características nutricionales de la semilla.

La planta de quinua tiene diferentes usos, sin embargo el producto primario es la semilla ha adquirido importancia internacional por ser uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es rico en proteínas y posee todos los aminoácidos esenciales para el ser humano. Asimismo, la quinua posee un alto contenido de vitaminas del complejo B, C y E, además de minerales tales como: hierro, fósforo, potasio y calcio (28).

Para algunas poblaciones del mundo incluir proteínas de alta calidad en sus dietas constituye un problema, especialmente en aquellas que escasamente consumen proteína de origen animal y deben obtener proteínas de cereales, leguminosas y otros granos. Aun cuando el aporte energético de estos alimentos es adecuado, las concentraciones insuficientes de aminoácidos esenciales (AAE) pueden contribuir a aumentar la prevalencia de la desnutrición (29).

La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo el más rico posee 10 aminoácidos esenciales entre ellos lisina y azufrados, mientras que por ejemplo las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos. Sin embargo, a pesar de su buen contenido de nutrientes, las investigaciones realizadas concluyen que los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. Estas sustancias son los glucósidos denominados saponinas (30).

2.2.8. Proteína de la quinua.

El contenido proteico de la semilla de quinua varía entre un 12 y 23% de su peso seco (31). Por lo tanto constituyen proteínas de alto valor biológico, con todos los aminoácidos, incluidos los esenciales, es decir, los que el organismo es incapaz de fabricar y por tanto requiere ingerirlos con la alimentación. Los valores de aminoácidos en la proteína de los granos de quinua cubren los requerimientos recomendados para niños en edad preescolar, escolar y adultos (32). Información de la FAO dice que los aminoácidos de la proteína de quinua se encuentran en la concentración idónea para solventar la demanda de todos los grupos etarios y esto le otorga un elevado valor (33).

No obstante, la importancia de las proteínas de la quinua radica en la calidad: son principalmente del tipo albúmina y globulina. Estas tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales, parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche. Se ha encontrado también que las hojas de quinua tienen alto contenido de proteínas de buena calidad. Además, las hojas son ricas en vitaminas y minerales, especialmente en calcio, fósforo y hierro (34).

Las proteínas son polímeros lineales en los que las unidades monoméricas son los aminoácidos, que se pliegan en una notable diversidad de formas tridimensionales que les proporcionan una correspondiente variedad de funciones (35). Son sustancias orgánicas que en griego significa “Lo más importante” se componen de varios elementos (C, H, O, N a menudo A y P) el nitrógeno imparte muchas de las propiedades específicas de nitrógeno (36).

2.2.9. Funciones de las proteínas.

Las proteínas son macromoléculas más versátiles en los sistemas y cumplen funciones cruciales en prácticamente todos los procesos biológicos. Funcionan como catalizadores,

transportan y almacenan otras moléculas como el oxígeno, proporcionan soporte mecánico y protección inmune, generan movimiento, transmiten impulsos nerviosos y controlan el crecimiento y la diferenciación humana (37).

2.2.10. Las propiedades funcionales de las proteínas.

Pueden clasificarse en tres grupos principales:

Propiedades de hidratación: dependientes de las interacciones proteína agua. Incluye propiedades tales como la absorción y retención de agua, hinchado, adhesión, dispersibilidad, solubilidad y viscosidad.

Propiedades texturales: dependientes de las interacciones proteína-proteína, y que intervienen en fenómenos tales como la precipitación, la gelificación y la formación de estructuras diferentes.

Propiedades superficiales: las cuales están relacionadas con la formación de emulsiones y espumas (28).

2.2.11. Proteínas funcionales y péptidos bioactivos.

En los últimos años el interés por el estudio y el desarrollo de alimentos funcionales y nutracéuticos ha experimentado un gran incremento, tanto por su evidente valor terapéutico como por su gran interés para la industria alimentaria, dada la gran repercusión económica que supone la comercialización de este tipo de alimentos y de los productos que los contengan (38). Los alimentos funcionales se definen como los alimentos y componentes alimentarios que, tomados como parte de la dieta, proporcionan beneficios más allá de sus valores nutricionales tradicionales, bien sea mejorando una función del organismo o reduciendo el riesgo de enfermedad, en tanto que los nutracéuticos serían los componentes de los alimentos que aportan un beneficio añadido para la salud de carácter médico, incluyendo la prevención y el tratamiento de enfermedades (38).

2.2.12. Saponinas de la quinua.

Las pequeñas semillas de quinua están recubiertas de una delgada membrana o pericarpio que contiene hasta un 4% de saponina, sustancia sumamente amarga y que produce abundante espuma al agitar la semilla en agua (28).

Los compuestos contenidos en el mojuelo de quinua tienen diversas aplicaciones pues son glucósidos triterpenoide, que han sido estudiados por sus actividades antimicrobianas, anti fúngicas, antivirales e inmunológicas para mejorar respuestas inmunes y de mucosa. Podrían ser utilizadas en la industria farmacéutica, cosmética, alimenticia, aplicada a detergentes y en la industria minera. Se sabe que concentraciones de saponinas entre 5 y 6% son frecuentemente empleadas en formulaciones de jabones, champú sales de baño y otras aplicaciones (insecticida natural) (39).

La saponina es soluble en agua, por lo que para su consumo se recomienda el lavado del grano con abundante agua y darle frotaciones para eliminarle la mayor parte de saponina. Todas las quinuas tienen saponina incluso las variedades dulces. La connotación “dulces” proviene del hecho de que registran cantidades infinitesimales de saponina, pero no significa ello que las dulces puedan consumirse sin el proceso de desaponificación. Naturalmente este proceso será más simple en las quinuas dulce que en las amargas, pero es inevitable hacerlo, pues la saponina es tóxica e imprime un sabor amargo al grano (40).

La saponina de la quinua tiene un papel de defensa contra plagas como los pájaros e insectos, a nivel de la maduración fisiológica de la planta. Actualmente la saponina forma parte de las sustancias que están siendo investigadas para el tratamiento alternativo de la leishmania. Las saponinas tienen un amplio rango de actividades biológicas tales como su acción antimicótica, antiviral, anti cancerígena, hipolesterolémica, hipoglucémica, antitrombótica, diurética, antiinflamatoria y molusquicida. Por hidrólisis de las saponinas se obtienen las sapogeninas esteroidales, de gran interés para la industria farmacéutica por ser precursores en la síntesis de hormonas y corticoides (41).

Las saponinas se pueden clasificar en dos grupos según la naturaleza de su esqueleto aglicona. El primer grupo denominado saponina esteroides consiste se encuentran en las plantas angiospermas monocotiledóneas. Mientras el segundo grupo saponinas triterpenoide, que son el más común están presentes en la angiospermas dicotiledóneas. Y también se considera un tercer grupo llamado aminos esteroides (42).

2.2.13. Estructura química de la saponina.

Las saponinas son productos naturales derivados de distintas especies vegetales tales como yuca, ginseng, quinoa, quilla, cañihua etc. Estas moléculas están clasificadas, por su estructura, como glucósidos esteroidales o triterpénicos, se caracterizan por las propiedades

semejantes a las del jabón: cada molécula está constituida por una parte lipofílica (esteroidal o terpenica) y otra hidrofílica (glicosidos) (43).

2.2.14. Características de las saponinas.

Las saponinas presentan un grupo de características generales que sirven de base para su identificación rápida:

- 1) Producción de espuma al ser agitadas sus soluciones acuosas, lo cual es la base de la reacción de selivoflo empleada en el tamizaje fotoquímico.
- 2) Producción de hemólisis de los glóbulos rojos por la mayoría de ellas, propiedad que se aprovecha en las técnicas en que se cuantifica la potencia de estas sustancias.
- 3) Toxicidad en animales poiquilotérmicos, en especial los peces (sapotoxinas), a los cuales provocan parálisis de las agallas.
- 4) Producción de una reacción positiva en la prueba de Liebermann Burchard. Por lo general, las sustancias esteroidales en esta prueba manifiestan colores que van desde el azul hasta el verde y las triterpénicas, rosado, rojo o violeta (44).

El papel fisiológico de las saponinas no está completamente entendido. Sin embargo se sabe que en las plantas son antimicrobianas, inhiben el moho y protegen a las plantas del ataque de insectos. Las saponinas pueden ser consideradas parte de los sistemas de defensa de las plantas y como tal sean incluidos en un gran grupo de moléculas protectoras encontrado en plantas llamadas “fitoanticipinas” o “fitoprotectores” (45).

2.2.15. Propiedades físicas de las saponinas.

- Tienen un sabor amargo.
- Son altamente termoestables.
- Presentan una apariencia gomosa o cristalina.
- Elevado peso molecular.

2.2.16. Propiedades químicas.

- Favorecen la formación de emulsiones.
- Son muy solubles en agua y alcohol; por lo que la agitación de sus soluciones acuosas e hidroalcohólicas producen la formación de una espuma estable y abundante.

- Se les confieren propiedades detergentes; ya que su aglicón esteroide o triterpénico es soluble en lípidos y sus azúcares son solubles en agua (46).

2.2.17. Variedades cultivadas de quinua.

Actualmente existe gran cantidad de variedades y cultivares utilizados comercialmente en la producción de quinua. Entre estas tenemos principalmente de Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina, Colombia, Chile, México, Holanda, Inglaterra y Dinamarca.

En el Perú, tenemos: Amarilla Maranganí, Kancolla, Blanca de Juli, Cheweca, Witulla, Salcedo-INIA, Quillahuaman-INIA, Camacani I, Camacani II, Huariponcho, Chullpi, Roja de Coporaque, Ayacuchana-INIA, Huancayo, Hualhuas, Mantaro, Huacataz, Huacariz, Rosada de Yanamango, Namora.

En Bolivia tenemos: Sajama, Sayaña, Chucapaca, Kamiri, Huaranga, Ratuqui, Samaranti, Robura, Real, Toledo, Pandela, Utusaya, Mañiqueña, Señora, Achachino, Lipeña.

En el Ecuador tenemos: INIAP-Tunkahuan, INIAP-Ingapirca, INIAP-Imbaya, INIAPCochasqui, ECU-420, Másal 389. En Argentina Jujuy cristalina y Jujuy amilacea.

En Colombia: Nariño.

En Chile: Canchones, Faro, Lito, Baer II, Atacama.

En México: Huatzontle blanco, Huatzontle rojo., Huatzontle amarillo.

En Holanda: NL-6, Carmen, Atlas.

En Inglaterra: RU-2, RU-5.

Dinamarca: G-205-95, E-DK-4 (47).

Las variedades de quinua se pueden clasificar según su concentración de saponinas en dulces (<0.11%) y amargas (>0.11%). A nivel comercial se prefiere que las semillas sean de buenas características entre ellas: de tamaño grande, color blanco uniforme, libre ayaras, (semillas de color negro) libre de saponinas y sin impurezas (22).

2.2.18. La agroindustria y transformación de la quinua.

La quinua es un producto típicamente agroindustrial (48). La quinua se usa en la elaboración de comidas puede ser entera y partida, harina cruda y tostada entre otras (49). El requisito obligatorio es la eliminación de la saponina, previo al consumo es un proceso agroindustrial, el mismo que le incorpora valor agregado al producto. De la quinua se puede obtener una serie de subproductos de uso alimenticio, cosmético, farmacéutico y otros (50). Las saponinas son explotadas por la industria como aditivos para alimentos y cosméticos. Además pueden tener otras aplicaciones en la industria. Entre sus usos tenemos como conservantes, modificadores de sabor, detergentes y agentes para eliminar el colesterol de los productos lácteos (48).

La quinua se emplea en la alimentación humana, es un producto balanceado con otros granos, se utiliza en comidas (sopas, guisos, galletas, panes etc.) en algunos países andinos. En la medicina, se destaca por sus propiedades cicatrizantes, analgésicas y desinfectantes. Debido a su importancia nutricional atribuida es demandada por Alemania, Dinamarca, Francia, Japón, Gran Bretaña y USA (51).

2.2.19. Procesamiento de la quinua.

El proceso es el básico a seguir para todos los granos. Sin embargo en el caso de la quinua, se requiere del proceso de eliminación de saponinas. A continuación se hará una descripción del proceso:

- a) **Calificado.-** Esta labor consiste en tomar una muestra y análisis en el laboratorio, para determinar la calidad de la materia prima. Básicamente se pretende calificar la humedad y el contenido de impurezas.
- b) **Clasificado.-** Este paso consiste en separar las impurezas y si es posible dividir en granos de primera y segunda calidad. Este proceso puede realizarse utilizando una máquina clasificadora de granos “de aire y zaranda”.
- c) **Eliminación de saponinas.-** Que puede realizarse por vía seca: fricción y absorción del polvo, utilizando para el efecto una máquina escarificadora de quinua, o mediante vía húmeda por medio de máquinas de lavado de quinua, tales como lavadoras industriales.

- d) Secado.- Los granos lavados, deben tener un contenido de humedad apto para el proceso y/o almacenamiento, por lo que es necesario secarlo. Esto se realiza a nivel de planta en secadores solares (secado solar directo en bandejas).
- e) Tostado.- Es necesario someter a un proceso de tostado o calentado previo, ya sea para obtener harina pre tostada o máchica.
- f) Molido.- Con este proceso se podrá obtener productos como harinas crudas, pre tostadas o harinas tostadas (máchica), este proceso puede hacerse utilizando un molino de martillos.
- g) Empaque.- Los subproductos obtenidos se pueden empacar en costales (para la venta al por mayor), en bolsas de polietileno o en papel para la venta al menudeo.
- h) Almacenamiento.- Se realizará en condiciones tal, que no dañen o alteren al producto procesado como también a la materia prima (52).

2.2.20. Eliminación de las saponinas.

Las saponinas suelen ser amargas, así que deben ser eliminadas de la quinua previa al consumo. Comúnmente, las semillas de quinua son desgastadas mecánicamente para retirar el salvado, donde se sitúan predominantemente las saponinas, son lavadas con agua para quitar la amargura. En el proceso de eliminación de saponinas también se pierden nutrientes por lo que puede alterarse la composición nutricional de las semillas (48).

2.2.21. Métodos de determinación de saponina.

Un aspecto que tiene mucha importancia para acelerar el desarrollo de la quinua es contar con un método oficial de análisis de saponina que permita obtener resultados comparables. Los métodos que existen son los siguientes:

- Producción de espuma en agua.
- Métodos gravimétricos mediante extracción y cristalización.
- Cromatografía sobre gel de sílica.
- Hemólisis, usando glóbulos rojos humanos o de animales (conejos) (53).

2.2.22. Desaponificación de la saponina.

La quinua atraviesa distintos procesamientos post-cosecha antes de llegar a la esfera del consumo. En primer lugar, debe ser beneficiada o mejorada, términos que aluden al conjunto de procedimientos aplicados para eliminar la saponina. Las técnicas empleadas con este fin varían según el ecotipo, ya que éstos difieren en su contenido de saponina. Para un mismo ecotipo, sin embargo, las formas de mejoramiento varían también de acuerdo con el destino culinario deseado: graneado, pop quinua o en florcita, harina de granos tostados, sopa, entre otros (54).

El grano de quinua en su corteza posee saponinas de carácter triterpénico, lo que le da el carácter amargo. Con la finalidad de extraer la saponina del grano, se han desarrollado dos métodos: el método húmedo, que consiste en lavar los granos de quinua, y el método seco o escarificado que consiste en la separación del epispermo por medio de dispositivos mecánicos con fricción de los granos contra las paredes de un cilindro escarificador (43).

2.2.23. Método de desaponificación.

a) Método de desaponificación vía seca.

Los granos de quinua se someten a calor seco, 80°C, durante 60 minutos; luego se les quita la cáscara por fricción en seco. Se tamiza y se empaca (55).

b) Método de desaponificación vía húmeda.

Los granos de quinua se someten a remojo, agitación, enjuague y escurrimiento. El procedimiento se hace en recipientes de vidrio durante 30 minutos. Se emplea un magneto, agua caliente a 55°C y agua fría con el fin de comparar los resultados. Posteriormente se efectúa un secado a la temperatura de 60°C por un tiempo de 30 minutos para evitar la germinación o la aparición de hongos, bacterias u otros microorganismos.

c) Método de desaponificación químico.

Los granos de quinua fueron puestos en una solución de hidróxido de sodio al 10% a 100°C durante 1.5 minutos. Luego son lavados y secados.

d) Método combinado o mixto.

Inicialmente las semillas son sometidas a escarificación con papel abrasivo por un tiempo de 10 minutos, luego se lavan durante 5 minutos y finalmente se secan a 60°C por 20 minutos (55).

2.2.24. Normas del Codex para la quinua.

Entre los factores de calidad de la quinua debe ser inocua y apta para el consumo, debe ser sometida a operaciones de limpieza y clasificación. El contenido de proteína como requisito limite es $\geq 10\%$, mientras que el contenido de saponina en los granos no debe ser inferior al $\leq 0.12\%$ (56).

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La determinación del contenido de saponina y proteína de las muestras se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Finca Experimental La María, ubicada en el km 7½ de la vía Quevedo – El Empalme. La cual presenta las siguientes condiciones agroclimáticas ver tabla 1.

Tabla 1. *Condiciones agroclimáticas del cantón Mocache, 2018.*

Parámetros	Promedio
Temperatura promedio °C	25.5
Humedad relativa, %	85.8
Precipitación, anual. mm	2223.8
Heliofanía, horas luz /año	898.7
Zona ecológica	bh – T
Topografía	Ligeramente Ondulada

Fuente: Departamento Agro meteorológico del INIAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue.

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. De laboratorio.

Se realizó en el laboratorio bajo condiciones controladas donde se llevó a cabo la investigación y logró determinar el contenido de saponinas y proteína en 30 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la Finca Experimental “La María”. La investigación pertenece a la línea de Desarrollo y manejo de variedades e híbridos en cultivo de interés estratégico para el Ecuador.

3.2.2. Diagnóstica.

Esta investigación fue diagnóstica, a fin de identificar los genotipos de quinua mediante los objetivos planteados.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Descriptiva.

Mediante este método se logró describir el proceso, la recolección información y descripción de los datos.

3.3.2. Método de observación.

Este método permitió describir y explicar los acontecimientos que surgieron en la investigación.

3.3.3. Método deductivo.

Se empleó este tipo de investigación, buscando darle solución partiendo de un problema, el mismo que nos permitió obtener una respuesta.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

3.4.1. Primaria

Las semillas de quinua fueron el objeto de estudio en la investigación.

3.4.2. Secundarias.

La información secundaria se obtuvo mediante búsqueda bibliográfica de libros, revistas, entre otras fuentes de información.

3.5. Diseño de la investigación.

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) que constó de 30 tratamientos conformado por tres repeticiones cada uno, ver tabla 2. Para el análisis de la medias entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), el análisis estadístico de los resultados se utilizó el programa estadístico Infostat.

Tabla 2. *Análisis de la varianza.*

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
Tratamiento	t-1	29
Error experimental	t (r-1)	60
Total	t.r-1	89

Elaborado: Autor

Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij}= Total de una observación.

T_i= Efecto del tratamiento.

μ= Media de la población.

E_{ij}= Efecto aleatorio (Error experimental).

3.6. Instrumentos de investigación.

3.6.1. Determinación del contenido de saponina.

Para la determinación del contenido de saponina se realizó el método espumo de Koziol establecido en la Norma INEN, basada en las propiedades tenso activas de las saponinas, que al disolverse en agua y agitarse generan una espuma estable, cuya altura puede correlacionarse con el contenido de saponinas en los granos.

Se realizó pesando 0.50+/-0.02 g enteros de quinua y se colocaron en un tubo de ensayo.

Se añadió 5.0mL de agua destilada y tapó el tubo.

Se puso en marcha el cronómetro y sacudió vigorosamente el tubo durante 30 segundos.

Se dejó el tubo en reposo durante 30 minutos, luego se sacudió otra vez durante 30 segundos.

Se vuelve a repetir el proceso.

Finalmente se dejó el tubo en reposo 5 minutos, luego se midió la altura de la espuma al 0.1cm más cercano (57).

3.6.1.1. Altura de la columna de espuma.

Se midió la altura de la columna de espuma con una regla a cada una de las muestras en los tubos de ensayo de los tratamientos evaluados.

3.6.1.2. Contenido de saponina.

Para determinar el contenido de saponinas en porcentaje de los distintos genotipos de quinua se empleó la siguiente ecuación:

$$Ps = \frac{(0.646 \times h) - 0.104}{m * 10}$$

Siendo:

Ps = porcentaje de saponina

h = altura de la espuma en cm

m = masa de la muestra, en gramos

3.6.2. Determinación del contenido de proteína.

Preparación de la muestra: Se molió 100 g de muestra en un micro molino que contenga un tamiz de abertura de 1 mm. Se transfirió rápidamente la muestra molida y homogenizada a un recipiente herméticamente cerrado, hasta el momento del análisis. Se homogenizó la muestra interviniendo varias veces el recipiente. El procedimiento a continuación:

Digestión: Se pesó aproximadamente 0.3 g de muestra sobre un papel exento de nitrógeno y colocó sobre un micro tubo digestor. Se añadió al micro tubo una tableta catalizadora y 5ml de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó los tubos de digestión con las muestras en el block digest con el colector de humus funcionando.

La digestión se realizó a una temperatura de 350 a 400°C y un tiempo que puede variar entre 1 y 2 horas. Al finalizar el líquido obtenido fue de un color verde o azul trasparente dependiendo del catalizador utilizado. Se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente. Se evita la precipitación agitando de vez en cuando.

Destilación: En cada micro tubo adicionar 15mL de agua destilada. Se colocó el micro tubo y el matraz de recepción con 50 mL de ácido bórico al 2% en el sistema de destilación Kjeltec.

Se encendió el sistema y la adición de 30 ml de hidróxido de sodio al 40%.

Se recogió aproximadamente 200 mL de destilado, se retiró del sistema los accesorios.

Titulación: Del destilado recogido en el matraz se colocó tres gotas de indicador.

Se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N utilizando un agitador mecánico.

Se registró el volumen de ácido consumido.

3.6.2.1. Porcentaje de proteína.

El porcentaje de proteína se obtuvo mediante el método de Kjeldahl (método directo) bajo la siguiente formula:

$$\%PB = \frac{(V_{hci} - V_b) * 1.401 * NHCL}{g * muestra} * F$$

1.401= Peso atómico del nitrógeno.

NHCL= Normalidad de Ácido Clorhídrico 0.1 N.

F= Factor de conversión.

VHCI= Volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación.

Vb= Volumen del Blanco (0.01).

3.7. Tratamiento de los datos.

Tabla 3. *Esquema del experimento.*

Tratamientos	Repeticiones	Código	Origen
1	3	26	Chile
2	3	36	Chile
3	3	41	Chile
4	3	42	Chile
5	3	48	Chile
6	3	49	Chile
7	3	52	Chile
8	3	54	Chile
9	3	0-1	Chile
10	3	0-2	Chile
11	3	0-3	Chile
12	3	0-4	Chile
13	3	0-5	Chile
14	3	0-6	Chile
15	3	0-7	Chile
16	3	0-8	Chile
17	3	0-9	Chile
18	3	0-10	Chile
19	3	J4	Argentina
20	3	FARO	Chile
21	3	REG	Chile
22	3	P.V	Ecuador
23	3	DULCE	Chile
24	3	0-10M	Chile
25	3	J4-010	Chile
26	3	TUNK	Ecuador
27	3	X2	Chile
28	3	X3	Chile
29	3	X4	Chile
30	3	X5	Chile

Elaborado: Autor

3.7.1. Análisis de la varianza.

3.8. Recursos humanos y materiales.

Para la realización de esta investigación se precisó de recurso humano del laboratorio de bromatología, la guía del docente tutor y del autor y personas colaboradoras.

3.8.1. Materiales y equipos.

3.8.1.1. Material vegetativo.

El material vegetativo utilizado fueron las semillas de quinua 55 g procedente de 30 genotipos.

3.8.1.2. Materiales de laboratorio.

- Balanza analítica, sensible al 0,1 mg.
- Unidad digestora J.P SELECTA, s.a. (Block 40 plazas-Digest).
- Sorbona o colector /extractor de humos (unidad scrubber y bomba de circulación de agua).
- Unidad de destilación FISHER DESTILLING Unit DU 100.
- Plancha de calentamiento con agitador magnético.
- Micro tubos de destilación de 100 mL.
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Gotero.
- Bureta graduada y accesorios.
- Espatula.
- Gradilla.
- Tubos de ensayo con tapones de rosca; longitud de 160 mm y diámetro de 16 mm.
- Probeta de 10 mL.
- Cronometro.
- Regla sensible al 0.1 cm.
- Porta tubos.

3.8.1.3. Reactivos.

- Ácido sulfúrico concentrado 96% (d=1.84).
- Solución de hidróxido de sodio al 40%.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1N (HCl), debidamente estandarizada.
- Tabletas catalizadoras.
- Indicador Kjeldahl.
- Agua destilada.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Altura de la columna de espuma.

En la tabla 4, se muestran los resultados obtenidos para altura de la columna de espuma. En los genotipos de quinua producidos en la Finca Experimental “La María” existe alta significancia estadística. Según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) el genotipo que presenta menor promedio es el T26 (Tunk) con 0.00 cm, siendo estadísticamente igual al T23 (Dulce), el mayor promedio lo obtuvo el T20 (FARO) con 6.83 cm. La variable presentó un coeficiente de variación de 24.08%. (Tabla 4).

Tabla 4. Promedios de la altura de la columna de espuma en genotipos de quinua.

Tratamientos	Código	Altura de la columna de espuma (cm)			
1	26	0.77	a	b	
2	36	4.17			d e
3	41	1.93	a	b	c
4	42	1.50	a	b	c
5	48	2.03		b	c
6	49	1.60	a	b	c
7	52	1.07	a	b	c
8	54	1.50	a	b	c
9	0-1	1.37	a	b	c
10	0-2	4.80			e f
11	0-3	0.90	a	b	c
12	0-4	1.50	a	b	c
13	0-5	1.43	a	b	c
14	0-6	1.30	a	b	c
15	0-7	1.43	a	b	c
16	0-8	2.13		b	c
17	0-9	0.97	a	b	c
18	0-10	1.53	a	b	c
19	J4	2.17		b	c
20	FARO	6.83			g
21	REG	5.50			e f g
22	P.V	6.13			f g
23	DULCE	0.00	a		
24	0-10M	6.07			e f g
25	J4-010	0.77	a	b	
26	TUNK	0.00	a		
27	X2	2.43		b	c d
28	X3	4.30			d e f
29	X4	2.83		c	d
30	X5	6.23			f g
C.V (%)		24.08			
Probabilidad ($p < 0.05$)		0.0001**			

Letras iguales no difieren estadísticamente Tukey ($p \leq 0.05$). C.V: Coeficiente de variación, NS: No significativo; *Significativo, **Alta significancia.

4.1.2. Contenido de saponina (%).

En el análisis de varianza para la variable contenido de saponina muestra alta significancia estadísticas entre los tratamientos. Según Tukey ($p \leq 0.05$) los genotipos 26, 52, 0-3, 0-9, DULCE, J4-010 y TUNK presentaron el contenido por debajo del 0.12% aplicando la metodología de Koziol. Mientras que el genotipo FARO obtuvo el valor más alto 0.86% lo cual indica la heterogeneidad entre los genotipos. El coeficiente de variación fue de 17.86% lo cual corrobora los resultados de la investigación (Tabla 5).

Tabla 5. Promedios de contenido de saponina (%) en genotipos de quinua.

Tratamientos	Código	Contenido de saponina (%)						
1	26	0.08					g	h i
2	36	0.52		c d				
3	41	0.23			e f	g		
4	42	0.17			e f	g	h	i
5	48	0.24			e f	g		
6	49	0.18			e f	g	h	
7	52	0.12				f g	h	i
8	54	0.17			e f	g	h	i
9	0-1	0.16				f g	h	i
10	0-2	0.60		b c				
11	0-3	0.10				g	h	i
12	0-4	0.17			e f	g	h	i
13	0-5	0.16				f g	h	i
14	0-6	0.15				f g	h	i
15	0-7	0.16				f g	h	i
16	0-8	0.26			e f	g		
17	0-9	0.11				g	h	i
18	0-10	0.17			e f	g	h	i
19	J4	0.26			e f	g		
20	FARO	0.86	a					
21	REG	0.73	a	b				
22	P.V	0.77	a	b				
23	DULCE	0.00						i
24	0-10M	0.76	a	b				
25	J4-010	0.08				g	h	i
26	TUNK	0.00						i
27	X2	0.29			e f			
28	X3	0.54		c				
29	X4	0.35			d e			
30	X5	0.78	a	b				
C.V (%)		17.86						
Probabilidad ($p < 0,05$)		0.0001**						

Letras iguales no difieren estadísticamente Tukey ($p \leq 0,05$). C.V: Coeficiente de variación, NS: No significativo; *Significativo, **Alta significancia

Según el método afrosimétrico establecido por Koziol (58), los genotipos de quinua se clasifican en dulces aquellos valores que están por debajo del 0.11% (Tabla 6). De acuerdo a los resultados de los treinta genotipos evaluados el 20% son dulces mientras el 80% corresponden a la categoría de amargo.

Tabla 6. *Clasificación de los genotipos de quinua producidos en la Finca Experimental La María.*

Tratamientos	Genotipos	Dulce < 0.11%	Amargo > 0.11%
1	26	0.08	
2	36		0.52
3	41		0.23
4	42		0.17
5	48		0.24
6	49		0.18
7	52		0.12
8	54		0.17
9	0-1		0.16
10	0-2		0.60
11	0-3	0.10	
12	0-4		0.17
13	0-5		0.16
14	0-6		0.15
15	0-7		0.16
16	0-8		0.26
17	0-9	0.11	
18	0-10		0.17
19	J4		0.26
20	FARO		0.86
21	REG		0.73
22	P.V		0.77
23	DULCE	0.00	
24	0-10M		0.76
25	J4-010	0.08	
26	TUNK	0.00	
27	X2		0.29
28	X3		0.54
29	X4		0.35
30	X5		0.78
Número de genotipos		6	24
Porcentaje		20.0	80.0

4.1.3. Porcentaje de proteína.

Realizado el análisis de varianza, el porcentaje de presentó alta significancia estadística entre los tratamientos. La media general es de 16.19%, y el coeficiente de variación fue de 5.88%. Según Tukey ($p \leq 0,05$), el T23 (Tunk) presentó el mayor promedio con 19.82% el cual es estadísticamente igual al T27 (X3) con 18.65% de proteína en los granos de quinua. El T20 (FARO) alcanza el menor promedio 12.23% (Tabla 7).

Tabla 7. Promedios de porcentaje de proteína en genotipos de quinua.

Tratamientos	Código	Porcentaje de proteína (%)						
1	26	15.88		b	c	d	e	f
2	36	18.07	a	b	c			
3	41	15.73		b	c	d	e	f
4	42	15.73		b	c	d	e	f
5	48	13.54					f	g
6	49	16.75		b	c	d	e	
7	52	16.46		b	c	d	e	f
8	54	16.61		b	c	d	e	
9	0-1	16.61		b	c	d	e	
10	0-2	14.13					e	f
11	0-3	15.44			c	d	e	f
12	0-4	16.32		b	c	d	e	f
13	0-5	17.48	a	b	c	d		
14	0-6	15.29			c	d	e	f
15	0-7	16.46		b	c	d	e	f
16	0-8	14.56				d	e	f
17	0-9	14.71				d	e	f
18	0-10	16.02		b	c	d	e	f
19	J4	16.75		b	c	d	e	
20	FARO	12.23						g
21	REG	15.29			c	d	e	f
22	P.V	17.05	a	b	c	d	e	
23	DULCE	18.07	a	b	c			
24	0-10M	15.15			c	d	e	f
25	J4-010	17.48	a	b	c	d		
26	TUNK	19.82						
27	X2	15.44			c	d	e	f
28	X3	18.65	a	b				
29	X4	17.78	a	b				
30	X5	16.17		b	c	d	e	f
C.V (%)		5.88						
Probabilidad ($p < 0,05$)		0.0001**						

Letras iguales no difieren estadísticamente Tukey ($p \leq 0,05$). C.V: Coeficiente de variación, NS: No significativo; *Significativo, **Alta significancia.

4.2. Discusión.

4.2.1. Saponina.

Cáceres (59) menciona que, cuando las muestras de quinua se disuelven en agua y se agitan, las saponinas generan una espuma estable, cuya altura puede correlacionarse con el contenido de saponina en los granos. Calliope *et al.* (60), demostraron que existe excelente correlación entre la altura de la columna de espuma y el contenido de saponina.

El T26 (Tunk), es una variedad registrada en Ecuador como quinua de bajo contenido de saponina Nieto *et al.* (61), presentó valores nulos de contenido de saponina muy similar al reportado por Mina y Bolaños (62), quienes obtuvieron 0.01% según el método espumoso de Koziol. El T22 (P.V) dio como resultado 0.77% siendo inferior al reportado por Guapi (63), el cual contiene un mayor valor (0.82%). Resultado que contrasta con lo reportado por Mazón *et al.* (64), quienes liberan esta variedad como una quinua precoz y de grano dulce.

Koziol (58), usando este método afrosimétrico señaló que, la quinua que contiene 0.11% de saponinas o menos en base al peso fresco, pueden considerarse dulces. Es decir que la mayoría de los genotipos el 80% utilizados en esta investigación son amargos. El promedio del contenido de saponina de los genotipos de quinua producidos en la Finca Experimental La María es de 0.32% por lo cual Escaleras y Quiroga (65), clasifican como granos de contenido medio que van desde 0.10 a 1%. Ahumada (9), considera que en aquellos genotipos se podría utilizar su cáscara como un subproducto rico en saponina. Cabe mencionar que en el proceso de desaponificación ciertos genotipos que están sobre el 0.12% de contenido de saponina en los granos de quinua va a disminuir. Castañeda *et al.* (66), según sus resultados el contenido de saponinas en la quinua sin lavar fue de 0.24%, mientras que para la quinua desaponificada fue de 0.01%.

4.2.2. Proteína.

El porcentaje de proteína muestra diferencia entre los tratamientos que fluctuó de 12.33 a 19.82% en los granos. Por consiguiente Jancurová *et al.*(67), expresa que el contenido de proteína de las semillas de quinua varía de 8% a 22%, que es más alto en promedio que cereales comunes como el arroz, el trigo y la cebada. Otiniano (68), menciona que esta diferencia de porcentaje de concentraciones de proteína va a depender de la especie y del

ecotipo, así como también de la fertilización nitrogenada que se aplique al suelo Bilalis *et al.* (69), además hay que tener en cuenta la cantidad y calidad.

Rojas *et al.*(70), consideran que valores de 17.1 a 18.5% constituyen una fuente importante de genes para impulsar el desarrollo de productos con altos contenidos de proteína. Burrieza *et al.*(31), alega que la capacidad de la quinua para producir proteínas de gran calidad nutricional, bajo condiciones ecológicamente extremas, la convierte en una planta importante no sólo para la alimentación de las comunidades andinas, sino también para diversificación de los sistemas agrícolas futuros, siendo un cultivo con alto potencial para ser explotado en el Litoral Ecuatoriano.

De manera específica, llama la atención algunos de los resultados obtenidos tanto para saponina y proteínas en los genotipos TUNK y Dulce, quienes registran nulo contenido de saponinas y alto contenido de proteínas. Estos resultados podrían estar relacionados con aspectos involucrados con el uso del nitrógeno para generar cada una de dichas estructuras Moses (71) y Thanapor *et al.* (72). Un mayor contenido de saponinas está correlacionado con un mayor uso de nitrógeno total Bilalis *et al.* (69), así como también, un mayor contenido de proteína está relacionado con un mayor uso de nitrógeno Thanapor *et al.* (72). Razón por la cual podría deberse a que, si un genotipo posee alto contenido de proteínas, poseería un bajo nivel de saponinas, dado que las dos estructuras emplean nitrógeno. Aunque también, un bajo contenido de proteínas está relacionado con una mayor producción de aceites Rosero *et al.* (73), aspecto que no fue evaluado en este trabajo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- De los genotipos evaluados se identificó que tan solo 6 de ellos corresponden a la categoría de dulces lo cual corresponde al 20.0% del total.
- De la determinación del contenido de saponina, se logró determinar que mayoritariamente de los 30 genotipos evaluados el 80.0% son amargos.
- El contenido proteico de las semillas de quinua en promedio dio como resultado 16.19% lo cual en términos de calidad es aceptable.

5.2. Recomendaciones

- Los resultados obtenidos deben ser utilizados para el establecimiento de los genotipos a cultivar y el proceso pos cosecha a efectuar. Además de tomar aquellos datos para comparación en futuras investigaciones.
- Los genotipos de quinua dulce deben tener el proceso de desaponificado con menor intensidad el propósito de reducir los costos de producción y evitar pérdida de la calidad nutricional. Mientras que los genotipos de quinua amargo deberían tener un proceso más intenso con el fin de reducir el sabor amargo de los granos y por ende salvaguardar la salud humana.
- Evaluar los compuestos nitrogenados vs grasa para asociar el contenido de saponina.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Morillo Coronado AC, Castro MA, Morillo Coronado Y. Caracterización de la diversidad genética de una colección de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2016; 15(2).
2. Lozano , Ticona E, Carrasco C, Flores Y, Almanza GR. Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real *Chenopodium Quinoa* Willd. *Revista Boliviana de Química*. 2012; 29(2).
3. Padrón Pereira CA, Oropeza González RA, Montes Hernández AI. Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2014 Diciembre 21; 5(2).
4. Abugoch James LE. Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2009 Octubre; 58.
5. Carrasco Valencia R, Astu L, Ritva Ann M. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Food Science and Technology*. 2011; 31(1).
6. Guzmán B, Cruz DL, Alvarado JA. Cuantificación de saponinas en muestras de cañihua *Chenopodium pallidicaule* Aellen. *Revista Boliviana de Química*. 2013; 30(2).
7. Apaza I , Smeltekop I , Flores II Y, Almanza II , Salcedo II. Efecto de saponinas de *Chenopodium quinoa* Willd contra el fitopatógeno *Cercospora beticola* Sacc. *Revista de Protección Vegetal*. 2016; 31(1).
8. Macarena S, San Martín. Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. *Industrial Crops and Products*. 2007 Mayo; 27.
9. Ahumada A, Ortega A, Chito D, Benítez R. Saponins of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): a by-product with high biological potential. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*. 2016 Diciembre; 45(3).
10. Bjardnadottir A. Quinoa 101: Nutrition Facts and Health Benefits. [Online].; 2015 [cited 2018 abril 11. Available from: <https://www.healthline.com/nutrition/foods/quinoa>.
11. Foy Valencia , Mac Donald , Cuyos M, Dueñas. Extracción, identificación y evaluación de saponinas en *Agaricus bisporus*. *Biotempo*. 2005; 5: p. 33.

12. Torres Camacho V, Alí Paz GI. Metabolismo de proteínas. Revista de Actualización Clínica Investiga. 2014; 41.
13. Institute NHGR. Talking glosay of genetic term. [Online]. [cited 2018 marzo 26. Available from: <https://www.genome.gov/glossarys/index.cfm?id=93>.
14. Méndez Á. Método Kjeldahl. [Online].; 2012 [cited 2018 marzo 26. Available from: <https://quimica.laguia2000.com/quimica-organica/quimica-analitica/metodo-kjeldahl>.
15. Olarte Calsina S, Olarte Daza U, Schultz. La quinua en el contexto de la estandarización. 2016; 22(43).
16. Aguilar Mendieta, Cardenas Mendez A, Morales Vega C. Estudio De Factibilidad De Exportación De Quinoa Elaborada Como Alimento. Tesis De Grado. Bogota: Colegio Mayor Nuestra Señora Del Rosario; 2013.
17. Padrón Pereira A, Oropeza González , Montes Hernández A. Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2015; 5(2).
18. Abellán Rui , Barnuevo Espinosa D, García Santamaría , Contreras Fernández J, Aldeguer García , Soto Méndez F, et al. Efecto del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa*) como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos. Nutricion hospitalaria. 2017; 34(5).
19. Salcines Minaya F. Cadena Agroalimentaria de la Quinoa y la Maca Peruana y Su Comercilaizacion en el Mercado Español. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid; 2009.
20. Carrasco Choque. Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997 - 2014. Comuni@cción. 2016 Julio; 7(2).
21. Carrasco Choque. Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997 - 2014. Comuni@cción. 2016 diciembre; 7(2).
22. Valenzuela Chauca P. Nuevos productos alimenticios en el comercio mundial: situación y perspectivas actuales para el cultivo y exportación de quinua por parte del Ecuador. Tesis de posgrado. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, Programa de Maestría en Relaciones Internacionales; 2016.
23. Republica L. Perú mantiene el liderato mundial en producción y exportación de quinua. [Online].; 2017 [cited 2018 abril 11. Available from:

<http://larepublica.pe/economia/1162520-peru-mantiene-el-liderato-mundial-en-produccion-y-exportacion-de-quinua>.

24. Ayala Félix. Desarrollo de estrategias de posicionamiento. Caso: Producto Quinua. Revista Perspectivas. 2013;(32).
25. Roqueiro G, Allende D, Barcena N, De Vita C, Zingaretti A, Garcia M. Evaluación de la calidad nutricional de plantas de cuatro ecotipos de quinua con potencial forrajero cultivadas en San Juan, Argentina. Tesis de grado. San Juan: INTA; 2013.
26. Sánchez Bravo. “Proyecto de factibilidad de inversión privada para la instalación de un semillero de quinua”. [Online].; 2013 [cited 2018 abril 17. Available from: http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/02/Proyecto_Semillero-Quinua.pdf.
27. Zegarra Vilchez. Actividad detergente y acaricida de principios activos de quinuas amargas, aceites esenciales y tarwi. Tesis de grado. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú; 2010.
28. Rivera Figueroa MM. Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa*). Tesis. Santiago: Universidad De Chile, Ciencia de los alimentos y tecnología química; 2006.
29. Naranjo Rivadeneira. “Establecer el efecto de la inclusión de harina de quinua y suero de quesería en la elaboración de pan quinua y suero de quesería en la elaboración de pan tipo molde”. Tesis de grado. Ambato: Universidad Técnica De Ambato; 2015.
30. S.A P. Propiedades nutricionales de la quinua. [Online].; 2013 [cited 2018 abril 11. Available from: http://publitec.com.ar/system/noticias_pdf.php?id_prod=334.
31. Burrieza HP, Martínez Tosar LJ, Avella Grillia S, Kobayashi K, Maldonado B. El grano de quinua y las dehidrinas. Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales. 2013; 5(1): p. 16-24.
32. Edson. Quinua. [Online].; 2013 [cited 2018 abril 11. Available from: <https://es.scribd.com/document/132671033/Quinua-pdf>.
33. Cervilla , Mufari NS, Calandri JR, Guzman EL, A. Determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinoa de origen argentino. Evaluación de su calidad proteica. revistasan. ; 13(2).
34. Edson. Quinua. [Online].; 2013 [cited 2018 abril 11. Available from: <https://es.scribd.com/document/132671033/Quinua-pdf>.

35. Garrido Pertierra A, Teijon Rivera J, Blanco Gaitan D, Villaverde Gutierrez , Mendoza Oltras C, Ramirez Rodrigo J. Fundamentos de bioquímica estructural. 2nd ed. Madrid: TÉBAR, S.I; 2006.
36. Abugoch James , Añon C, Castro Montero S. Caracterización y determinación de la estabilidad durante el almacenamiento de las proteínas de harina de quinua orgánica sin pulir y pulida proveniente de la vi región de Chile. Tesis de grado. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de ciencia de los alimentos y tecnología química; 2005.
37. Berg M, Tymoczko L, Lubert Stryer. Protein Structure and Function. In W. H. Freeman 2, editor. Biochemistry, Fifth Edition: International Version. 5th ed.; 2002. p. 1100.
38. Martínez A, E. Martínez de Victoria Muñoz. Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*. 2006 mayo; 21(2).
39. Del Barco Gamarra T. La adopción de tecnología como una forma de internalizar las externalidades ambientales del beneficiado de quinua en Oruro Bolivia. Tesis de grado. Monterrey: Colegio de la Frontera Norte; 2016.
40. Arroyave Sierra LM, Esguerra Romero C. Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) en el proceso de panificación. Tesis de grado. Bogota: Universidad De La Salle; 2006.
41. Zarate Sullca SE. “Evaluación del método de extracción sólido – líquido de la saponina de 5 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), su encapsulamiento y utilización en la alimentación”. Tesis de grado. Bogota: Universidad de la Salle; 2016.
42. Sparg S, Light M, van Staden J. Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of Ethnopharmacology*. 2004; 94.
43. Guzmán B, Tenorio R, Espinal C, Alvarado A, Cruz DL, Mollinedo P. Saponins from *Chenopodium quinoa willd* and *Chenopodium pallidicaule aellen* as biocontrollers of phytopathogen fungi and hemolysis agents. *Revista Boliviana de Química*. 2015 abril; 32(1).
44. Hernández Guzmán , Hermosilla Carazo. Efecto de la concentración de saponinas en la actividad hemolítica de extractos de ocho plantas de uso medicinal en Guatemala. Tesis de grado. Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala; 2014.
45. Francis , Kerem , P. S. Makkar H, Becker K. The biological action of saponins in animal systems: a review. *British Journal of Nutrition*. 2002; 88.

46. Usiña Estrada. Análisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de *sapindus saponaria* l. Tesis de grado. Quito: Universidad Central Del Ecuador; 2017.
47. Chacchi Tello K. “Demanda de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) a nivel industrial”. Tesis de grado. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2009.
48. Triosi J, Di Fore R, Pulvento C, Dàndria R, Vega Gálvez A, Miranda M, et al. “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO; 2014.
49. Barraza Lescano , Ikehara Tsukayama C, Mortensen. Hupa, Quinoa: Semilla Sagrada, Sustento Ancestral. [Online].; 2016 [cited 2018 marzo 21. Available from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002610/261004S.pdf>.
50. Calla Sillo. Agentes y márgenes de comercialización de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) orgánica en cabana. Tesis de grado. Puno: Universidad Nacional Del Altiplano Puno; 2014.
51. Mujica A, Jacobsen SE. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. 2006.
52. Pérez Córdova R. “El desconocimiento del valor nutritivo de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y la incidencia en el consumo en niños de edad escolar de la parroquia el rosario del cantón pelileo”. Tesis de grado. Ambato: Universidad Técnica De Ambato; 2007.
53. Guzmán Manzano A. “Propiedades de pasta en harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) durante el proceso de lavado”. Tesis de grado. Juliaca: Universidad Peruana Unión; 2017.
54. Chingal Huaca K. Desaponificado de quinua *Chenopodium quinoa* del ecotipo chimborazo mediante lecho fluidizado pulsante. Tesis de grado. Ibarra: Universidad Técnica Del Norte; 2016.
55. Corzo Barragán DC. Análisis y selección de diferentes métodos para eliminar las saponinas en dos variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. 2008.
56. Fao , Oms. Norma del codex para la quinua. Roma: Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2017.
57. Rosas Miranda RM. Saponinas. [Online].; 2015 [cited 2018 marzo 28. Available from: <https://es.scribd.com/document/271200539/SAPONINAS>.
58. Koziol MJ. Chemical Composition and Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of food composition and analysis*. 1992; 5(1): p. 35-68.

59. Cáceres Ríos MDC. “Evaluación sensorial del sabor amargo de doce accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su correlación con el contenido de saponinas”. Tesis de grado. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2016.
60. Calliope S, Lobo , Sammán. Proceso de elaboración de hojuelas cocidas de quínoa. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2015; 65(4).
61. Nieto C, Vimos C, Cecilia M, Caicedo C, Rivera M. Boletín divulgativo. Quito: INIAP; 1992.
62. Mina Chalá F, Andrade Bolaños J. Evaluación agronómica de líneas f5 de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en dos localidades de la serranía. Ecuador. Tesis de grado. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2014.
63. Guapi Cando J. Caracterización bromatológica y fotoquímica de los granos y hojas del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y sangorache (*Amaranthus hybridus* L.). Tesis de grado. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo; 2014.
64. Mazón N, Peralta E, Monar C, Subía C, Rivera M. INIAP Pata de Venado (Tarhua chaqui): Nueva variedad de quinua precoz y de grano dulce. Quito: INIAP; 2005.
65. Quiroga Ledezma C, Escalera Vásquez R. Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor. Investigación & Desarrollo. 2010 noviembre; 1(10): p. 49-62.
66. Castañeda R, Andrade Cuví J, Argüello Y, Vernaza G. Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (*Hordeum vulgare*) malteada. Enfoque UTE. 2018; 9(2).
67. Jancurová , Minarovičová , Dandár. Quinoa – a Review. Czech J. Food Sci. 2009; 27(2): p. 71-79.
68. Otiniano Miguel JE. Concentración de proteínas de *Chenopodium quinoa* Willd "Quinoa" cultivadas en huamachuco y *Chenopodium quinoa* Willd var. Real "Quinoa Real" Importada de Bolivia. Tesis de grado. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo; 2011.
69. Bilalis D, Kakabouki , Karkanis A, Travlos I, Triantafyllidis V, Hela. Seed and Saponin Production of Organic Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different Tillage and Fertilization. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2012; 40(1): p. 42-46.

70. Rojas W, Vargas Mena A, Pinto Porcel M. La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 2016; 3(2).
71. Moses T, Papadopoulou , Osbourn. Metabolic and functional diversity of saponins, biosynthetic intermediates and semi-synthetic derivatives. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*. 2014; 49(6): p. 439-462.
72. Thanapornpoonpong SN, Vearasilp , Pawelzik E, Gorinstein. Influence of Various Nitrogen Applications on Protein and Amino Acid Profiles of Amaranth and Quinoa. *Journal of Agricultura and Food Chemistry*. 2008; 56.
73. Rosero O, Marounek , Břeňová , Lukešova. Actividad de la fitasa y comparación en la composición química, contenido de ácido fítico en cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Acta Agronómica*. 2013; 62(1).

CAPITULO VII

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de la varianza para la variable Altura de la Columna de Espuma, en quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*).

F.V	G.L	SC	CM	F.Cal
Tratamientos	29	345.19	11.90	32.66
E. Experimental	60	21.87	0.36	
Total	89	367.06		

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable Contenido de Saponina, en quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*).

F.V	G.L	SC	CM	F.Cal
Tratamientos	29	6.40	0.22	69.55
E. Experimental	60	0.19	0.32	
Total	89	6.60		

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable Porcentaje de Proteína, en quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*).

F.V	G.L	SC	CM	F.Cal
Tratamientos	29	210.50	7.26	8.01
E. Experimental	60	54.39	0.91	
Total	89	264.89		



Anexo 4. Semillas de quinua



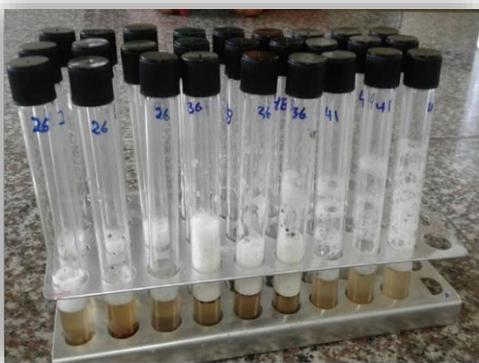
Anexo 5. Rotulación



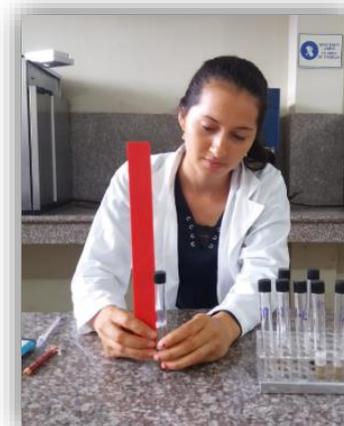
Anexo 6. Quinua sumergida en agua



Anexo 7. Agregando agua destilada



Anexo 8. Determinación de saponina



Anexo 9. Altura de la columna de espuma



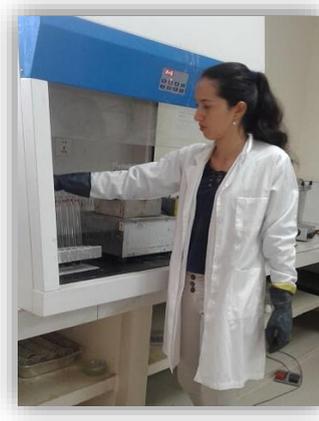
Anexo 10. Peso de la muestras



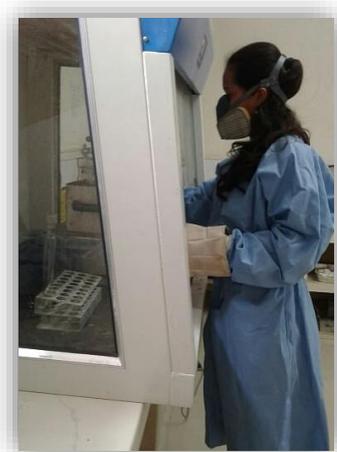
Anexo 11. Quinoa molida



Anexo 12. Vertiendo ácido sulfurico



Anexo 13. Muestras en Block Digest



Anexo 14. Proceso de digestión



Anexo 15. Titulación