

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS**

**MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**



**Efecto Comparativo de las Variaciones Producidas en los Constituyentes  
Funcionales y Capacidad Antioxidante durante el Procesamiento de  
Harinas Tostadas de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild), Cañihua  
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)**

**TESIS**

**Presentado por:**

**Br. Juana Graciela Torres Polanco**

**Para optar al grado académico de Maestro en:**

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Asesora:**

**MGT. EMMA URRUNAGA DE ROZAS**

**CUSCO-PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

*A ti Padre mío, porque sin ti nada sería posible, solo tú me das las fuerzas necesarias para enfrentar los problemas y desafíos que se presentan y continuar adelante.*

*A mis amados padres: Ramón y Graciela, por los valores que me inculcaron en todo momento, su amor, apoyo y comprensión.*

*A mis hijos amados: Diego Alonso y Andrea Giuliana por todo su apoyo y comprensión.*

*A toda mi familia, que siempre me alentó para continuar en la realización de este trabajo.*

***Juana Graciela Torres Polanco.***

## **AGRADECIMIENTOS**

A la ACADÉMIE DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR (ARES) por el apoyo económico brindado para la culminación del presente trabajo de investigación.

A mi asesora. Mgt. Emma Urrunaga de Rozas por su asesoría, apoyo, orientación y confianza depositada en mi persona.

A la Ing. Adriana Valcárcel por haber proporcionado las muestras utilizadas en el trabajo de investigación.

Al Dr. Erick Yabar Landa por su valioso apoyo.

A la Dra. Celina Luizar Obregón por su apoyo.

A la Sra. Dogma Valdiglesias Sullcahuaman. Responsable de la Biblioteca Especializada de Química por su apoyo y amistad.

A mis amigos Melquiades Herrera Arivilca y Washington Candia Amao, por brindarme su apoyo incondicional en la realización de la tesis.

A todos los docentes de la Maestría de Ciencia y Tecnología de Alimentos por las enseñanzas impartidas.

A todas las personas que constantemente me brindaron su apoyo y confianza

Juanita.

## ÍNDICE GENERAL

Índice general.....	iv
Lista de tablas .....	xii
Lista de figuras.....	xv
Lista de anexos.....	xvii
Lista de abreviaturas .....	xix
Resumen .....	xxi
Abstract.....	xxii
Introducción .....	xxiii
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Situación problemática.....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos .....	2
1.3. Justificación de la investigación .....	3
1.4. Objetivos de la investigación .....	5
1.4.1. Objetivo general .....	5
1.4.2. Objetivos específicos .....	5
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>7</b>
2.1. Bases teóricas .....	7
2.1.1. Quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild).....	7
2.1.1.1. Nombres populares .....	7
2.1.1.2. Descripción taxonómica .....	8
2.1.1.3. Morfología del grano .....	8

2.1.2. Cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	10
2.1.2.1. Nombres populares .....	11
2.1.2.2. Descripción taxonómica. ....	11
2.1.2.3. Morfología del grano .....	11
2.1.3. Kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.) .....	12
2.1.3.1. Nombres populares .....	12
2.1.3.2. Descripción taxonómica. ....	12
2.1.3.3. Morfología del grano.....	13
2.1.4. Panorama de los granos andinos en la región Cusco y en el Perú .....	14
2.1.5. Valor agroindustrial de los granos andinos .....	17
2.1.6. Valor nutricional .....	17
2.1.6.1. De la quinua.....	17
2.1.6.2. De la cañihua .....	18
2.1.6.3. De la kiwicha.....	19
2.1.7. Componentes anti nutricionales. ....	20
2.1.8. Azúcares reductores y lisina. ....	21
2.1.8.1. Descripción de la Reacción de Maillard.....	21
2.1.9. Constituyentes funcionales. ....	26
2.1.9.1. Minerales. ....	26
2.1.9.2. Polifenoles .....	26
2.1.10. Radicales libres .....	28
2.1.11. Antioxidantes .....	29
2.1.12. Capacidad antioxidante .....	30

2.1.13. Tratamientos previos de los granos de quinua, cañihua y kiwicha	
antes de su procesamiento .....	31
2.1.13.1. De la quinua. ....	31
2.1.13.2. De la cañihua.....	31
2.1.13.3. De la kiwicha.....	31
2.1.14. Procesamiento de los granos .....	32
2.1.14.1. Tostado.....	32
2.1.14.2. Molienda .....	32
2.1.14.3. Cernido .....	33
2.1.15. Modificaciones de los componentes de los alimentos. Cambios químicos	
por el procesamiento .....	33
2.1.15.1. En proteínas.....	33
2.1.15.2. En carbohidratos.....	34
2.1.15.3. En minerales.....	34
2.1.15.4. En compuestos fenólicos y capacidad antioxidante .....	34
2.1.16. Técnicas de análisis.....	35
2.1.16.1. Espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Vis).....	35
2.1.16.2. Espectroscopia de absorción atómica.....	35
2.1.16.3. Cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) .....	36
2.2. Marco conceptual (definición de términos básicos) .....	36
2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte) .....	37
2.3.1. Investigaciones internacionales .....	37
2.3.2. Investigaciones nacionales .....	39
2.3.3. Investigaciones locales.....	41

<b>CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>43</b>
3.1. Hipótesis .....	43
3.1.1. Hipótesis general.....	43
3.1.2. Hipótesis específicas.....	43
3.2. Identificación de variables .....	44
3.2.1. Variables independientes .....	44
3.2.2. Variables dependiente.....	44
3.3. Operacionalización de variables .....	45
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA .....</b>	<b>46</b>
4.1. Ámbito de estudio o lugar de ejecución.....	46
4.2. Tipo y nivel de investigación.....	46
4.2.1. Tipo de investigación.....	46
4.2.2. Nivel de investigación. ....	46
4.2.3 Diseño de investigación.....	46
4.3. Unidades de análisis.....	46
4.3.1. Productos de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild).....	46
4.3.2. Productos de cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	47
4.3.3. Productos de kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.).....	47
4.4. Población de estudio .....	47
4.5. Tamaño de muestra .....	47
4.6. Procedencia y técnicas de selección de muestra .....	47
4.7. Técnicas de recolección de información.....	48
4.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información .....	48
4.9. Métodos de análisis de laboratorio .....	48
4.9.1. Materiales.....	48

4.9.2. Reactivos.....	49
4.9.3. Metodología experimental .....	50
4.9.4. Diagrama de flujo del procesamiento de los productos de quinua desaponificada, cañihua y kiwicha.....	50
4.9.5. Preparación de las muestras para las determinaciones químicas .....	52
4.9.6. Composición proximal.....	52
4.9.6.1. Determinación de humedad.....	52
4.9.6.2. Determinación de cenizas.....	52
4.9.6.3. Determinación de proteínas.....	53
4.9.6.4. Determinación de grasa .....	53
4.9.6.5. Determinación de fibra bruta.....	54
4.9.6.6. Determinación de carbohidratos.....	54
4.9.7. Determinación de azúcares reductores .....	55
4.9.8. Determinación de la concentración de lisina por HPLC.....	56
4.9.9. Constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales).....	59
4.9.9.1. Determinación de calcio por espectrofotometría de absorción atómica de llama .....	59
4.9.9.2. Determinación de hierro por espectrofotometría de absorción atómica/llama.....	62
4.9.9.3. Determinación de fósforo por espectrofotometria UV.....	64
4.9.9.4. Determinación de polifenoles totales Método espectrofotométrico. Método de Swain y Hillis .....	66
4.9.10. Determinación de la capacidad antioxidante. Método del DPPH Método de Brand Williams .....	69



4.9.10.1. Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de los productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	71
---	----

## **CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

5.1. Composición proximal de los productos de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild), cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) y kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.), durante de su procesamiento.....	74
5.1.1. Quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild) .....	74
5.1.2. Cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	77
5.1.3. Kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.).....	79
5.2. Contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild), cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) y kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.), durante de su procesamiento .....	81
5.2.1. Quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild) .....	81
5.2.2. Cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) .....	82
5.2.3. Kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.).....	83
5.3. Efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante en los productos de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild) .....	85
5.3.1. Minerales .....	85
5.3.1.1. Calcio.....	85
5.3.1.2. Hierro.....	87
5.3.1.3. Fósforo.....	88
5.3.2. Polifenoles totales .....	90
5.3.3. Capacidad antioxidante.....	92

5.4. Efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante en los productos de cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen).....	94
5.4.1. Minerales .....	94
5.4.1.1. Calcio.....	94
5.4.1.2. Hierro.....	96
5.4.1.3. Fósforo.....	99
5.4.2. Polifenoles totales .....	101
5.4.3. Capacidad antioxidante.....	103
5.5. Efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante en los productos de Kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.).....	105
5.5.1. Minerales .....	105
5.5.1.1. Calcio.....	105
5.5.1.2. Hierro.....	107
5.5.1.3. Fósforo.....	107
5.5.2. Polifenoles totales .....	111
5.5.3. Capacidad antioxidante.....	113
5.6. Comparación de las concentraciones medias de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante por tipo de producto de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild), cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) y kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.).....	115
5.6.1. Minerales .....	116
5.6.1.1. Calcio.....	116
5.6.1.2. Hierro.....	117

5.6.1.3. Fósforo.....	119
5.6.2. Polifenoles totales .....	120
5.6.3. Capacidad antioxidante.....	122
CONCLUSIONES .....	124
RECOMENDACIONES.....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	128
ANEXOS.....	145

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Producción de quinua, cañihua y kiwicha en la región Cusco	
Campaña agrícola agosto 2016 – julio 2017.....	15
Tabla 2. Producción de quinua en el Perú en el II trimestre del año 2017 .....	16
Tabla 3. Composición proximal de las fracciones de quinua .....	18
Tabla 4. Contenido mineral de las fracciones de quinua .....	18
Tabla 5. Composición proximal de la cañihua.....	19
Tabla 6. Composición proximal de las fracciones de semillas de Amaranto .....	20
Tabla 7. Operacionalización de variables .....	45
Tabla 8. Programa de gradiente utilizado para la separación de aminoácidos .....	58
Tabla 9. Preparación de la curva de calibración de calcio .....	61
Tabla 10. Preparación de la curva de calibración de hierro .....	63
Tabla 11. Preparación de la curva de calibración de fósforo .....	65
Tabla 12. Preparación de la curva de calibración de polifenoles totales .....	68
Tabla 13. Preparación de la curva de calibración de Trolox .....	72
Tabla 14. Composición proximal de los productos de quinua.....	74
Tabla 15. Composición proximal de los productos de cañihua .....	79
Tabla 16. Composición proximal de los productos de kiwicha .....	75
Tabla 17. Contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de quinua .....	81
Tabla 18. Contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de cañihua .....	82
Tabla 19. Contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de kiwicha .....	83
Tabla 20. Efecto del procesamiento en la CM de calcio en los productos de quinua .....	85

Tabla 21. Efecto del procesamiento en la CM de hierro en los productos de quinua .....	87
Tabla 22. Efecto del procesamiento en la CM de fósforo en los productos de quinua .....	88
Tabla 23. Efecto del procesamiento en la CM de polifenoles totales en los productos de quinua .....	90
Tabla 24. Efecto del procesamiento en la CM de la capacidad antioxidante en los productos de quinua .....	92
Tabla 25. Efecto del procesamiento en la CM de calcio en los productos de cañihua .....	94
Tabla 26. Efecto del procesamiento en la CM de hierro en los productos de cañihua .....	96
Tabla 27. Efecto del procesamiento en la CM de fósforo en los productos de cañihua .....	99
Tabla 28. Efecto del procesamiento en la CM de polifenoles totales en los productos de cañihua .....	101
Tabla 29. Efecto del procesamiento en la CM de la capacidad antioxidante en los productos de cañihua .....	103
Tabla 30. Efecto del procesamiento en la CM de calcio en los productos de kiwicha .....	105
Tabla 31. Efecto del procesamiento en la CM de hierro en los productos de kiwicha .....	107
Tabla 32. Efecto del procesamiento en la CM de fósforo en los productos de kiwicha .....	109
Tabla 33. Efecto del procesamiento en la CM de polifenoles totales en los productos de kiwicha .....	111
Tabla 34. Efecto del procesamiento en la CM de la capacidad antioxidante en los productos de kiwicha .....	113
Tabla 35. Abreviaturas utilizadas .....	115
Tabla. 36. Concentraciones medias de calcio por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	116
Tabla 37. Comparación de las concentraciones medias de calcio por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	116

Tabla 38. Concentraciones medias de hierro por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	117
Tabla 39. Comparación de las concentraciones medias de hierro por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	118
Tabla 40. Concentraciones medias de fósforo por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	119
Tabla 41. Comparación de las concentraciones medias de fósforo por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	119
Tabla 42. Concentraciones medias de polifenoles totales por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	120
Tabla 43. Comparación de las concentraciones medias de polifenoles totales por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	121
Tabla 44. Concentraciones medias de la capacidad antioxidante por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	122
Tabla 45. Comparación de las concentraciones medias de la capacidad antioxidante por productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	122

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la semilla de quinua.....	10
Figura 2. Morfología de la semilla de kiwicha.....	14
Figura 3. Esquema de la Reacción de Maillard.....	21
Figura 4. Formación de la base de Schiff a partir de glucosa y fructosa.....	22
Figura 5. Formación de los compuestos de Amadori y Heyns.....	23
Figura 6. Formación de deoxiosonas.....	24
Figura 7. Estructuras químicas representativas de los principales metabolitos secundarios farmacológicamente activos presentes en las semillas de quinua.....	27
Figura 8. Diagrama de flujo del procesamiento de los productos de quinua desaponificada, cañihua y kiwicha.....	51
Figura 9. Reacción entre el AG y el RFC.....	67
Figura 10. Reacción de reducción de radical DPPH.....	70
Figura 11. Comparación de las CM(s) de calcio de los productos de quinua.....	86
Figura 12. Comparación de las CM(s) de hierro de los productos de quinua.....	88
Figura 13. Comparación de las CM(s) de fósforo de los productos de quinua.....	89
Figura 14. Comparación de las CM(s) de PT de los productos de quinua.....	92
Figura 15. Comparación de las CM(s) de la CA de los productos de quinua.....	94
Figura 16. Comparación de las CM(s) de calcio de los productos de cañihua.....	96
Figura 17. Comparación de las CM(s) de hierro de los productos de cañihua.....	99
Figura 18. Comparación de las CM(s) de fósforo de los productos de cañihua.....	100
Figura 19. Comparación de las CM(s) de PT de los productos de cañihua.....	103
Figura 20. Comparación de las CM(s) de la CA de los productos de cañihua.....	105
Figura 21. Comparación de las CM(s) de calcio de los productos de kiwicha.....	107
Figura 22. Comparación de las CM(s) de hierro de los productos de kiwicha.....	108

Figura 23. Comparación de las CM (s) de fósforo de los productos de kiwicha.....	110
Figura 24. Comparación de las CM(s) de PT de los productos de kiwicha.....	112
Figura 25. Comparación de las CM (s) de la CA de los productos de kiwicha.....	115
Figura 26. Comparación de las CM(s) de calcio de los productos de quinua cañihua y kiwicha.....	117
Figura 27. Comparación de las CM(s) de hierro de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	118
Figura 28. Comparación de las CM(s) de fósforo de los productos de quinua cañihua y kiwicha.....	120
Figura 29. Comparación de las CM(s) de PT de los productos de quinua cañihua y kiwicha.....	121
Figura 30. Comparación de las CM(s) de la CA de los productos de quinua cañihua y kiwicha.....	123



## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Productos de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Wild), cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) y kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.) .....	145
Anexo 2. Determinación de humedad de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	146
Anexo 3. Determinación de cenizas de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	147
Anexo 4. Determinación de proteínas de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	148
Anexo 5. Determinación de grasa de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	149
Anexo 6. Determinación de fibra bruta de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	150
Anexo 7. Determinación de Carbohidratos de los productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	151
Anexo 8. Determinación de Azúcares Reductores de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.	152
Anexo 9. Determinación de Lisina de los productos de quinua, cañihua y kiwicha .....	153
Anexo 10. Lecturas de absorbancias de estándares de calcio .....	154
Anexo 11. Curva de calibración de calcio .....	154
Anexo 12. Determinación de calcio de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	155
Anexo 13. Lecturas de absorbancias de estándares de hierro .....	156
Anexo 14. Curva de calibración de hierro .....	156
Anexo 15. Determinación de hierro de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	157
Anexo 16. Lecturas de absorbancias de estándares de fósforo.....	158
Anexo 17. Curva de calibración de fósforo .....	158
Anexo 18. Blanco y estándares para la curva de calibración de fósforo .....	159
Anexo 19. Determinación de fósforo de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	160
Anexo 20. Muestras para la determinación de fósforo .....	161
Anexo 21. Lecturas de absorbancias de Acido Gálico .....	161
Anexo 22. Curva de calibración de Acido Gálico .....	162
Anexo 23. Determinación de PT de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	163

Anexo 24. Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH	
al 50% de los productos de quinua.....	164
Anexo 25. Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH	
al 50% de los productos de cañihua .....	165
Anexo 26. Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH	
al 50% de los productos de kiwicha .....	166
Anexo 27. Muestras de la determinación del porcentaje de inhibición al 50% .....	167
Anexo 28. Lecturas de absorbancias de la solución de Trolox.....	167
Anexo 29. Curva de calibración de Trolox.....	168
Anexo 30. Pruebas preliminares para la determinación del volumen del extracto	
de cada producto de quinua, cañihua y kiwicha.....	169
Anexo 31. Determinación de la CA de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.....	171
Anexo 32. Máquinas utilizadas en la obtención de harinas tostadas. ....	172

## LISTA DE ABREVIATURAS

AA	:	aminoácidos
AAP	:	Aminoácidos primarios
AAS	:	Aminoácidos secundarios
Abs	:	Absorbancia
AG	:	Acido gálico.
AM	:	Amarillo de Marangani
AR	:	Azúcares Reductores
BJ	:	Blanca de Junín.
CA	:	Capacidad antioxidante
CM	:	Concentración Media
DPPH	:	2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo
ET	:	Equivalente Trolox
RFC	:	Reactivo de Folin-Ciocalteu
FD	:	Factor de dilución
GC	:	Grano de Cañihua
GCT	:	Grano de Cañihua Tostada
GK	:	Grano de kiwicha
GKT	:	Grano de Kiwicha Tostada
GQD	:	Grano de Quinoa Desaponificada
GQT	:	Grano de Quinoa Tostada
HCT	:	Harina de Cañihua Tostada
HKT	:	Harina de Kiwicha Tostada
HQT	:	Harina de Quinoa Tostada
IICA	:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

INIA : Instituto Nacional de Innovación Agraria

INTSORMIL: International Sorghum and Millet Collaborative Research Support Program

MPA : ácido 3-mercaptopropiónico

ms : masa seca

MSeINS: Ministerio de Salud e Instituto Nacional de Salud

PI al 50%: Porcentaje de inhibición al 50 %

PT : Polifenoles Totales

RM : Reacción de Maillard

TPCA : Tablas Peruanas de Composición de Alimentos

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

UNSAAC: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar las variaciones producidas en las concentraciones de los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), por efecto del procesamiento. Se trabajó con 9 unidades de análisis: 3 unidades de productos de quinua desaponificada, 3 unidades de productos de cañihua y 3 unidades de kiwicha. Se determinó que el procesamiento afectó las concentraciones medias de calcio, fósforo, polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los productos de quinua ( $p < 0.05$ ), mientras que la concentración media de hierro tuvo un comportamiento diferente. Así mismo, el procesamiento afectó a las concentraciones medias de calcio, hierro, fósforo, polifenoles totales y capacidad antioxidante en los productos de cañihua ( $p < 0.05$ ). Finalmente, las concentraciones medias de calcio, fósforo, polifenoles totales y capacidad antioxidante de los productos de kiwicha se vieron afectadas por el procesamiento ( $p < 0.05$ ), por el contrario, la concentración media de hierro no presentó efecto por el procesamiento.

Los resultados demostraron que el producto grano de kiwicha tostada presentó la mayor concentración media de calcio con 111.487 mg Ca/100 g ms. La mayor concentración media de hierro correspondió al producto grano de cañihua con 24.9567 mg Fe/100 g ms. El producto grano de cañihua evidenció la mayor concentración media de fósforo con 331.75 mg P/100 g ms. El producto grano de cañihua tostada presentó la mayor concentración media de polifenoles totales con 343.317 mg AG/100 g ms. Finalmente, el producto harina de kiwicha tostada presentó la mayor concentración media en la capacidad antioxidante con 258.417  $\mu$ g ET/g ms. Adicionalmente, se determinó la composición proximal, el contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de los tres granos durante el procesamiento. El procesamiento estadístico se realizó utilizando el software STATGRAPHICS Centurión XV.

**Palabras claves:** Quinua, cañihua, kiwicha, constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the variations produced in the concentrations of functional constituents and antioxidant capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) and kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) products, due to the effect of processing. Nine units of analysis were studied: 3 units of products of desaponified quinoa, 3 units of products of cañihua and 3 units of kiwicha.

It was determined that the processing affected the mean concentrations of calcium, phosphorus, total polyphenols and the antioxidant capacity of the quinoa products ( $p < 0.05$ ), while the mean concentration of iron had a different behavior. Likewise, the processing affected the mean concentrations of calcium, iron, phosphorus, total polyphenols and antioxidant capacity in Cañihua products ( $p < 0.05$ ). Finally, the mean concentrations of calcium, phosphorus, total polyphenols and antioxidant capacity of kiwicha products were affected by the processing ( $p < 0.05$ ), on the contrary, the mean concentration of iron did not present effect by the processing.

The results showed that the roasted kiwicha grain product presented the highest average calcium concentration with 111.487 mg Ca/100 g ms. The highest average concentration of iron corresponded to the product canihua grain with 24.9567 mg Fe/100 g ms. The cañihua grain product evidenced the highest average concentration of phosphorus with 331.75 mg P/100 g ms. The roasted cannihua grain product presented the highest average concentration of total polyphenols with 343.317 mg AG/100 g ms. Finally, the roasted kiwicha flour product presented the highest average concentration in antioxidant capacity with 258.417  $\mu\text{g}$  ET/g ms. Additionally, the proximal composition, the content of reducing sugars and lysine concentration of the products of the three grains during processing were determined. Statistical processing was performed using STATGRAPHICS Centurion XV software.

**Keywords:** Quinoa, cañihua, kiwicha, functional constituents (minerals and total polyphenols) and antioxidant capacity.

## INTRODUCCION

A partir del año 2014, el 30 de junio se celebra en el Perú el “Día Nacional de los Granos Andinos”, fecha en la que se busca promover e impulsar de manera conjunta la producción y consumo de estos valiosos y nutritivos granos. La quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) es un grano con un elevado valor nutricional, pues contiene la mayoría de aminoácidos esenciales, además de vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales y está libre de gluten. La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es uno de los granos andinos menos estudiados y más nutritivos. La Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) es uno de los cultivos más antiguos de América con un alto valor nutritivo, radicando su importancia no solo en la cantidad sino en la calidad de la misma, tiene un importante contenido de lisina, aminoácido esencial en la alimentación humana y que comúnmente es más limitante en otros cereales. Es fuente importante de micronutrientes como calcio y hierro.

Muchos estudios en nutrición humana, revelan una estrecha correlación entre el consumo de frutas y verduras y la menor incidencia de enfermedades crónicas degenerativas debido a su bajo contenido en colesterol y a la presencia de vitaminas, fibras, antioxidantes naturales y minerales. Los antioxidantes son sustancias que pueden retrasar o reducir la velocidad de oxidación de las sustancias auto oxidables. La tecnología de los alimentos proporciona las posibilidades de un consumo de alimentos con características propias mejorando muchas veces las propiedades de los mismos, poniendo a disposición de las poblaciones en riesgo a través de la ciencia de los alimentos y aplicaciones de la tecnología, alimentos que mejoran la seguridad y la calidad nutritiva de sus productos.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las variaciones producidas en las concentraciones de los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), por efecto del procesamiento

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Situación problemática

La alimentación constituye uno de los componentes esenciales del bienestar y un valioso indicador de los niveles de vida de una comunidad, y representa junto a otros indicadores, el grado de desarrollo de un país. Las proteínas animales son caras y en algunas zonas del país no ha sido posible producir alimentos como la carne y la leche en cantidades suficientes. Para enfrentar esta situación la OPS/OMS han procurado fomentar la producción y distribución de mezclas proteicas vegetales baratas, elaboradas a base de cereales, legumbres y concentrados proteicos de semillas oleaginosas, enriquecidas con vitaminas y cereales. (Collazos, 2001).

Los beneficios para la salud del consumo abundante de frutas y hortalizas, proceden inicialmente de las observaciones de las poblaciones. Los estudios epidemiológicos nutritivos, han demostrado que los factores ambientales, especialmente la composición de los alimentos, ejercen un gran impacto en la prevención del cáncer relacionado con el estatus hormonal y la ingesta escasa de frutas y hortalizas se asocia a una mortalidad alta por enfermedades cardiovasculares. (Damodarán *et al.*, 2008).

Existe la tendencia a reducir la base de la seguridad alimentaria global a solo unas pocas especies, reduciendo de esta forma el crecimiento económico, y por ende se están limitando los medios de vida de la población rural de escasos recursos, particularmente en áreas marginales. Esta disminución en la disponibilidad de especies usadas en la agricultura, reduce la capacidad de los agricultores y de los ecosistemas a adaptarse a los nuevos cambios, necesidades y oportunidades que se presenten. Debido a que estas especies (granos andinos) de importancia



local no han formado parte de proyectos de investigación y desarrollo, su potencial ha sido subexplotado (Rojas, 2010).

En este contexto, se realizó la tesis de maestría intitulada: **Efecto comparativo de las variaciones producidas en los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante durante el procesamiento de harinas tostadas de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)** Con la información obtenida se espera, contribuir en la mejora de la calidad de vida del consumidor bien informado, generando así un bienestar su salud. Respecto a la Empresa Cusco Mara Eirl, proveedora de las muestras, con los resultados obtenidos se espera proporcionar un valor agregado a sus productos comercializados a base de quinua, cañihua y kiwicha.

¿Existe efecto significativo del procesamiento en la concentración de los constituyentes funcionales y la capacidad antioxidante en los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)?

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿Cuáles son las variaciones producidas en las concentraciones de los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante en los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L), por efecto del procesamiento?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Qué características en la composición proximal presentan los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), durante de su procesamiento?

- ¿Qué características en el contenido de azúcares reductores y concentración de lisina presentan los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L), durante de su procesamiento?
- ¿Cuál es el efecto del procesamiento en la concentración de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild)?
- ¿Cuál es el efecto del procesamiento en la concentración de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)?
- ¿Cuál es el efecto del procesamiento en la concentración de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)?
- ¿Qué tipo de producto de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) o kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), presenta la menor y mayor concentración de constituyentes funcionales y capacidad antioxidante?

### **1.3. Justificación de la investigación**

Actualmente se observa un acentuado interés de la población por consumir alimentos que no solo proporcionen nutrientes sino que también contengan sustancias fisiológicamente activas que brinden una función beneficiosa en la reducción de ciertas enfermedades. La quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), se constituyen en importantes cultivos para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria.

La importancia del presente trabajo consiste en revalorar los cultivos originarios de los Andes Peruanos, relegados por siglos. Así, se espera contribuir en el conocimiento del efecto del procesamiento que pueda alterar la composición proximal, contenido de azúcares reductores, concentración de lisina, constituyentes funcionales y a través de la determinación de la capacidad antioxidante darle un valor agregado a los productos transformados de uso directo por el consumidor. Es así que:

**En el aspecto técnico**, se espera contribuir en el conocimiento del efecto que tendrá el procesamiento en las concentraciones de los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante de los productos quinua, cañihua y kiwicha.

**En el aspecto económico**, frente a la exigencia de identificar cultivos que tengan el potencial de producir alimentos de calidad: la quinua, la cañihua y la kiwicha, por sus propiedades nutritivas y funcionales, se constituyen en importantes alternativas para enfrentar el déficit alimentario, además estos alimentos son importantes para las comunidades andinas por su gran potencial de comercialización, no solo en el mercado nacional sino también en el internacional, por lo que se abren mercados de exportación expectables en la generación de ingresos para los pequeños productores.

**En el aspecto social**, uno de los fines de la Universidad es proyectar a la sociedad sus acciones y servicios para promover su cambio y desarrollo. En tal sentido con el fin de mejorar la economía de las familias campesinas es posible encontrar a través de la investigación agroindustrial, diferentes procedimientos de transformación y utilización de estos granos que incidan de forma positiva en la economía campesina, creando un eje: **productor, universidad y empresario**. Por lo que, en la elaboración de este trabajo de investigación, dentro de las empresas cusqueñas dedicadas a la elaboración de productos agroindustriales, se ha elegido a la Empresa: Cusco Mara Eirl, como aliada, en este esfuerzo corporativo, tomando en cuenta

además, que su propietaria la Ing. Adriana Valcárcel Manga se ha hecho merecedora de premios nacionales e internacionales.

**En el aspecto ambiental.** Normalmente los granos andinos tienen poco ataque de plagas y enfermedades. Los granos andinos son cultivados tradicionalmente sin el uso de agroquímicos.

**En el aspecto investigativo.** El profesional químico es uno de los responsables de realizar investigaciones en el campo de los alimentos, cuyo principal objetivo es identificar los determinantes moleculares de las propiedades de los alimentos, su reactividad química y de la aplicación de estos conocimientos para mejorar la formulación, el procesado y la estabilidad durante el almacenamiento de los alimentos y como objetivo final el determinar las relaciones de causa efecto con la estructura y función de los diversos componentes químicos de los mismos.

## 1.4 Objetivos de la investigación

### 1.4.1. Objetivo general

- Determinar las variaciones producidas en las concentraciones de los constituyentes funcionales y la capacidad antioxidante de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), por efecto del procesamiento.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición proximal de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), durante de su procesamiento.

- Determinar el contenido de azúcares reductores y concentración de lisina en los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) durante su procesamiento.
- Determinar el efecto del procesamiento en la concentración de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild).
- Determinar el efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).
- Determinar el efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)
- Determinar el tipo de producto de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) o kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) que presenta la menor y mayor concentración de constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO CONCEPTUAL

#### 2.1. Bases teóricas

##### 2.1.1. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), es un grano alimenticio originario de los Andes peruanos y de la región andina de América del Sur, territorio importante como centro de domesticación de plantas alimenticias, debido a la existencia de microclimas y diferencias altitudinales. (IICA, 2015). La altura óptima de cultivo para las quinuas del valle y del altiplano es de 2000 a 3400 msnm y de 3800 a 4000 msnm, respectivamente (Tapia y Fries, 2007). Su alta variabilidad genética ha permitido que los cultivares se adapten para crecer en muchas partes del mundo, incluidas las regiones de sequía y alta salinidad. (Tao, *et al.*, 2015).

##### 2.1.1.1. Nombres populares.

La palabra quinoa proviene de la lengua quechua y significa “grano madre” (Padrón, Oropeza y Montes, 2015). En Bolivia recibe el nombre de quinoa o hupa; en Ecuador, el nombre de quinoa o quinoa; en Perú, el nombre de quinoa (Bravo, 2007). En Bolivia y Perú: quinoa, quinoa, kiuna (quechua), jiura, jupha (aymara) y en Colombia: suba. (Rojas, Soto, Pinto, Matthias y Padulosi, 2010)

### 2.1.1.2 Descripción taxonómica.

Según el Sistema de Información Taxonómico Integrado. (ITIS, 2017), la jerarquía taxonómica de la quinua es:

Reino	Plantae
Subreino	Viridiplantae
Infrarreino	Streptophyta
Superdivisión	Embryophyta
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Clase	Magnoliopsida
Superorden	Caryophyllanae
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Género	<i>Chenopodium</i> L.
Especie	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd

### 2.1.1.3. Morfología del grano.

El fruto de la quinua es un aquenio constituido por el perigonio que envuelve a una sola semilla, (1 fruto = 1 semilla), la semilla es el fruto maduro sin el perigonio y presenta 3 partes definidas: episperma, embrión y perisperma (Padrón, *et al.*, 2015).

El perigonio se desprende con facilidad al frotarlo, el episperma, está formado por cuatro capas: una capa externa que determina el color de la semilla, de superficie, quebradiza, seca y que se desprende fácilmente con agua caliente, la saponina se ubica en la primera membrana, le confiere un sabor amargo al grano. (Tapia, 1990)

El pericarpio de la quinua es rica en saponinas amargas y deben ser eliminarse por abrasión o por lavado antes del consumo de las semillas (Graf, et al., 2015). El color de la segunda difiere de la primera y se observa sólo cuando la primera capa es translúcida, la tercera capa es una membrana delgada, opaca de color amarillo y la cuarta capa está formada por una sola hilera de células que cubre el embrión. (Tapia, 1990)

El embrión que rodea el episperma, es dicotiledonio (Gomaa, 2014). El embrión es rico en grasa y proteína (Graf, et al., 2015). La semilla tiene un endospermo celular formado por diferentes capas que rodean por completo al embrión. El perisperma es el tejido de almacenamiento principal y está compuesto básicamente por almidón (Gomaa, 2014). El almidón cuenta con aproximadamente 20% de amilasa, los azúcares libres llegan a 6.2 % y un contenido de fibras insolubles de 5.31%, fibra soluble 2.49% y fibra dietética de 7.80%, (Bernal, Daza y Echevarri, 2011). Posee también un tejido no embrionario que almacena proteínas, lípidos y minerales, que es la capa de aleurona (Burrieza, López-Fernández y Maldonado, 2014). El ácido fítico no está presente solo en las capas externas del grano de quinua, también se distribuye uniformemente en el endospermo. (Maradini, *et al.*, 2015). En la Figura 1, se presenta la morfología del grano.



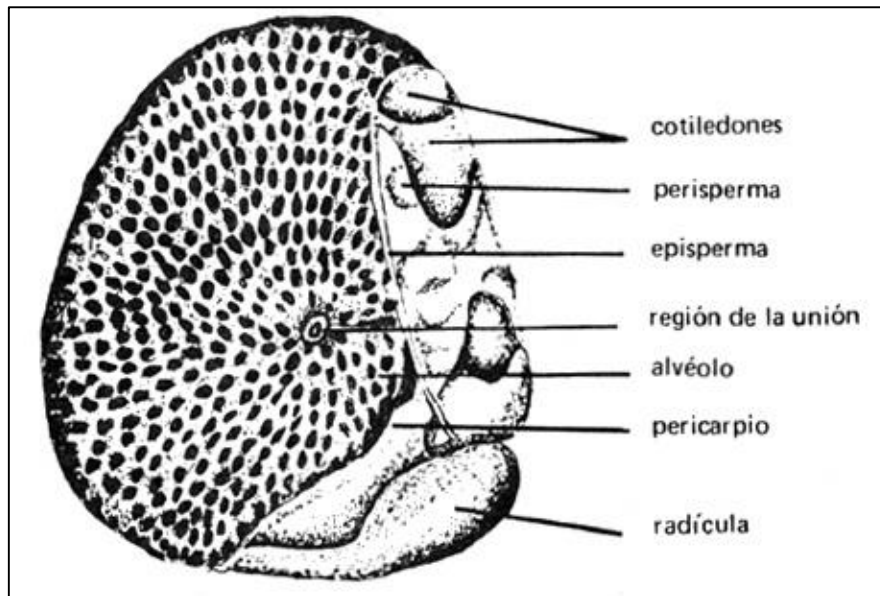


Figura 1. Morfología de la semilla de quinua. Fuente: adaptada de Tapia (1990)

### 2.1.2 Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

La cañihua es uno de los granos andinos menos estudiados y más nutritivos (Tacora, *et al.*, 2010). No existen evidencias arqueológicas relacionadas con la cañihua de manera que no se puede saber desde que tiempos data su cultivo. (Tapia, 1990). Fue considerada como una variedad de *Chenopodium quinoa*, en 1929 fue reconocida como una nueva planta (Rastrelli, De Simone, Schettino y Dini, 1996). La altura óptima de cultivo es de 3800 a 4200 msnm, su cultivo se centraliza en el altiplano de Puno en las zonas agroecológicas de Suni y Puna (Tapia y Fries, 2007). Es una planta resistente que florece en suelo pobre y rocoso y puede sobrevivir a las heladas y la sequía (Repo, Acevedo, Icochea, y Kallio, 2009). La tendencia del cultivo de cañihua es a disminuir, asociada a diversos factores, como la falta de humedad en el suelo en la época de siembra, dificultad de sus labores de siega y trilla y al desplazamiento de cultivos forrajeros (Mayta, 2016).

### 2.1.2.1. Nombres populares

En Bolivia recibe el nombre de cañihua ó cañagua; en Perú recibe los nombres de cañihua ó qañiwa (Bravo, 2007). Kañiwa, propio de las regiones con idioma quechua; o kañawa, de uso entre la población aymara (Tapia, 1990).

### 2.1.2.2. Descripción taxonómica.

Según Cochama, F., y Flores, C. (2015), la descripción taxonómica de la cañihua es:

Reino : Vegetal

Sub Reino : Phanerogamae

División: Angiospermas

Clase: Dicotyledoneae

Sub-Clase: Archichlamydeae

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: Chenopodium

Especie: *Chenopodium pallidicaule* AELLEN

### 2.1.2.3 Morfología del grano

El fruto está cubierto por el perigonio de color generalmente gris. El pericarpio es muy fino y translucido. La semilla es de forma lenticular de 1 a 2 mm de diámetro y de color castaño o negro, con el episperma muy fino. El color y tamaño de las semillas: negro, castaño, castaño claro. (Tapia, 1990)

### 2.1.3. Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L).

La kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es una planta comúnmente cultivada durante el tiempo de los incas y otras culturas anteriores en el Perú (Repo de Carrasco y Encina, 2008). La altura óptima de su cultivo es de 2800 a 3300 msnm (Tapia y Fries, 2007). Los primeros estudios agronómicos se iniciaron en la Universidad del Cusco desde 1973, a cargo del Ing. Oscar Blanco y recibieron mayor impulso en la década del ochenta gracias al entusiasmo del Ing. Luis Sumar (Tapia, 1990).

#### 2.1.3.1 Nombres populares.

La Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), es conocida con diversos nombres vulgares: “Kiwicha”, “Inchataco”, “Achis”, “Coyo”, “Coimi” y “Achita” en el Perú. “Millmi” y “Coimi” en Bolivia. “Incapachaqui”, “Trigo del Inca” y “quinua del valle” en el norte de Argentina.

#### 2.1.3.2 Descripción taxonómica.

Según el Sistema de Información Taxonómico Integrado. (ITIS, 2017), la jerarquía taxonómica de la kiwicha es:

Reino	Plantae
Subreino	Viridiplantae
Infrarreino	Streptophyta
Superdivisión	Embryophyta
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Clase	Magnoliopsida

Superorden Caryophyllanae

Orden Caryophyllales

Familia Amaranthaceae

Género *Amaranthus*

Especie *Amaranthus caudatus*

El género *Amaranthus* (Caryophyllales: Amaranthaceae) abarca aproximadamente 70-80 especies de distribución mundial, incluidas tres especies agronómicas denominadas colectivamente como el grano de amaranto (*A. hypochondriacus* L., *A. cruentus* L. y *A. caudatus* L.) (Lightfoot *et al.*, 2017).

### **2.1.3.3 Morfología del grano.**

El fruto es una cápsula pequeña, que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla ( Ripa, 2008). El pericarpio es rico en calcio, sodio y magnesio y, por estudios de molienda se ha encontrado que las cenizas están concentradas en un 60 % en el revestimiento de la semilla y en la fracción del germen (Carpio, 2009). La cubierta de la semilla consiste en una sola capa asociada con el perisperma, excepto en la región del embrión donde la capa de la semilla está unida a la pared grande y gruesa células del endospermo. El perisperma contiene almidón. (Irving, Betschart y Saunders, 1981)

El embrión o germen está arrollado en círculo alrededor del perisperma. El germen contiene altas concentraciones de vitaminas, minerales, proteínas y grasa. Los granos de diversos ecotipos presentan una cubierta muy dura, lo que determina semillas de alta latencia. Un gramo de semilla contiene aproximadamente 800 a 1600 semillas. (Sumar, 1993).

Argote *et al.* (2010) refieren que en el grano se distinguen cuatro partes importantes: episperma que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas, endosperma que viene a ser la segunda capa, embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna llamada perisperma rica en almidones. En la Figura 2, se observa la morfología de la semilla de kiwicha

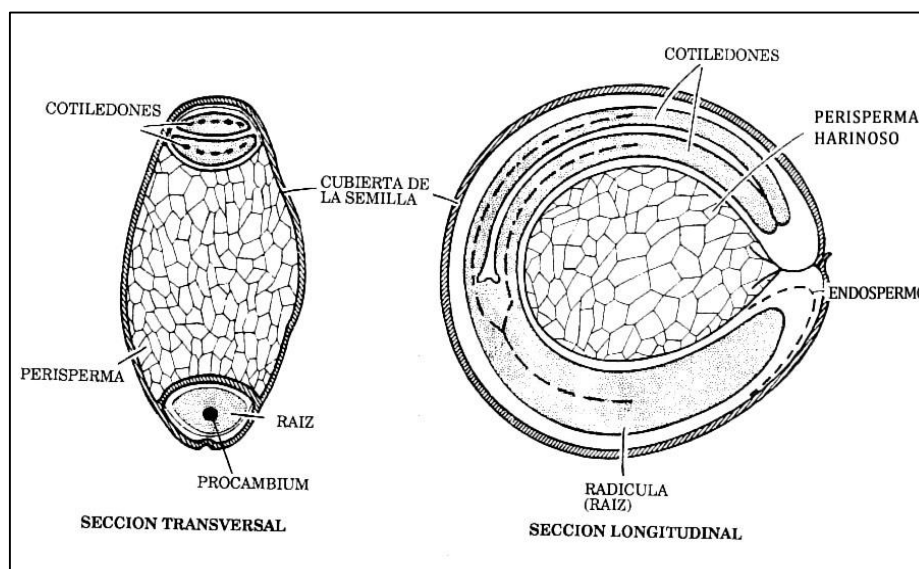


Figura 2. Morfología de la semilla de kiwicha. Fuente: Sumar (1993)

#### 2.1.4. Panorama de los granos andinos en la región Cusco y en el Perú.

La quinua, cañihua o amaranto, constituyen una valiosa alternativa para las comunidades rurales ante los efectos del cambio climático y la existencia de mercados potenciales (ADEX, 2015). En la Tabla 1, se observa la producción agrícola de estos granos en la región del Cusco- Campaña agrícola agosto 2016-julio 2017. La provincia de Anta es la mayor productora de quinua con 1160 toneladas. La provincia de Espinar, se constituye en la única productora de cañihua con 246.25 toneladas. La provincia de Anta es la que posee la mayor producción de kiwicha con 350 toneladas. En la Tabla 2 se aprecia la producción de quinua en el Perú en el II trimestre del año 2017. No existe información sobre la producción

de cañihua y kiwicha. Según la Dirección Regional Agraria Puno (2017), la cañihua es considerada un cultivo transitorio.

**Tabla 1**

*Producción de quinua, cañihua y kiwicha en la región Cusco. Campaña agrícola agosto 2016 – julio 2017*

Provincias	Quinua			Cañihua			Kiwicha		
	Prod.	Hectáreas	Pch	Prod.	Hectáreas	Pch	Prod.	Hectáreas	Pch
	(t)	(ha)	(S/kg)	(t)	(ha)	(S/kg)	(t)	(ha)	(S/kg)
Acomayo	114.00	117	4.04	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Anta	1,160.00	580	3.58	nr	nr	nr	350.50	180	3.85
Calca	238.70	143	3.17	nr	nr	nr	61.9	31	2.95
Canas	84.40	94	4.03	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Canchis	149.10	171.00	2.95	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Chumbivilcas	305.60	124.00	4.28	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Cusco	87.00	58.00	3.33	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Espinar	908.00	692.00	5.00	246.25	537.5	6.00	nr	nr	nr
Paruro	155.20	152	3.68	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Paucartambo	277.10	137	3.30	nr	nr	nr	100.90	36	3.12
Quispicanchi	650.60	470	4.08	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Urubamba	99.50	89	3.22	nr	nr	nr	nr	nr	nr
La Convención	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr

Prod.: Producción, Pch Precio chacra: Fuente: Dirección Regional Agraria-Cusco (2017). nr= no hay registro

**Tabla 2****Producción de quinua en el Perú en el II trimestre del año 2017 Abril-Junio 2017**

Región	Superficie cosechada (ha)			Tonelada (t)		
	Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio
	(t)	(ha)	(S/Kg)	(t)	(ha)	(S/Kg)
<b>Nacional</b>	<b>22 959</b>	<b>23 739</b>	<b>10 060</b>	<b>26 066</b>	<b>27 782</b>	<b>14 456</b>
Amazonas	0	0	0	0	0	4
Ancash	6	42	22	8	44	23
Apurímac	204	1 535	1 535	385	3 047	2 960
Arequipa	51	51	110.00	165	92	184
Ayacucho	459	6 235	4 328	556	7 034	5 572
Cajamarca	9	90	296	9	104	314
Cusco	54	3 270	1 330	53	3 205	2 122
Huancavelica	166	216	580	155	238	610
Huánuco	7	199	357	9	166	329
Junín	0	103	1 249	0	181	1 924
La Libertad	0	0	277	0	0	402
Lima Metropolitana	2	0	0	4	0	0
Moquegua	0	31	3	0	25	2
Pasco	0	11	0	0	9	0
Puno	21 934	11 952	0	24 522	13 626	0
Tacna	67	5	5	201	12	11

Fuente: MINAGRI (2017)

### **2.1.5. Valor agroindustrial de los granos andinos.**

Los granos andinos se encuentran vinculados a diferentes tipos de mercados, desde los más simples donde los agricultores acuden para cubrir las necesidades de autoconsumo, hasta aquellos a los que concurren para generar ingresos y cubrir necesidades mayores. La demanda de estos mercados es cada vez mayor sobre todo por la conciencia de la gente de consumir productos más sanos y saludables. (Rojas, 2010) Los granos andinos tienen una versatilidad muy grande para la transformación ya sea primaria como agroindustrial, pudiendo obtener productos de sabor, color y forma variadas de presentación (Jacobsen *et al*, 2003)

### **2.1.6. Valor nutricional.**

#### **2.1.6.1. De la quinua.**

La quinua ha recibido mucha atención en los últimos años debido a su excepcional valor nutritivo y posibles beneficios para la salud (Tang *et al.*, 2015). Tiene un aminoácido único, carbohidratos, lípidos y micronutrientes a menudo superiores a los de productos de cereales. Las proteínas de almacenamiento de la quinua consisten principalmente de globulinas y albúminas, con poca o ninguna presencia de prolaminas, las prolaminas, tales como gliadina de trigo, secalina de centeno y hordeína de cebada, inducen respuestas autoinmunes en pacientes celíacos. (Graf, *et al.*, 2015).

En la Tabla 3 se presenta la composición proximal de las fracciones de quinua. Se observa que el embrión es rico en proteínas (57% de la proteína total) y en los lípidos (49% del total de lípidos), por lo tanto, el embrión puede ser una excelente fuente de proteínas y lípidos.



**Tabla 3****Composición proximal de las fracciones de quinua**

	<b>Grano entero</b>	<b>Grano molido</b>	<b>Afrecho</b>	<b>Perisperma</b>	<b>Embrión</b>
Proteína	12.9 (100)	13.3 (96)	6.1 (4)	7.2 (39)	23.5 (57)
Lípidos	6.5 (100)	6.7 (95)	3.9 (5)	5.0 (46)	10.2 (49)
Carbohidratos	63.7 (100)	64.6 (93)	54.2 (7)	78.2 (73)	43.1 (20)
Fibra dietética	13.9 (100)	12.7 (84)	26.6 (16)	8.5 (39)	18.9 (45)
Cenizas	3.0 (100)	2.7 (76)	9.2 (24)	1.1 (25)	4.3(51)

Todos los contenidos están expresados en g/100 g base seca. El número entre paréntesis representa el porcentaje del contenido en cada fracción con respecto al contenido total en el grano. Adaptado de Ando et al. (2002)

En el Tabla 4 se observa el contenido mineral de las fracciones de quinua, en el salvado o afrecho, el contenido de calcio y hierro es mayor que en las otras fracciones, mientras que el contenido de fósforo es mayor en el embrión.

**Tabla 4****Contenido mineral de las fracciones de quinua**

<b>Elemento</b>	<b>Grano entero</b>	<b>Grano molido</b>	<b>Afrecho</b>	<b>Perisperma</b>	<b>Embrión</b>
Calcio	121.3 (100)	91.8 (70)	481.3 (30)	71.8 (34)	139.7 (36)
Fósforo	359.5 (100)	360.2 (92)	350.8 (8)	286.6 (50)	482.6 (42)
Hierro	9.5 (100)	9.2 (87)	14.3 (13)	7.2 (48)	11.3 (39)

Todos los contenidos están expresados en mg/100 g base seca. El número entre paréntesis representa el porcentaje del contenido en cada fracción con respecto al contenido total en el grano. Adaptado de Ando et al. (2002)

**2.1.6.2. De la cañihua.**

La cañihua es uno de los granos andinos menos estudiados y más nutritivos (Tacora, et al., 2010). En la Tabla 5 se aprecia la composición proximal de dos variedades de cañihua.

**Tabla 5***Composición proximal de la cañihua*

Componente	Muestra cruda	
	Variedad ILLPA	Variedad Cupi
<b>Humedad</b>	8.26	7.5
<b>Ceniza</b>	2.61	3.13
<b>Grasa</b>	8.79	8.15
<b>Proteína</b>	13.67	14.85
<b>Fibra cruda</b>	6.41	6.91
<b>Carbohidratos</b>	60.26	59.45

Valores expresados en términos de porcentaje. Adaptado de Tacora *et al.* (2010)

**2.1.6.3. De la kiwicha.**

Se dice que mientras la quinua era un alimento para los guerreros incas, por nutrir la masa muscular y brindar energía física, la kiwicha era preferida por los amautas, los sacerdotes incas, por nutrir el intelecto y favorecer la vida espiritual. Curiosamente, uno de las razones por la que los científicos de la NASA escogieron a la kiwicha para la alimentación en el espacio fue por su capacidad de promover un estado de alerta, mejorar los reflejos y el sistema nervioso. (Sacha, 2012). La harina de amaranto es libre de gluten y rica en minerales como hierro, magnesio y calcio. (Lightfoot, *et al.*, 2017). En la Tabla 6 se observa la composición proximal de las fracciones de semillas de Amaranto.

**Tabla 6. Composición proximal de las fracciones de semillas de Amarantho**

	<u>Raymond</u>		<u>Strong-Scott pearler</u>	
	Fracción R1	Fracción R2	Fracción R1	Fracción R2
<b>Componentes</b>	<b>Testa + embrión</b>	<b>Perisperma</b>	<b>Testa + embrión</b>	<b>Perisperma</b>
Humedad	8.5	9.3	9.0	10.4
Proteína	36	9.4	29.0	8.1
Grasa	19.1	5.2	11.1	2.1
Ceniza	6.0	1.7	4.0	1.1
Fibra cruda	9.5	4.6	6.9	1.4
Carbohidratos	20.9	69.8	40.0	76.4

Valores expresados en términos de porcentaje. Fuente: Bressani, Sánchez y Morales (1992)

### **2.1.7. Componentes antinutricionales.**

Las saponinas de la quinua son amargas y representan el principal factor antinutricional en el grano (Yao, Yang, Shi y Ren, 2014). También se encuentran el ácido fítico, taninos, nitratos, oxalatos e inhibidores de tripsina que están presentes en concentraciones más altas en las capas externas de la grano. El ácido fítico es capaz de quelar minerales bivalentes como calcio, hierro, magnesio, zinc y cobre, así como almidón, proteínas y enzimas, comprometiendo la biodisponibilidad de estos componentes. Se encuentra principalmente en la cáscara de la mayoría de los cereales en concentraciones del 1% al 3% de materia seca, constituyendo la principal reserva de fosfatos de estas semillas. (Maradini, *et al.*, 2015). En las semillas de *Chenopodium pallidicaule* se aislaron siete saponinas triterpenoides (Rastrelli, 1996). El ácido fítico se encuentra en gran cantidad en el amaranto que también posee saponinas (Terán *et al.*, 2015).

### 2.1.8. Azúcares reductores y lisina.

El color de los alimentos se debe fundamentalmente, a los distintos pigmentos de origen animal o vegetal, y a sus derivados provenientes de las reacciones químicas en las que intervienen. Sin embargo, otras coloraciones aparecen durante la fabricación, almacenamiento y preparación de los alimentos, dichas coloraciones se deben a los compuestos producidos en las reacciones de oscurecimiento o pardeamiento que se dividen en pardeamiento enzimático y no enzimático (caramelización, la reacción de Maillard y la oxidación del ácido ascórbico). (Badui, 2013)

#### 2.1.8.1 Descripción de la Reacción de Maillard.

Afirman Rufián y Pastoriza (2016) que la RM es la responsable del aroma, color y sabor de los alimentos sometidos a muchos tratamientos térmicos. Se favorece en ausencia de oxígeno, aunque su presencia no evita su desarrollo, esta formada por una compleja red de reacciones químicas en cadena (Figura 3)

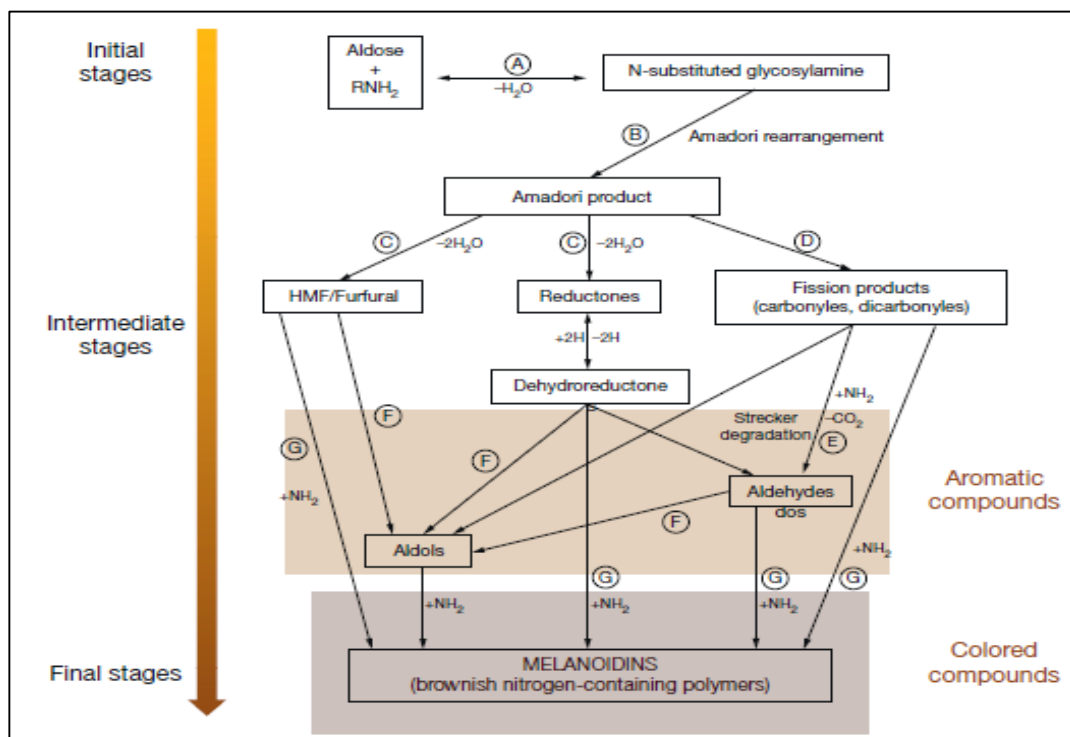


Figura 3. Esquema de la Reacción de Maillard. Fuente: Rufián y Pastoriza (2016)

**Primer paso (A).** Consiste en la condensación nucleofílica de un grupo carbonilo con un grupo amino y posterior deshidratación, formándose una base de Schiff inestable la cual es transformada rápidamente a una N-glucosilamina sustituida o imina (base de Schiff para glucosa o fructosa). Esta reacción es reversible porque en un medio fuertemente ácido el azúcar o el aminoácido pueden ser regenerados. El grupo amino puede ser de un aminoácido libre o la cadena lateral de un aminoácido (como lisina) incorporada en una proteína o el grupo amino terminal de una proteína. Los grupos carbonilo, provienen usualmente de azúcares reductores aunque también pueden ser compuestos carbonílicos de etapas intermedias de las RM o de la oxidación de los lípidos (Figura 4).

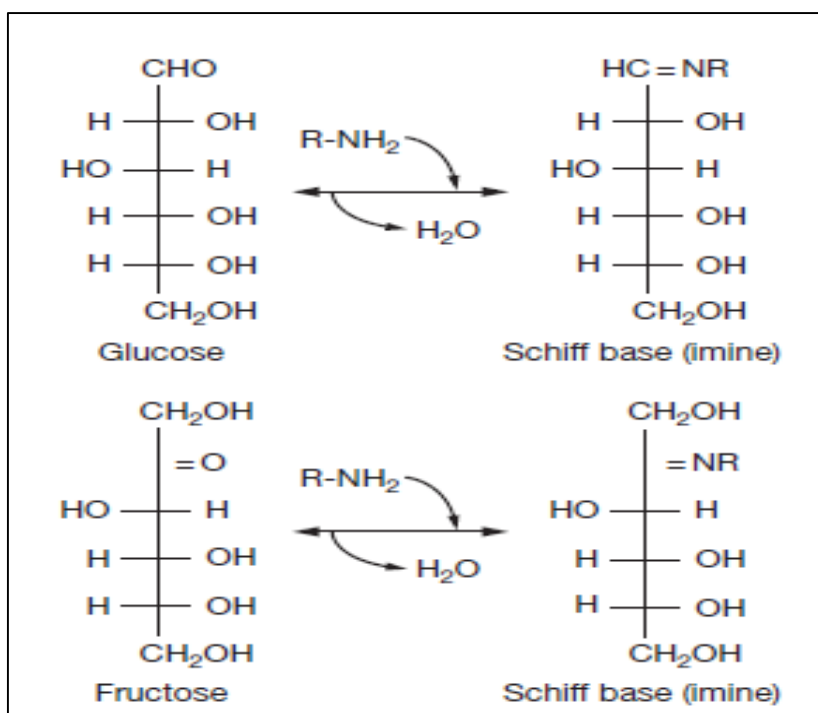


Figura 4. Formación de la base de Schiff a partir de glucosa y fructosa.  
Fuente: Rufián y Pastoriza (2016)

**Segundo paso (B).** Consiste en el reordenamiento irreversible de la N-glucosilamina sustituida, como resultado, el grupo oxidrilo de la posición  $\alpha$  de la imina (base de Schiff) puede reordenarse a través de los 1,2-eneaminos correspondientes a 1,2-enediol. Cuando la molécula es una aldosisilamina N-sustituida, por medio del reordenamiento de Amadori, se

forma la 1-amino-1-deoxi-2-cetosa (compuesto de Amadori). Sin embargo, cuando se trata de una cetosilamina N-sustituída, se forma una 2-amino-2-deoxi-2-cetosa, mediante el reordenamiento de Heyns (compuesto de Heyns). Los productos de Amadori son más estables que la base de matriz de Schiff, siendo los primeros compuestos en la RM que se pueden medir en los alimentos. La razón para tal estabilidad parcial en comparación con las iminas se explica por su estructura molecular cíclica: las iminas se pueden convertir a hemiaminal cíclico, el cual no es estable debido ellos mutarotan muy fácilmente. Sin embargo el reordenamiento de Amadori conduce a la formación de furanosa, la cual como hemiacetal tiene una estabilidad a mutarrotar comparable con los carbohidratos (Figura 5)

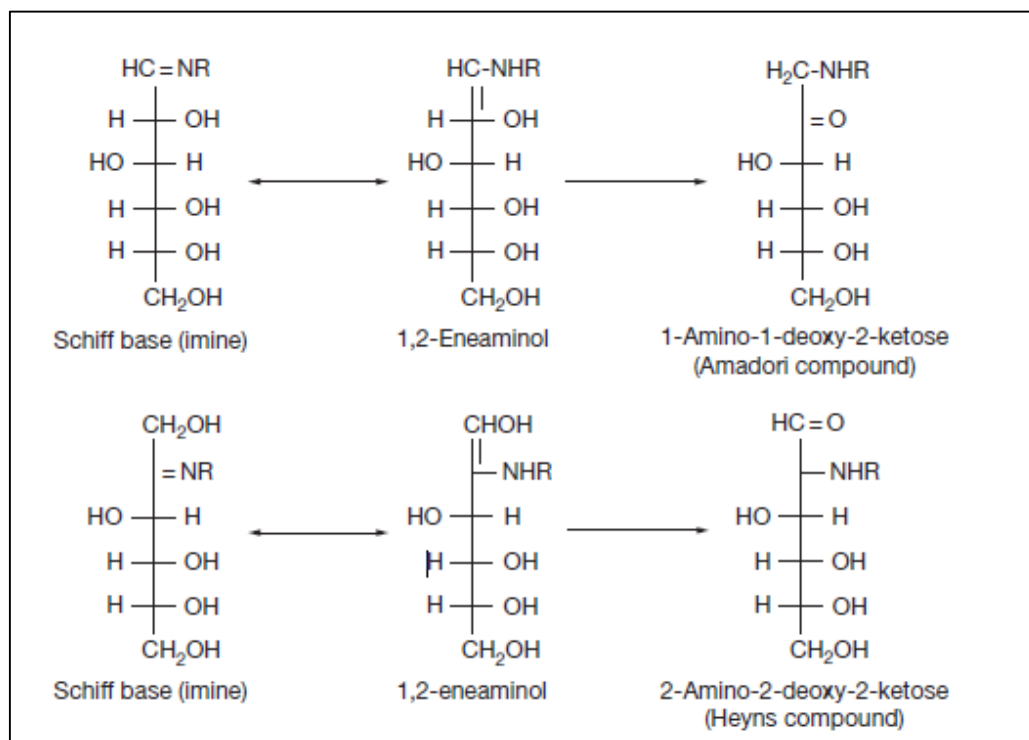


Figura 5. Formación de los compuestos de Amadori y Heyns. Fuente Rufián y Pastoriza (2016)

**Tercer paso (C).** Los productos de Amadori y Heyns son descompuestos, dependiendo del pH y la temperatura del medio, dando lugar a la formación de diferentes compuestos intermedios, responsables del aroma final y el color los alimentos. Diferentes osulosas, llamadas como 1-, 3- o 4-deoxyosonas y reductonas - se forman, las que nuevamente se descomponen y reaccionan en los pasos intermedios de las RM. La formación de deoxyosonas se logra a un

pH que oscila entre 4 y 7. El producto de Amadori 1-amino-1-deoxi-2-cetosa puede ser convertido a 2,3-eneaminol y 1,2-eneaminol, que se descomponen para formar la posterior deoxyosona. La eliminación de agua del 1,2-eneaminol y la hidrólisis del catión imina forma la 3-deoxyosona. La eliminación de agua en el carbono 4 del 2,3-eneaminol con la formación de 4-deoxyosona. Además la descomposición adicional de las 3-deoxyosonas a pH bajo, a través de 1,2-enolización, da lugar a la formación final de compuestos furánicos como 5-hidroxi metilfurfural (HMF) y furfural a partir de hexosas y pentosas, respectivamente. La 2,3-enolización tiene lugar a pH básico, generando pirroles y piranonas. Las reductonas así formadas pueden deshidratarse, nuevamente para formar deshidroreductonas, que forman polímeros reaccionando con grupos amino en las etapas avanzadas de la RM (Figura 6)

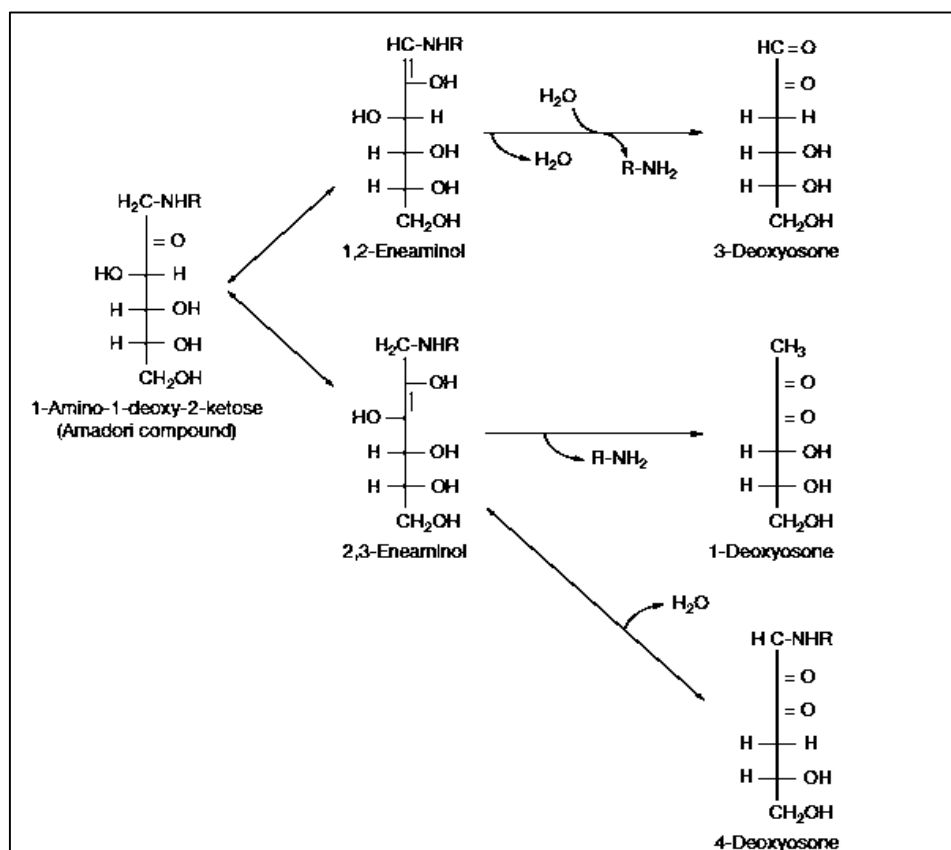


Figura 6. Formación de deoxyosonas. Fuente. Rufián y Pastoriza (2016)

**Cuarto paso (D).** Los compuestos de Amadori pueden descomponerse en productos como acetal o acetaldehído

**Quinto paso (E).** Se produce la interacción de los aminoácidos con los compuestos dicarbonílicos, como las deshidroreductonas, este proceso se conoce como la degradación de Strecker que implica la pérdida de aminoácidos en los alimentos. Como resultado de esta ruta de degradación se forman nuevos aldehídos con un átomo de carbono menos, perdido como CO<sub>2</sub>. Esto ocurre en alimentos con altas concentraciones de aminoácidos libres y en condiciones drásticas (alta temperatura y baja presión). Los aldehídos así formados (por ejemplo el metional, fenilacetaldehído y 3-metil butanal) tienen un potencial de aroma muy alto, dependiendo del aminoácido degradado. Las siguientes etapas (sexta y séptima) son conocidos como los pasos relevantes de la RM, donde dos tipos de compuestos diferentes son formados: Los compuestos aromáticos volátiles y las meloidinas

**Sexto paso (F).** Se forman directamente compuestos aromáticos volátiles a partir de los compuestos de Amadori no necesitando la mediación de grupos amino libres. Sin embargo, un 1% del total de compuestos volátiles se forman por la reacción de 2-deoxiglucosa con aminoácidos. Como en el caso de la degradación de Strecker, muchos compuestos químicos diferentes son formados como pirazinas, pirroles, tiazoles y tiofenos, que proporcionan sabores a los alimentos.

**Séptimo paso (G).** Se forman las melanoidinas que son compuestos aniónicos poliméricos de color marrón. Las que se producen mediante la condensación de productos aminados de las etapas intermedias de la RM tales como pirroles N-sustituidos, 2-formilpirroles N-sustituidos y 2-furaldehído. Las melanoidinas tienen una amplia masa molecular y diferentes espectros de absorbancia. Según Zapata, Tamayo y Rojano (2015), las melanoidinas contribuyen a la actividad antioxidante, sabor y color el grano tostado.



## **2.1.9. Constituyentes funcionales.**

### **2.1.9.1. Minerales.**

El cuerpo humano requiere algunos minerales que son esenciales para el funcionamiento normal, llamados minerales esenciales (Rajasekaran, 2017). Se encuentran en los alimentos a concentraciones relativamente bajas. No obstante, desempeñan papeles clave tanto en los sistemas vivos como en los alimentos (Damodarán, Parkin, y Fennema, 2008).

Los minerales presentes en los alimentos de origen animal o vegetal provienen de los productos del campo que, a su vez, dependen de las prácticas agrícolas, la genética el suelo, los fertilizantes, los plaguicidas, el agua, etc. Debido a que son hidrosolubles, la mayor parte de sus pérdidas se producen por lixiviación en cualquier etapa en la que exista contacto del alimento con el agua. (Badui, 2013). Los granos andinos son ricos en minerales tales como hierro, fósforo y calcio ubicados en la capa de la aleurona (Rojas *et al.*, 2010)

### **2.1.9.2. Polifenoles.**

Los compuestos fenólicos comprenden una amplia familia de metabolitos secundarios a base de una estructura fenólica que incluye a las antocianinas, flavonoides como las isoflavonas, flavononas, y flavonoles (catequinas), los taninos y los lignanos, a los que se les adjudica efectos antioxidantes, antiinflamatorios, cardioprotectores y antimicrobianos. (Badui, 2013). Se han identificado más de 8000 y se encuentran en frutas y verduras. La ingesta diaria promedio en la dieta es aproximadamente un gramo por persona (Shahidi y Ambigaipalan, 2015). Tradicionalmente, estos compuestos se han considerado importantes en los vegetales por su participación en el flavor y en el color, especialmente en el pardeamiento enzimático. (Damodarán *et al.*, 2008).

Tang *et al.* (2015) refieren que se identificó la composición de diferentes formas de compuestos fenólicos extraíbles y betacianinas de cultivares de quinua blanca, roja y negra, y cómo contribuyen a las actividades antioxidantes. Los resultados mostraron que al menos 23 compuestos fenólicos se encontraron en formas libres o conjugadas, liberados por hidrólisis alcalina y / o ácida. (Figura 7).

El ensayo del Reactivo de Folin Ciocalteu RFC, inicialmente fue empleado para la identificación de tirosina en proteínas, pero con el tiempo fue modificado para poder analizar compuestos polifenólicos en distintos tipos de extractos vegetales (Muñoz, *et al.*, 2017)

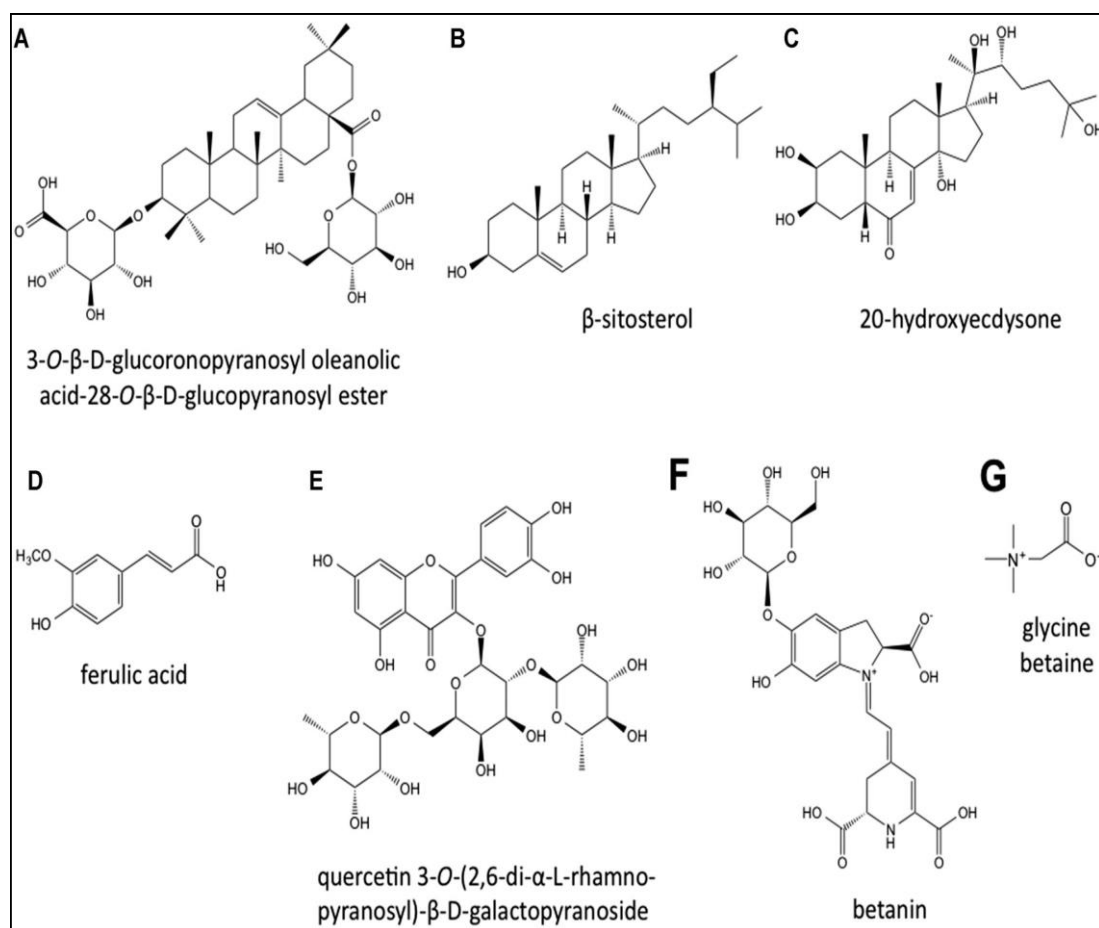


Figura 7. Estructuras químicas representativas de los principales metabolitos secundarios farmacológicamente activos presentes en las semillas de quinua. A: triterpeno saponina, B: fitosterol, C: fitoecdisteroide, D: ácido fenólico, E: flavonol glucósido, F: betalaina, G: glicina betaína. Fuente: Graf *et al.* (2015)

Según los estudios de Repo de Carrasco *et al.* (2009), el grano de cañihua es una excelente fuente de compuestos fenólicos y tiene muy alta actividad antioxidante, el salvado tiene un gran contenido de compuestos fenólicos. Refiere Peñarrieta, (2007) que al trabajar con cañihua (*Chenopodium pallidicaude*), oca (*Oxalis tuberosa*), ullucu (*Ollucus tuberosum*) y fresa silvestre (*Fragaria vesca*), la cañihua presentó el mayor contenido de polifenoles y flavonoides.

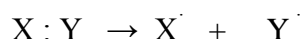
Refieren Akin-Idowu, Ademoyegun, Olagunju y Adebo (2017) que el grano de *Amaranthus caudatus* exhibe actividad antioxidante y esto se ha atribuido a su contenido de polifenoles, antocianinas, flavonoides y tocoferoles, mayores contenidos de taninos (0,14 g /100 g) y quelantes de hierro (66,72 %). Damodarán *et al.* (2008) refieren que ejemplos de vegetales que contienen betalainas son la remolacha roja y el amaranto. Las principales betacianinas en el amaranto son la amarantina y la isoamarantina. Según Brito, Oliveira, Pessoa y Pontes (2017), la harina de amaranto es un alimento funcional, se sabe que su actividad oxidante es atribuida a su contenido de fenoles, antocianinas, flavonoides y tocoferoles.

#### **2.1.10. Radicales libres.**

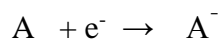
El metabolismo normal genera productos con actividad oxidante que, si no son eliminados o neutralizados, reaccionan con moléculas constituyentes del propio organismo causando alteraciones que perturban su funcionamiento. Un radical libre es un átomo o un grupo de átomos que posee, en orbitales externos, uno o más electrones no apareados. La molécula que reacciona con el radical, al perder un electrón, se convierte a su vez en otro radical. Este puede actuar sobre una nueva molécula, y así sucesivamente. Se habla de una reacción autopropagante o en cadena. (Blanco y Blanco, 2013). El principal modo en el cual se puede desactivar un radical libre, y así poner fin a esta reacción en cadena, es si dos radicales reaccionan juntos, cuando los electrones no apareados pueden formar par en una u otra de las

moléculas originales. (Murray, 2013). Los radicales libres se pueden formar por dos mecanismos (Hicks, 2007):

- Por rompimiento homolítico de un enlace covalente de una molécula estable, en el que cada fragmento retiene un electrón no apareado (de los dos que formaban el enlace), proceso que requiere un aporte energético:



- Por transferencia de electrones, en la cual una molécula estable gana un electrón.



El estrés oxidativo (OxS) se define como un estado en el que la velocidad de generación de ROS (especies reactivas de oxígeno) excede nuestra capacidad para protegernos frente a ellas, lo que incrementa el daño oxidativo a las biomoléculas. (Baynes y Marek, 2011)

#### **2.1.11. Antioxidantes.**

Se considera que el origen de muchas enfermedades es la oxidación celular en el organismo, debido a que causa daños irreversibles en las membranas de la célula, así como en sus proteínas y ácidos nucleicos (Badui, 2013). Un antioxidante con función biológica es una sustancia que incluso en concentraciones muy pequeñas comparadas con las de un sustrato oxidable, disminuye o evita la oxidación del sustrato toda vez que resulta un agente reductor más potente. En bioquímica inorgánica puede considerarse un donador de electrones capaz de evitar una reacción en cadena de óxido reducción (Hicks, 2007).

Para contrarrestar la toxicidad de las especies reactivas, el organismo dispone de mecanismos eficaces de protección. En condiciones normales, a las tensiones de O<sub>2</sub> del aire atmosférico, las concentraciones de estos agentes tóxicos se mantienen en niveles muy bajos. Esto se debe a la acción conjunta de sistemas antioxidantes endógenos y de compuestos

exógenos a portados por los alimentos. (Blanco y Blanco 2013). De manera natural muchos alimentos contienen sustancias que previenen la oxidación. Entre ellos destacan; a) carotenoides, cómo el  $\beta$ -caroteno b) lecitina; c) derivados fenólicos. Además de los derivados de la reacción de Maillard (Badui, 2013).

El potencial antioxidante de los compuestos fenólicos depende del número y de la disposición de los grupos hidroxilo de las moléculas de interés. (Shahidi y Ambigaipalan, 2015). El ácido fítico durante mucho tiempo ha sido considerado como un anti-nutriente. Sin embargo, es reconocido como un potencial antioxidante (Repo de Carrasco *et al.*, 2009).

### **2.1.12. Capacidad antioxidante.**

La actividad antioxidante corresponde a la razón constante de un solo antioxidante en contra de un radical libre dado. La capacidad antioxidante es la medida de los moles de un radical libre dado reducido por un solución prueba, independientemente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla, depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales (Vásquez, 2006). Los términos “actividad antioxidante” y “capacidad antioxidante” tienen diferente significado: el término actividad antioxidante se ocupa de la cinética de una reacción entre un antioxidante y el prooxidante o radical que se reduce, mientras que la capacidad antioxidante mide la eficiencia de la conversión termodinámica entre un oxidante al reaccionar con un antioxidante (Apak *et al.*, 2013).

Desde el punto de vista de la metodología del DPPH, este método es recomendado como fácil y exacto con consideración a medir la actividad antioxidante de jugos o extractos de vegetales y frutas. Los resultados son altamente reproducibles y comparables a otros métodos de secuestro de radicales libres tales como el ABTS. La actividad antioxidante (expresada como equivalente Trolox) se define como la concentración de Trolox que equivale

a una actividad antioxidante de 1mM de concentración de la sustancia analizada. (Vásquez, 2006)

### **2.1.13. Tratamientos previos de los granos de quinua, cañihua y kiwicha antes de su procesamiento.**

#### **2.1.13.1. De la quinua.**

Se han encontrado saponinas triterpénicas en todas las partes de la planta tales como hojas, flores, frutas, semillas y capas de semillas (Yao *et al.*, 2014). La quinua requiere un procesamiento previo para eliminar la saponina. Se conocen varios métodos: el método húmedo (lavado), método seco o escarificado, mixto (escarificado y lavado). (Jacobsen *et al*, 2003). Una vez eliminada la saponina, los granos de quinua pueden ser consumidos en diferentes formas: harinas, hojuelas y cereales listos para el desayuno (Rojas, 2010)

#### **2.1.13.2. De la cañihua.**

Se han realizado pocas investigaciones sobre el procesamiento de la cañihua. La forma más corriente de su consumo es a través de su retostado y molido (Tapia, 1990). Es una planta que por sus características de cultivo y su cercanía al suelo requiere de un proceso de beneficiado en donde solo se eliminan las partículas terrosas por vía seca y/o húmeda (por arrastre de agua) Se puede consumir de varias formas como: hojuelas precocidas tipo corn flakes, papillas infantiles para lactantes, pastas gluten free, harinas precocidas para uso en repostería fina, etc. (Rojas, 2010)

#### **2.1.13.3. De la kiwicha.**

La kiwicha no requiere ningún tratamiento previo para el uso directo del grano, sin embargo generalmente viene con tierra y piedrecillas que desmejoran grandemente su utilización, para ello se necesita eliminarlas mediante selección o con más cuidado en el momento de la cosecha y trilla. (Jacobsen *et al*, 2003)

#### **2.1.14. Procesamiento de los granos.**

El principal objetivo del procesado de los alimentos, es contrarrestar la actividad de los microorganismos y retrasar los cambios químicos que podrían alterar la calidad del producto, modificando lo mínimo posible sus características. Las técnicas del procesado de alimentos, difieren en principio, de las de conservación, en que la viabilidad de los tejidos celulares vivos se pierden durante la elaboración, dada la severidad de estos procedimientos, el producto suele sufrir cambios importantes y, por consiguiente, sus atributos de calidad también se modifican. (Damodarán *et al.*, 2008).

##### **2.1.14.1. Tostado.**

El tratamiento térmico de alimentos sólidos con bajo contenido de agua conduce rápidamente al desarrollo de color y aroma, así como a degradación de compuestos bioactivos presentes en las materias primas (Oliviero *et al.*, 2009). El tostado influye en los granos de cereal haciéndolos más suaves debido a la pérdida de la estructura del endospermo y aumento de la porosidad que podría ser beneficioso según el método de procesamiento y producto final deseado, sin embargo, afecta la calidad y la estructura de los granos, ya que sus propiedades funcionales, tecnológicas, fisicoquímicas y nutricionales son fuertemente afectados por las relaciones estructura-propiedad. (Schoemana, *et al.*, 2017)

##### **2.1.14.2. Molienda.**

La molienda es un proceso mecánico que involucra la separación del salvado y el germen del endospermo (Barrera, Bassi, Reyes, León y Ribotta, 2012). Es uno de los procesos más comunes de preparación de los granos para consumo humano, estudios han demostrado que la molienda conduce a una pérdida de fibra dietaria y compuestos bioactivos. (Ktenioudaki, Alvarez-Jubete y Gallagher, 2013). Es conocida desde las antigüedad, solo los equipos han cambiado con el avance de la tecnología, según el volumen a moler y según las exigencias

del consumidor. En general existen dos tipos de molienda de granos: la de trituración y la de impacto, los ejemplos más conocidos son el molino de piedras o discos y el molino de martillos. Para obtener una harina integral, se requieren pocas pasadas por el molino. El grano tostado es más seco y quebradizo, lo que facilita la obtención de harina. También la cáscara pierde su elasticidad, por lo que se desintegra rápidamente. (Christiansen, 2012) La dureza del grano afecta la calidad y cantidad de los productos molidos, los granos de cereales tostados pueden influir en el rendimiento de la molienda ya que generalmente se caracterizan por una disminución en la dureza del grano, debido a la mayor porosidad interna de la endospermo (Schoemana, *et al.*, 2017).

#### **2.1.14.3. Cernido.**

El cernido permite separar ciertas partes del grano que han quedado sin desintegrarse después de la molienda como algunos pedazos de cascara o pericarpio del grano. La harina de granos tostados normalmente no se cierne entre las pasadas, porque casi no se puede separar la cáscara. (Christiansen, 2012)

#### **2.1.15. Modificaciones de los componentes de los alimentos. Cambios químicos por el procesamiento.**

##### **2.1.15.1. En proteínas.**

El procesamiento de los alimentos con frecuencia induce a cambios en las proteínas a través de las operaciones que involucran calor para cocer, evaporar, secar, pasteurizar o esterilizar. La presencia de azúcares reductores complica las reacciones (Badui, 2013). Durante el tostado, los granos de la quinua adquieren una coloración marrón que es el producto de la reacción de Maillard, además el calentamiento de las proteínas desarrolla aromas típicos en los que los aminoácidos participan como precursores. (Romo, Rosero, Forero y Cerón, 2006)



#### **2.1.15.2. En carbohidratos.**

Bajo ciertas condiciones, los azúcares originan colores de color pardo que, en algunos alimentos son deseables y adquieren gran importancia. Otras veces, no es deseable la aparición de estas coloraciones, que surgen como consecuencia de los tratamientos térmicos o almacenamiento prolongado de alimentos que contienen azúcares reductores. (Damodarán *et al.*, 2008)

#### **2.1.15.3. En minerales.**

Los elementos minerales, a diferencia de las vitaminas y de los aminoácidos, no se destruyen por exposición al calor, la luz, los oxidantes, los valores extremos de pH u otros factores que afectan a los nutrientes orgánicos. Esencialmente, los minerales son indestructibles. No obstante, pueden eliminarse de los alimentos por lixiviación o separación física. Además sus disponibilidades resultan afectados por los factores antes mencionados. (Damodarán *et al.*, 2008).

#### **2.1.15.4. En compuestos fenólicos y capacidad antioxidante**

Los granos de cereales se procesan antes de su consumo y dependiendo del proceso los niveles y la composición de los compuestos bioactivos disponibles pueden ser afectados (Padrón *et al.*, 2015). Los procedimientos de procesamiento de alimentos son reconocidos como uno de los principales factores en la destrucción o cambios de fitoquímicos naturales, que pueden afectar el capacidad antioxidante en alimentos (Balunkeswar, Hai y Tang, 2015).

En los cereales, los compuestos fenólicos están concentrados en las porciones de aleurona y salvado (Onyeneho y Hettiarachchy, 1992). En la molienda de cereales para obtener harinas refinadas se eliminan las cubiertas externas del grano, que son ricas en fibra. Las harinas integrales contienen grandes cantidades de celulosa y hemicelulosas (Lupano, 2013)

### **2.1.16. Técnicas de análisis.**

#### **2.1.16.1. Espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Vis).**

La espectroscopia en la región ultravioleta-visible (UV-Vis) es una de las técnicas de laboratorio más comúnmente encontradas en el análisis de alimentos. La señal analítica en la cual se fundamenta el ensayo es, o bien la emisión o bien la absorción de radiación en la región (UV-Vis). Esta señal puede ser inherente al analito tal como la absorción de radiación en la zona del visible por parte de los pigmentos, o bien ser el resultado de una reacción química que afecta al analito. La espectroscopia que hace uso de la radiación en la región (UV-Vis) puede ser dividida en dos categorías generales, la espectroscopia de absorción y de fluorescencia. Los ensayos cuantitativos de absorción se basan en la premisa de que la absorbancia de la disolución de ensayo dependerá de la concentración del analito en la disolución. Bajo condiciones óptimas existe una relación lineal entre la absorbancia de una disolución y su concentración del analito. (Suzanne, 2009)

#### **2.1.16.2. Espectroscopia de absorción atómica.**

Las técnicas de espectroscopia atómica se basan en la descomposición de una muestra en átomos mediante una llama o un plasma. La cantidad de cada elemento se determina por la radiación visible o ultravioleta que absorben o emiten los átomos en estado, las interferencias químicas se pueden reducir añadiendo agentes liberadores que impiden que el analito reaccione con especies interferentes (Harris, 2007).

La espectrofotometría de absorción implica la medida de la fracción de luz de una longitud de onda dada que pasa a través de una muestra y que permite detectar y determinar cuantitativamente átomos libres. Las llamas de combustión proporcionan un medio muy simple para convertir las soluciones de sustancias inorgánicas en átomos libres. (Pavón, 2014)

### 2.1.16.3. Cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC)

Este tipo de cromatografía se lleva a cabo haciendo pasar, mediante una bomba, un disolvente a alta presión a través de una columna, que contiene partículas de fase estacionaria de un diámetro de 3-10  $\mu\text{m}$ . La cromatografía de fase inversa emplea una fase estacionaria no polar y un disolvente polar. La fuerza del eluyente aumenta a medida que disminuye la polaridad del disolvente. La mayoría de las separaciones de compuestos orgánicos se puede hacer en columnas de fase inversa. (Harris, 2007). La derivatización, cuando se hace uso de ella en HPLC, sirve para aumentar la detectabilidad del analito (Suzanne, 2009).

Los aminoácidos de las proteínas de los alimentos se determinan principalmente por cromatografía líquida de alto performance de fase inversa (HPLC) de sus hidrolizados. Sin embargo, para detectar de manera efectiva los aminoácidos, primero es necesario modificarlos químicamente, lo que generalmente implica convertirlos en derivados que absorben en la longitud de onda ultravioleta-visible (UV-vis). (Gonzalez, Lopez, Simal y Oruña, 1997)

## 2.2. Marco conceptual (definición de términos básicos)

**Antioxidante.** Cualquier sustancia que en concentraciones relativamente bajas, en comparación con las del sustrato oxidable, retrasa o inhibe significativamente la oxidación de ese este (Apak *et al.*, 2013)

**Cañihua** (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Uno de los granos andinos (Tacora, *et al.*, 2010).

**Capacidad antioxidante.** Medida de los moles de un radical libre dado reducido por un solución prueba, independientemente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla (Vásquez, 2006).

**Constituyentes funcionales.** Minerales, vitaminas, fibra dietaría y antioxidantes, compuestos alimentarios con beneficios para la salud (Leidi, *et al.*, 2018). Por su constitución química se clasifican en seis tipos: derivados isoprenoíodes, sustancias fenólicas, aminoácidos,

carbohidratos y derivados, ácidos grasos y lípidos estructurales y minerales (Rajasekaran, 2017)

**Kiwicha** (*Amaranthus caudatus* L.). Grano originario de la Región Andina (Tapia, 1990)

**Procesamiento.** Transformación del grano que permite un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas, mejora la disponibilidad de los nutrientes, la facilidad de preparación y la presentación de los productos, potenciando su valor como alimento (Villacres, Peralta, Egas y Mazón, 2011)

**Pseudocereales.** Se llaman así porque no pertenecen a la familia de las gramíneas; además son dicotiledóneas y los cereales comunes son monocotiledóneas (Terán, Vilcacundo, y Carpio, 2015).

**Quinoa** (*Chenopodium quinoa* Wild), grano alimenticio originario de los Andes (IICA, 2015).

### **2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte)**

#### **2.3.1. Investigaciones internacionales.**

**Repo de Carrasco, et al. (2010). Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kaniwa on composition and availability of minerals in vitro. Artículo científico.**

Se estudiaron algunas características de la quinoa (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Se determinó la disponibilidad potencial de hierro, calcio y zinc en las muestras crudas, tostadas y hervidas, también se realizó la determinación de compuestos fenólicos y fibra dietética. Las muestras fueron buenas fuentes de compuestos fenólicos y la kañiwa de fibra dietética, los contenidos de calcio, zinc y hierro fueron mayores respecto a los cereales comunes. Se concluyó que teniendo en cuenta el gran contenido de minerales de estos granos andinos, su aporte mineralógico no distaría mucho de la harina de trigo.

**Tacora et al. (2010). Efecto de la presión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Artículo científico**

Se trabajó con muestras de cañihua de las variedades Cupi e Ilpa INIA 406, determinándose el efecto que tienen los procesos de expansión por explosión a diferentes presiones y el proceso de tostado a diferentes temperaturas sobre el contenido de PT, CA y algunas características fisicoquímicas. En el proceso de expansión, se observó un aumento en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante a medida que aumentaban las presiones, así mismo, se observó un incremento progresivo del contenido de polifenoles en el proceso de tostado, mientras, que la capacidad antioxidante experimentó una leve disminución inicial incrementándose progresivamente a temperaturas mayores. Se concluyó que el proceso de expandido produjo mejores características funcionales en comparación con el tostado.

**Tang, et al. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. Genotypes. Artículo científico**

Se identificó la composición de diferentes formas de compuestos fenólicos extraíbles y betacianinas de cultivares de quinua de colores blanco, rojo y negro y su actividad antioxidante.

Se observó que al menos 23 compuestos fenólicos se encontraron en forma libre o conjugada (extraídos mediante hidrólisis alcalina y/o ácida), la mayoría eran ácidos fenólicos. Se hallaron betacianinas (betanina e isobetanina), como los pigmentos de las semillas de quinua roja y negra, en lugar de antocianinas. Las semillas de quinua más oscuras presentaron una mayor concentración fenólica y actividad antioxidante. Este trabajo aportó nuevos conocimientos sobre las propiedades funcionales de las semillas de quinua de diferentes colores.

**Ahmad, N., SinghRiar, Ch., y Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review.**

En este trabajo se resalta la importancia de la adopción de nuevos estilos de vida basados en hábitos nutricionales adecuados. Se indica que actualmente las investigaciones en el campo alimentario se orientan a la búsqueda y explotación de alimentos olvidados y subutilizados como es el caso de los pseudocereales: amaranto y la quinua, que han despertado gran interés por su notable perfil nutricional, fenólico y fitoquímico y su uso en el desarrollo de productos libres de gluten, su perfil de aminoácidos y sus propiedades nutricionales son más altas en comparación con el de cereales tradicionales como el arroz, trigo o maíz. La presencia de compuestos fenólicos en la quinua y amaranto tienen efectos positivos en la prevención y reducción del estrés oxidativo, cáncer, diabetes y prevención de enfermedades cardiovasculares, por lo que su comercialización ayudaría a combatir diversos problemas relacionados con la salud. Estos pseudocereales carecen de gluten por lo que serían una buena alternativa para personas con enfermedades celiacas.

**2.3.2. Investigaciones nacionales.**

**De la Riva, D. F. (2010). Comparación del Contenido de Fitatos, Polifenoles y Capacidad Antioxidante de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cruda y Procesada. Variedad Salcedo INIA. Tesis de Pre-grado, Puno, Perú.**

Se determinó el contenido de polifenoles, fitatos y CA del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), crudo (desaponificado) y procesado mediante dos tratamientos térmicos: el proceso de cocción húmeda y el de tostado-cocción. En ambas muestras se realizaron los análisis de composición química, CA, contenido de polifenoles y fitatos. Se utilizó el método de DPPH para medir la CA, los polifenoles fueron determinados por el método de Folin-Ciocalteu. La composición química del grano de quinua desaponificado, fue afectado por el procesamiento, ocasionando una disminución significativa en componentes

como proteína, grasa, fibra cruda debido al tratamiento térmico prolongado y a la dilución de los componentes en agua. El contenido de polifenoles se redujo después del proceso de cocción húmeda y por el proceso de tostado-cocción en relación al contenido inicial, la reducción fue ocasionada por la dilución de polifenoles en el agua de cocción, sin embargo, el tostado favoreció la conservación de los polifenoles debido a la reacción de Maillard. El grano desaponificado, sometido a los procesos de cocción húmeda y tostado-cocción, sufrió una disminución en la CA, respecto al contenido inicial. El proceso de tostado cocción tuvo un impacto positivo en el contenido de polifenoles y la CA. Se observó una correlación entre el contenido de polifenoles y la CA.

**Bartolo, D. (2014). *Influencia de la temperatura de tostado sobre el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) variedad Cupi*. Tesis de pregrado, Lima, Perú.**

Se evaluó el contenido de fenoles totales y su actividad antioxidante por influencia de la temperatura de tostado en los granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) variedad Cupi. Las variables independientes fueron las temperaturas de tostado, el acondicionamiento de la cañihua (cáscara, grano entero, grano sin cáscara) y el tipo de molienda (fina, intermedia, sin molienda). El análisis de variancia demostró que la temperatura de tostado y la molienda del cereal influyeron significativamente en el contenido de fenoles totales ( $p < 0.05$ ). Las propiedades fisicoquímicas evidenciaron un alto valor nutricional. No se evidenció un aumento de la actividad antioxidante frente a las temperaturas altas de tostado, sin embargo, la molienda de los granos fue favorable para la actividad antioxidante de la cañihua. Se concluyó que la temperatura de tostado en el contenido de compuestos fenólicos totales favoreció el desarrollo de la reacción de Maillard y las melanoidinas resultantes, incrementando así la formación de los compuestos fenólicos. Igualmente el pardeamiento no enzimático parcial de

los polifenoles en la reacción de Maillard pudo haber sido el responsable de un aumento de compuestos fenólicos.

**Chanamé, C, M., y Cruz, M. G. (2017). *Capacidad antioxidante in vitro de extractos fenólicos libres y ligados en harinas de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Tesis de pregrado, Lima, Perú.***

Se comparó la CA de los extractos de harinas de tres granos andinos por métodos de secuestro de radicales libres, quelación de hierro y mediante el índice compuesto de potencia antioxidante en sus tres presentaciones: artesanal, a granel e industrial. La CA de las harinas fue evaluada en sus tres presentaciones por los métodos DPPH, ABTS y FRAP. Los resultados indicaron que la CA fue mayor en harina de kañiwa en sus tres tipos de extracción. Los extractos ácidos y alcalinos presentaron mayores resultados. Las presentaciones a granel e industrial presentaron una mayor CA, lo que no sucedió en todos los casos. Se concluyó que la harina de kañiwa presentó una mayor CA. Las hidrólisis alcalinas y ácidas extrajeron más compuestos antioxidantes.

### **2.3.3. Investigaciones locales**

**Urrunaga, E. (2012). *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los morfotipos de kiwicha. Proyecto de investigación Bienio 2011-2012. UNSAAC, Perú.***

Se evaluó la CA y compuestos fenólicos de dos morfotipos de kiwicha: SRK-594 de color oscuro con identidad: Rodale Research Center U.S.A. (*Amaranthus hypochondricus*) M1 y el segundo de color blanco opaco (amiláceo) entrada Oscar Blanco con identidad: Cusco-Perú (*Amaranthus caudatus* L.) M2. Se observó que las muestras de (*Amaranthus hypochondricus*) contenían mayor cantidad de compuestos fenólicos, Los valores de la CA para ambos morfotipos fueron bajos.



**Urrunaga, E. (2014). Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de *Chenopodium quinoa* Willd (Quinoa). Proyecto de investigación Bienio 2013-2014 UNSAAC, Perú.**

Se evaluó el contenido compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de *Chenopodium quinoa* Willd (Quinoa) de dos ecotipos promisorios: Amarillo de Maranganí (AM) y Blanca de Junín (BJ), además de las características físicas y morfológicas, análisis proximal y contenido de macronutrientes de las muestras seleccionadas. La muestra AM, presentó en mayor contenido de compuestos fenólicos que la muestra BJ. En cuanto a los valores de la CA medidos en CI50 la muestra de AM presentó un valor mayor que la muestra BJ.

## CAPITULO III

### HIPOTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general

- Existen variaciones en las concentraciones de los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), por efecto del procesamiento.

##### 3.1.2. Hipótesis específicas

- La composición proximal de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), presentan diferencias significativas por el procesamiento.
- El contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), presentan diferencias significativas por el procesamiento.
- El procesamiento presenta efecto en la concentración de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild).
- El procesamiento presenta efecto en la concentración de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

- El procesamiento presenta efecto en la concentración de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).
- Las concentraciones de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante son diferentes en los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) o kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).

### **3.2. Identificación de variables**

#### **3.2.1. Variables independientes.**

- Procesamiento (tostado, molienda y cernido) de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).

#### **3.2.2. Variables dependientes.**

- Constituyentes funcionales: polifenoles totales y minerales (calcio, hierro y fósforo).
- Capacidad antioxidante.

### 3.3. Operacionalización de variables

Tabla 7

#### Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Constituyentes funcionales (Minerales y polifenoles totales)	Sustancias alimentarias con beneficios para la salud, comprenden los minerales, vitaminas, fibra dietaría y antioxidantes.	Los constituyentes funcionales se expresan en función de la concentración de minerales (calcio, hierro y fósforo) y polifenoles totales	Minerales  Polifenoles totales	<b>Minerales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de calcio</li> <li>• Concentración de hierro</li> <li>• Concentración da fósforo</li> </ul> Concentración de Polifenoles totales	<b>Minerales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mg Ca/100 g ms</li> <li>• mg Fe/100 g ms</li> <li>• mg P/100 g ms</li> </ul> mg AG/100 g ms
Capacidad antioxidante	Medida de los moles de un radical libre dado reducido por una solución prueba e independiente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla. Depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales	La capacidad antioxidante se expresa en función de la concentración	Porcentaje de inhibición (PI)  capacidad antioxidante		Porcentaje  µg ET/g ms

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO IV

### METODOLOGIA

#### 4.1 **Ámbito de estudio o lugar de ejecución**

La parte experimental se realizó en los laboratorios del Centro de Estudios de Plantas Alimenticias y Medicinales (CEPLAM), laboratorio de Análisis Químico y laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

#### 4.2. **Tipo y nivel de investigación**

##### 4.2.1. **Tipo de investigación.**

Aplicada-experimental, puesto que su objetivo fue desarrollar conocimientos de aplicación en el sector industrial y experimental por que se manipularon las variables independientes.

##### 4.2.2. **Nivel de investigación.**

Explicativo, puesto que se evaluó el efecto del procesamiento en las concentraciones de los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante de los productos de la quinua, cañihua y kiwicha.

##### 4.2.3 **Diseño de investigación.**

Experimental, debido a que se manipuló las variables independientes y se midieron las variables dependientes.

#### 4.3. **Unidades de análisis**

El trabajo de investigación se aplicó a nueve unidades de análisis (Anexo 1)

##### 4.3.1. **Productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild)**

Grano de quinua desaponificada (GQD), Grano de quinua tostada (GQT) y Harina de quinua tostada (HQT). Los productos GQT y HQT, se obtuvieron a partir del producto GQD

#### **4.3.2. Productos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).**

Grano de cañihua (GC), Grano de cañihua tostada (GCT) y Harina de cañihua tostada (HCT)

#### **4.3.3. Productos de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).**

Grano de kiwicha (GK), Grano de kiwicha tostada (HKT) y Harina de kiwicha tostada (HKT)

#### **4.4. Población de estudio**

Para evaluar cada producto se consideraron 3 repeticiones, haciendo un total de 27 muestras de análisis.

#### **4.5. Tamaño de muestra**

Muestra no probabilística por conveniencia se consideran todos los productos alcanzados por la proveedora.

#### **4.6. Procedencia y técnicas de selección de muestra**

Según Valcárcel (2016), las muestras de granos crudos procedieron de las zonas de:

- Quinoa desaponificada: Valle Sagrado de los Incas –Cusco y de Puno
- Cañihua: Puno
- Kiwicha: Valle Sagrado de los Incas-Cusco
- Se consideró trabajar con productos naturales de granos andinos cuya marca cusqueña se comercializa en mercados locales y a nivel nacional. Respecto a la selección de la empresa proveedora, esta se basó en los logros y premios obtenidos por la propietaria, lo que garantizaría trabajar con productos de certificada calidad.

#### 4.7. Técnicas de recolección de información

- Observación y pruebas estándar, toma directa de datos obtenidos en los equipos utilizados e información técnica proporcionada por la proveedora de los productos.
- Los resultados se presentan a través de tablas, gráficos, análisis, etc.

#### 4.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información

Para el procesamiento de la información se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS Centurion XV y se empleó la prueba F de análisis de varianza al 95 % de confianza, para evaluar el efecto de procesamiento en los productos de quinua, cañihua y kiwicha, diferencias de  $p < 0.05$  fueron consideradas significativas. La prueba de Tukey se utilizó para comparar las concentraciones medias de los productos de granos andinos estudiados.

#### 4.9 Métodos de análisis de laboratorio

##### 4.9.1 Materiales.

**Material de laboratorio.-** Buretas; crisoles de porcelana de 10 mL; Cubetas de vidrio de 1cm ; desecador; embudos de vidrio; fioles de 1, 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 mL; frascos de vidrio y polietileno, matraces Erlenmeyer de 250 y 500 ml; morteros de porcelana, pipetas de vidrio de 5 y 10mL; micropipetas automáticas de 5, 10, 20, 100, 1000  $\mu$ L; pizetas; puntas para pipetas micropipetas; probetas; vasos de precipitados de 50, 100 y 200 ml y tubos de ensayo; balanza analítica METTLER TOLEDO; baño isotérmico Thermo SCIENTIFIC; campana extractora de gases ESCO. Laboratory Fume Hood; centrifugadora Model: PLC-012E Universal Centrifuge; congeladora Electrolux (-24°C); cronómetro; destilador de agua desionizada, equipo de extracción Soxhlet de 250 mL; equipo de HPLC-Agilent Serie 1200; equipo Kjeldahl para digestión de proteínas; espectrofotómetro de Absorción Atómica Varian AA240FS; espectrofotómetro Thermo Electrocorporation W-Vis Evolution 300;

espectrofotómetro UV-2100 Spectrophotometer UNICO; estufa eléctrica MEMMERT; columna- Agilent Zorbax Eclipse AAA 3,0 x 75 mm, 3.5  $\mu$ m, precolumna 12 x 4,6 mm, 5  $\mu$ m C18, fase móvil A; lámparas de cátodo hueco de calcio y hierro compatibles con el espectrofotómetro de absorción atómica; mufla Lindberg/blue; refrigeradora Pharmaceutical Refrigerator (-4°C); rotavapor modelo R-251 Buchi; sonicador y Vortex Mixer Labnet International, Inc.

#### **4.9.2. Reactivos.**

Acetonitrilo grado HPLC; solución de ácido ascórbico al 1%; soluciones de ácido clorhídrico 37 % , 0.02 N, 0.1N, 6N y 1:4, ; solución de ácido nítrico al 65% y al 20 %; agua desionizada; agua destilada; solución de cloruro de lantano al 1% p/v- Merck Peruana S.A; DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo)-Merck Peruana S.A; etanol absoluto; FMOC (9-fluorenilmetil cloroformato)-Agilent; fosfato diácido de potasio; gas acetileno, hexano Q.P; soluciones de hidróxido de potasio 0.1 N, 2N y al 40% ; metanol absoluto; OPA (ortoftalaldehido)-Agilent;estandar de aminoácidos (0.1 nmol/ $\mu$ L)-SIGMA-ALDRICH; Reactivo de Fehling A y Fehling B; reactivo de Folin Ciocalteau-Merck Peruana S.A; solución de ácido bórico al 2.5 % ; solución de ácido sulfúrico 0.01N; solución estándar de calcio 100 mg/L; solución estándar de hierro 500 mg/L; solvente A: buffer fosfato de sodio monobásico 40 mM; solvente B: Acetonitrilo, metanol y agua (45; 45; 10); solución de sulfomolibdato de amonio 2.5 % y Trolox 0.5 mM-Merck Peruana S.A.



#### **4.9.3. Metodología experimental**

Las nueve unidades de análisis fueron sometidas a las siguientes determinaciones:

- Determinación de la composición proximal.
- Determinación del contenido de azúcares reductores por el método de Lane-Eynon
- Determinación de la concentración de lisina por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)
- Determinación de calcio y hierro por espectrofotometría de absorción atómica de llama y fósforo por espectrofotometría UV
- Determinación de la concentración de polifenoles totales por espectrofotometría UV
- Cuantificación de la capacidad antioxidante por el método del DPPH- Método de Brand Williams

#### **4.9.4. Diagrama de flujo del procesamiento**

En el siguiente diagrama se observa el procesamiento al cual fueron sometidos los granos andinos, en el Anexo 32 se observan las máquinas que se utilizaron en el procesamiento.

**Diagrama de flujo del procesamiento de los productos de quinua desaponificada,  
cañihua y kiwicha**

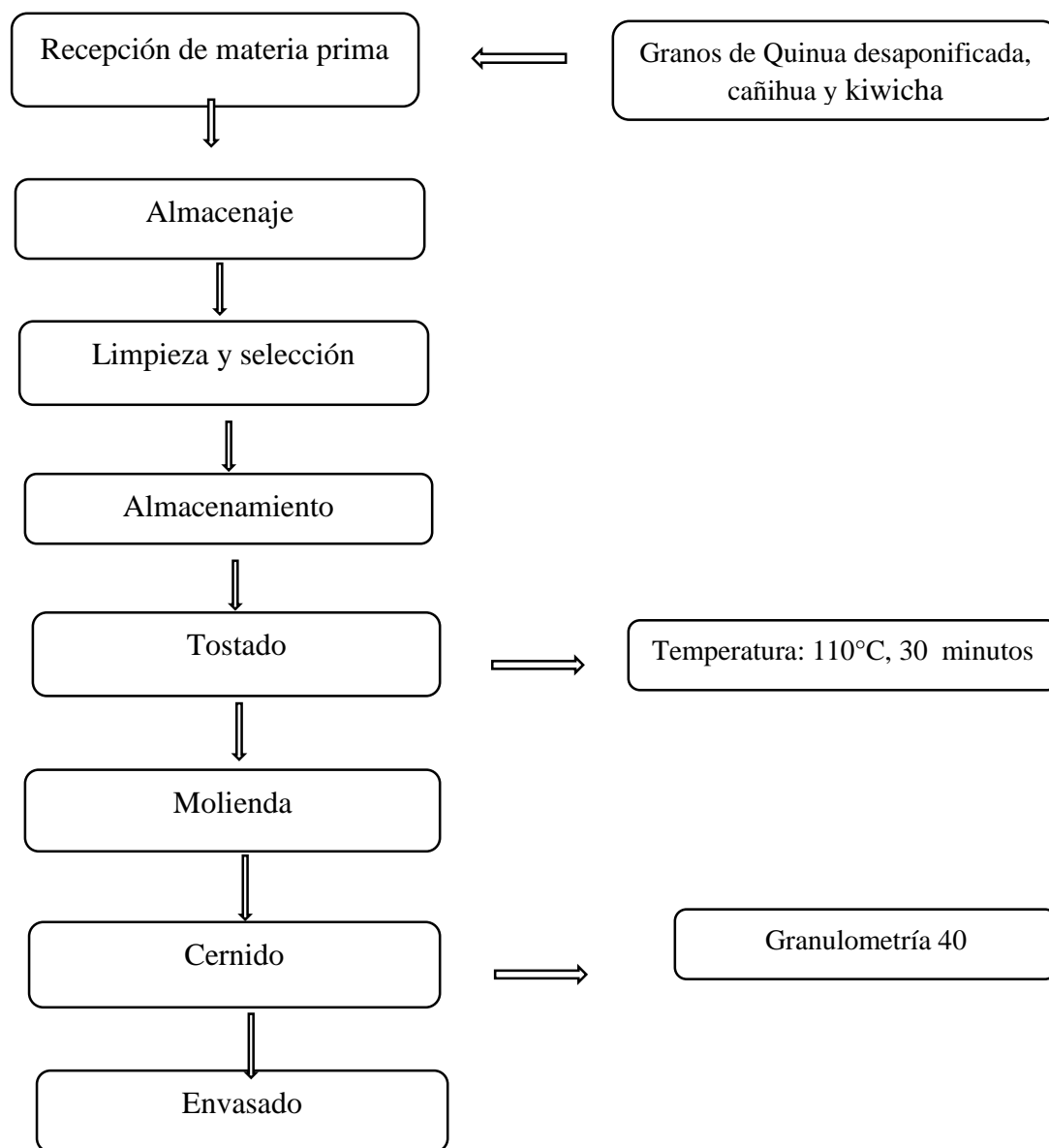


Figura 8. Diagrama de flujo del procesamiento de los productos de quinua desaponificada, cañihua y kiwicha. Fuente: Cusco Mara Eirl (2016).

#### 4.9.5. Preparación de las muestras para las determinaciones químicas.

Las muestras de granos crudos y tostados fueron sometidas a molienda, tamizadas en malla 100 y colocadas en frascos de vidrio (envueltos en papel aluminio) y almacenadas en refrigeradora a 4°C hasta su uso.

#### 4.9.6. Composición proximal.

##### 4.9.6.1. Determinación de humedad.

Para determinar la humedad se utilizó el método gravimétrico descrito por Torres (1996)

**Fundamento.** Se basa en la pérdida de peso de la muestra a temperatura de 80°C, hasta peso constante (Torres, 1996). La ecuación matemática utilizada fue:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

$m_1$  = masa de muestra (g)

$m_2$  = masa de muestra desecada (g)

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 2

##### 4.9.6.2. Determinación de cenizas.

La determinación de cenizas se realizó siguiendo el método gravimétrico, descrito por Cardona (2010)

**Fundamento.** Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de incinerar la materia orgánica a 500°C (Torres, 1996)

La ecuación matemática utilizada fue:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

m1= masa de muestra (g)

m2 = masa de ceniza (g)

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 3

#### 4.9.6.3. Determinación de proteínas.

El contenido de proteínas se determinó según el método de la AOAC, 955.04/90 (1984).

Adaptación del método semimicro Kjeldahl que proporciona la materia nitrogenada total.

**Fundamento.** El método semimicro Kjeldahl, determina la materia nitrogenada total, que incluye las no proteínas como las proteínas verdaderas. Consta de tres etapas: digestión, neutralización y titulación (Torres, 1996). La ecuación matemática utilizada fue:

$$\% \text{ proteínas} = \frac{Vg \cdot N \cdot 14 \cdot 100}{1000 \cdot m} F \quad (3)$$

Vg = volumen gastado de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.01 N)

N = Normalidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. (0.01 N)

m = masa de la muestra (g)

F = Factor de conversión para proteínas (6.25)

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 4

#### 4.9.6.4. Determinación de grasa.

Se utilizó el método de la AOAC, 7.06084 y 920.39/90 (1984). Método de extracción directa Soxhlet.

**Fundamento.** Los lípidos o grasas son sustancias de diversas estructuras químicas solubles en solventes orgánicos e insolubles en agua (Torres, 1996). La ecuación matemática utilizada fue:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (4)$$

$m_2$  = masa de grasa (g)

$m_1$  = masa de muestra (g)

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 5

#### **4.9.6.5. Determinación de fibra bruta.**

La determinación de fibra bruta se realizó según el método de Cornelia Kennedy descrito por Torres (1996)

**Fundamento.** Consiste en evaluar gravimétricamente los polisacáridos insolubles en medio ácido y alcalino. Dicho residuo incluye celulosa, lignina y algunas materias minerales. La ecuación matemática utilizada fue:

$$\% \text{ de fibra bruta} = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (5)$$

$m_2$  = masa de fibra bruta (g)

$m_1$  = masa de muestra (g)

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 6

#### **4.9.6.6. Determinación de carbohidratos.**

La determinación de carbohidratos por diferencia se realizó según los cálculos realizados por Tacora, *et al.* (2010).

**Fundamento.** Se calcula por diferencia de 100 menos los contenidos proximales. La ecuación matemática utilizada fue:

$$\% \text{ carbohidratos} = 100 - (\% H + \% C + \% P + \% G + \% FC) \quad (6)$$

% H = porcentaje de humedad

% C = porcentaje de cenizas

% P = porcentaje de proteínas

% G = porcentaje de grasa

% FC = porcentaje de fibra cruda.

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 7

#### **4.9.7. Determinación de azúcares reductores.**

**Fundamento-Método de Fehling.** Cuando un azúcar reductor se calienta en condiciones básicas se degrada y algunos de los productos de degradación reducen los iones cúpricos para formar óxido cuproso (UNAM, 2008).

**Fundamento-Método Lane-Eynon.** En este método, el óxido cuproso, se titula con el reactivo de Fehling caliente en dos etapas, primero se añade una cantidad de reactivo de Fehling tal que se lleve a cabo la total reducción y después se determina el punto final con azul de metileno por goteo, es necesario un control de la temperatura (UNAM, 2008)

#### **Metodología Experimental**

En vasos de precipitados fueron colocados 2 gramos de cada muestra, se añadieron 10 mL de agua destilada, se agitaron para mezclarlas y filtraron. Se aforaron a 25 mL y se colocaron en buretas para la titulación. En matraces Erlenmeyer se colocaron 4 mL de reactivo de Fehling más 10 mL de agua destilada, se calentaron hasta ebullición y sin retirar de la plancha de calentamiento, se añadieron desde las buretas, las soluciones que contenían los azúcares reductores, controlando la velocidad de goteo, de forma que se evitará interrumpir la ebullición. Cuando la coloración azul de cada solución disminuyó hasta alcanzar un color

celeste verdoso, se agregó 3 gotas del indicador azul de metileno y se continuó añadiendo las soluciones problema. La observación de un precipitado rojo en la base del matraces indicó que la titulación terminó y se registró el volumen gastado de la solución titulante. La ecuación matemática utilizada para determinar el contenido de azúcares reductores fue:

$$\% AR = \frac{Va.F.100}{m.Vg.1000} \quad (7)$$

AR= Azúcares reductores

Va = volumen de aforo (mL)

F= factor (gramos de glucosa que reduce todo el cobre)

m= masa de la muestra (g)

Vg= volumen gastado de la solución problema (mL)

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 8

#### 4.9.8. Determinación de la concentración de lisina por HPLC

La determinación de la concentración de lisina se realizó siguiendo la metodología descrita por González *et al.* (1997)

**Fundamento.** La combinación de las sustancias químicas OPA (ortoftalaldehído) y FMOC (9-fluorenilmetil cloroformato) permiten la derivatización en pre-columna rápida de aminoácidos. Para el análisis cromatográfico, las mezclas de reacción se tamponan a PH 10.2, lo que permite una derivatización del hidrolizado ácido proteína / péptido. Los AAP (Asp, Glu, Asn, Ser, Gln, Hys, Gly, Thr, Cit, Arg, Ala, Tyr, Cys, Val, Met, Nva, Trp, Phe, Ile y Leu), se hacen reaccionar primero con OPA usando (3-MPA). Los AAS (Lys, Hyp, Sar y Pro), no reaccionan con la OPA; pero luego se derivatizan utilizando FMOC. La incorporación de 3-MPA en los indoles disminuye su hidrofobicidad, y como resultado, los OPA eluyen cromatográficamente antes de

los derivados del FMOC. El exceso de FMOC y sus productos de degradación eluyen después del último de los aminoácidos secundarios y no interfieren con el análisis. Agilent Technologies (2000)

### **Metodología experimental.**

#### **Preparación de muestras.**

Las muestras de los productos de quinua desaponificada, cañihua y kiwicha fueron molidas finamente en un mortero de porcelana, se pesaron 0.5 g de cada muestra y se colocaron en viales de 20 mL de capacidad, para su hidrolización se añadió a cada vial 4 mL de HCl 6N, se inyectó rápidamente nitrógeno gaseoso y se procedió rápidamente a su sellado. La hidrolización se llevó a cabo a una temperatura de 110°C por 24 horas. Una vez enfriados, se realizó una dilución con agua ultrapura, se sonicó y se filtró utilizando un filtro de 0.45 µm de porosidad para remover los sólidos existentes. Se colocó 5 µL del filtrado en un vial y se realizó el análisis vía HPLC.

#### **Condiciones de análisis**

Temperatura de análisis: 35°C

Flujo de columna: 2 mL/min

Tiempo de análisis: 13 min

Volumen de inyección: 5 µL

Detector: 338 nm para AAP y 262 para AAS.

Gradiente de análisis: La gradiente utilizada se observa en la Tabla 8.



**Tabla 8***Programa de gradiente utilizado para la separación de aminoácidos*

Tiempo (min)	Flujo de columna(mL/min)	% de eluyente A	% de eluyente B
0.00	2.0	0.00	0.00
1.00	2.0	0.00	0.00
9.80	2.0	43.00	57.00
10.00	2.0	0	100.00
12.00	2.0	0	100.00
12.50	2.0	100	0.00
13.00	2.0	100	0.00

Fuente: Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría –UNSAAC (2017)

**Procedimiento de derivatización**

El hidrolizado de proteína se derivatizó usando OPA (ortoftalaldehído) para los aminoácidos primarios y fluorometilcloroformiato (FMOC) para los aminoácidos secundarios. La reacción fue tamponada a pH 10,2, permitiendo el análisis directo. Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$g \text{ lisina} / 100 g \text{ muestra} = \frac{\mu g \text{ lisina} / mL \times Vaforo1 \times FD \times Vaforo2 \times 100}{masa \text{ muestra} (g) \times 1000000} \quad (8)$$

$$g \text{ lisina} / 100 g \text{ proteina} = \frac{g \text{ lisina} / 100 g \text{ muestra} \times 100}{FC \times \% \text{ proteina ms}} \quad (9)$$

Vaforo1= Volumen de aforo 1

FD=Factor de dilución

Vaforo 2= Volumen de aforo 2

FC=Factor de corrección a masa seca

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 9

#### **4. 9. 9. Constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales)**

##### **4.9.9.1. Determinación de calcio por espectrofotometría de absorción atómica de llama.**

La determinación de calcio se realizó según el método AOAC 985.35, descrito por el Instituto de Salud Pública (2011)

**Fundamento.** Al analizar calcio, la presencia de fosfatos y sulfatos produce una disminución de la señal, por lo que, es necesario agregar cloruro de lantano como agente liberador. El calcio con el fosfato forman el fosfato de calcio, el cual se transforma en pirofosfato de calcio, que es relativamente estable en una llama aire/acetileno. De este modo la cantidad de átomos libres de calcio generados en la llama será menor que la obtenida con una solución de calcio de igual concentración (Pavón, 2014). La determinación se basa en la destrucción de la materia orgánica por vía seca, hasta lograr la digestión del alimento para posteriormente solvatar los residuos con ácido nítrico diluido para la posterior determinación del o los analitos por Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama. (Instituto de Salud Pública, 2011)

#### **Metodología Experimental**

##### **Preparación del material de laboratorio (Crisoles de porcelana y material de vidrio).**

Después de lavar con agua destilada los materiales de laboratorio, fueron sumergidos en una solución de HNO<sub>3</sub> al 20% v/v de 8-12 horas, posteriormente se lavaron por 3 veces con agua desionizada. Los crisoles se colocaron en un desecador por 2 horas, mientras que el material de vidrio se secó a 60°C en estufa.

##### **Preparación de las muestras.**

Los crisoles conteniendo un gramo de cada muestra, fueron colocados sobre una placa calefactora por 30 minutos hasta quemar la materia orgánica, posteriormente fueron trasladados

a una mufla y calcinados a 525°C por un periodo de tiempo de 3 a 5 horas (menor a 8), hasta obtener cenizas blancas, al cabo de ese tiempo, se enfriaron y se realizó la digestión añadiendo a cada crisol 5 mL de una solución de HNO<sub>3</sub> 1M y calentando de 3 a 5 minutos. Los licores de cenizas obtenidos fueron cuantitativamente trasladados a fioles de 25 mL, a través de lavados sucesivos con porciones de alrededor de 3 mL de HNO<sub>3</sub> 1M, se añadió 2.5 mL de LaCl<sub>3</sub> al 1% y se aforaron con la solución de HNO<sub>3</sub> 1M. Las soluciones así preparadas fueron transferidas a frascos de polietileno y refrigeradas a 4°C hasta su utilización.

### **Condiciones de análisis**

- Analito: Calcio
- Tipo de instrumento: Llama
- Unidades de concentración: mg/L
- Modo del instrumento: Absorbancia
- Modo de calibración: Concentración
- Tiempo de medida: 3.0 s
- Tipo de llama: N<sub>2</sub>O/Acetileno
- Flujo de N<sub>2</sub>O: 11.00 L/min
- Flujo de Acetileno.: 6.35 L/min
- Altura del quemador: 0.0 mm
- Longitud de onda: 422.7 nm

### **Preparación de la curva de calibración de calcio**

Se preparó la curva de calibración a partir de una solución estándar de referencia de calcio: 100 mg Ca/L, se realizaron diluciones y se colocaron los reactivos en el orden que se observa en la Tabla 9.

**Tabla 9****Preparación de la curva de calibración de calcio**

<b>Fiola</b>	<b>Estandar (mg Ca /L)</b>	<b>Estandar (µL)</b>	<b>LaCl<sub>3</sub>, 1% p/v (mL)</b>	<b>HNO<sub>3</sub> 1M (mL)</b>
Blanco	0.000	0	10	100
1	0.200	200	10	100
2	0.500	500	10	100
3	1.000	1000	10	100
4	1.500	1500	10	100
5	2.000	2500	10	100
6	3.000	3000	10	100

Fuente: Elaboración propia

**Lectura de estándar y muestras**

Se ajustaron las condiciones de análisis para el analito y se preparó el equipo con el control del blanco aspirando por el capilar del quemador, luego se ajustó la sensibilidad con la concentración del estándar de referencia, aspirándose las soluciones estándar en orden creciente por el capilar del quemador y se procedió a realizar las lecturas de sus absorbancias a 422.7 nm (ver Aexo 10), de tal forma que se obtuvo la curva de calibración de calcio (Anexo 11). Las muestras fueron sometidas al mismo procedimiento para las lecturas de sus absorbancias. La ecuación que se utilizó para determinar la concentración de calcio fue:

$$mg Ca / 100 g muestra = \frac{L \times Vaforo \times FD \times 100}{masa muestra \times 1000} \quad (10)$$

L =Lectura de la concentración mg/L

Vaforo = Volumen de aforo (mL)

FD = Factor de dilución

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 12

#### **4.9.9.2. Determinación de hierro por espectrofotometría de absorción atómica/llama.**

La determinación de hierro se realizó ejecutando el método descrito por el Instituto de Salud Pública (2008)

**Fundamento.** La determinación del contenido de iones metálicos totales, tales como hierro, se realiza por espectrofotometría de absorción atómica con aspiración en llama aire/ acetileno, tratando previamente la muestra para reducir la materia orgánica por vía seca y convertir el metal unido orgánica o inorgánicamente, así como disuelto o particulado a su forma de metal libre. (Instituto de Salud Pública, 2008)

#### **Metodología Experimental**

##### **Preparación del material de laboratorio (Crisoles de porcelana y material de vidrio)**

El material de laboratorio fue lavado con agua destilada, luego se sumergieron en una solución de HNO<sub>3</sub> al 20% v/v de 8-12 horas, posteriormente se lavaron por 3 veces con agua desionizada. Los crisoles se colocaron en un desecador por 2 horas, mientras que el material de vidrio se secó a 60°C en estufa.

##### **Preparación de las muestras**

Los crisoles conteniendo 1 g de cada muestra se colocaron sobre una placa calefactora por 30 minutos hasta quemar la materia orgánica, posteriormente se colocaron en una mufla a 500°C por un periodo de 3 a 5 horas (menor de 8), hasta obtener cenizas blancas. Se retiraron y enfriaron, se agregó a cada crisol 5 ml de una solución de HCl 1:1, y se dejaron en la placa calefactora hasta casi sequedad, luego los residuos fueron redisoluertos con otros 5 ml de HCl 1:1 se trasladaron y aforaron a fioles de 50 mL con agua desionizada. Finalmente las soluciones fueron colocadas en frascos de polietileno y refrigeradas a 4°C hasta su utilización.

### Condiciones analíticas

Elemento - Matriz: Fe

Tipo de instrumento: Llama

Unidades de concentración: mg/L

Modo del instrumento: Absorbancia

Modo de calibración: Concentración

Tiempo de medida: 5.0 s

Tipo de llama: Aire/Acetileno

Altura del quemador: 0.0 mm

Longitud de onda: 248.3 nm

### Preparación de la curva de calibración de hierro

Se preparó la curva de calibración a partir de una solución estándar de referencia de hierro: 500 mg Fe/L, se realizaron diluciones y se colocaron los reactivos en el orden que se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10**

#### *Preparación de la curva de calibración de hierro*

<b>Fiola</b>	<b>Estandar (mg Fe /L)</b>	<b>Estandar (<math>\mu</math>L)</b>	<b>HCl ( c ) (mL)</b>	<b>Volumen aforo (mL)</b>
Blanco	0.000	0	5	100
1	1.250	0.25	5	100
2	2.500	0.5	5	100
3	5.000	1	5	100

Fuente: Elaboración propia

### Lectura de estándar y muestras

Se programaron las condiciones de análisis para el elemento hierro, luego se preparó el equipo con el control del blanco aspirando por el capilar del quemador, se ajustó la sensibilidad con la concentración de la solución estándar de referencia aspirándose las soluciones estándar en orden creciente por el capilar del quemador, se realizó las lecturas de las absorbancia a 248.3 nm (Anexo 13), con los datos obtenidos se construyó la curva de calibración de hierro (Anexo 14). Las muestras fueron sometidas al mismo procedimiento. La ecuación para determinar la concentración de hierro fue:

$$mg Fe / 100 g muestra = \frac{L \times Vaforo \times 100}{masa muestra \times 1000} \quad (11)$$

L= Lectura de la concentración mg/L

Vaforo= Volumen de a de calibración (mL)

Los datos y resultados obtenidos se observan en el Anexo 15.

#### 4.9.9.3. Determinación de fósforo por espectrofotometría UV

La determinación de fósforo se realizó siguiendo la metodología utilizada por Torres (1996)

**Fundamento** Las cenizas producto de la incineración de la muestra contiene el fósforo, que se cuantifica espectrofotométricamente, utilizando sulfomolibdato de amonio y ácido ascórbico como reactivos colorantes.

## Metodología Experimental

### Preparación de las muestras

Las cenizas de las muestras obtenidas en el ítem 4.9.6.2., se disolvieron en 4 mL de HCl (1:4) y se evaporaron casi a sequedad sobre una placa calefactora, se redisolviéron con agua desionizada, se filtraron y trasladaron a fioas de 100 mL, procediéndose a su aforo. Las soluciones preparadas se colocaron en frascos de polietileno y se mantuvieron refrigeradas a 4°C hasta su utilización.

### Preparación de la solución estandar de fósforo: 1mg/mL

Se pesó 439 mg de fosfato diácido de potasio  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , se disolvieron y aforaron a 100 mL con agua desionizada.

### Preparación de la curva de calibración de fósforo.

Se midió 1 mL de la solución estándar de fósforo y aforó a 50 mL cuya concentración resultante fue de 20  $\mu\text{g}$  de P/mL, la solución así preparada se utilizó para realizar las diluciones para la preparación de la curva de calibración (Tabla 11). Las lecturas de las absorbancias de los estándares se realizaron a 660 nm (Anexo 16), en base a las lecturas se obtuvo la curva de calibración de fósforo (Anexo 17 y 18)).

**Tabla 11**

#### *Preparación de la curva de calibración de fósforo*

Tubo	Soluc. Estándar (mL)	Ácido ascórbico 1% (mL)	Sulfomolibdato de amonio 2.5% (mL)	Agua (mL)
Blanco	0.00	1.00	1.00	48.00
1	0.50	1.00	1.00	47.5
2	1.00	1.00	1.00	47.00
3	2.50	1.00	1.00	45.5
4	6.25	1.00	1.00	41.75

Fuente: Elaboración propia



### Determinación de fósforo en las muestras

En fioles de 50 mL se colocaron: 1 mL de la solución problema de cada muestra, 1 mL de la solución de ácido ascórbico y 1 ml de la solución de sulfomolibdato de amonio. Se aforaron y las fioles fueron colocadas en un baño isotérmico a 45°C por 30 minutos para el desarrollo de la coloración (Anexo 20). Una vez calibrado el espectrofotómetro UV se procedió a las lecturas de sus absorbancias. La concentración de fósforo se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$mg P / 100 g muestra = \frac{L \times Vaforo \times 100}{masa muestra \times 1000} \quad (12)$$

L= Lectura de la concentración µg/mL

Vaforo= Volumen de aforo (mL)

Los datos y resultados se observan en el Anexo 19.

#### 4.9.9.4. Determinación de polifenoles totales Método espectrofotométrico. Método de Swain y Hillis

La determinación de polifenoles totales se ejecutó siguiendo la metodología utilizada por Cardona (2010)

**Fundamento.** El reactivo principal del ensayo consiste de una mezcla de ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico de color amarillo comúnmente denominado “RFC” y es a partir de la mezcla de ambos ácidos que se producen iones de molibdato y tungsteno. Actualmente se sabe que existe una mayor cantidad de iones de molibdato y éstos funcionan mejor como agentes reductores. La reacción se lleva a cabo en condiciones básicas (pH 10), con la finalidad que se genere un ión fenolato que reduce al RFC mediante una reacción de tipo óxido/reducción (Figura 9) y genere la formación de un complejo de Mo (V) que presenta una

coloración azul cuya absorbancia se mide a una longitud de onda de 765 nm. (Muñoz, *et al.*, 2017)

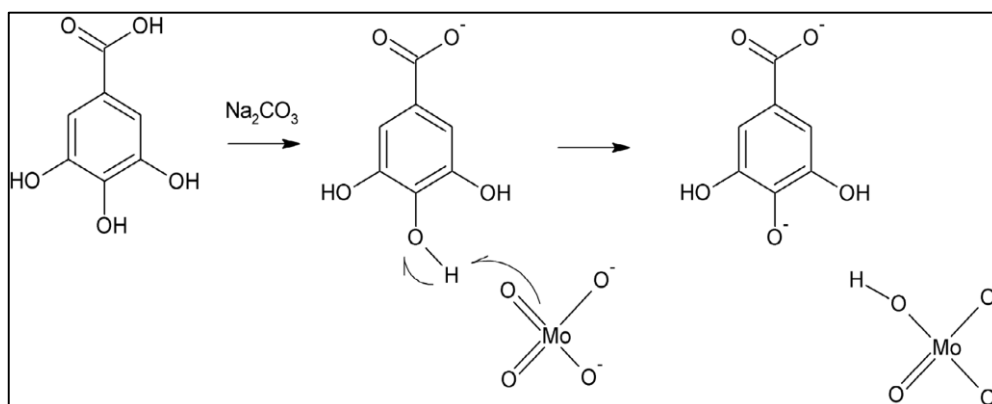


Figura 9. Reacción entre el AG y el reactivo de RFC. Fuente: Muñoz, *et al.* (2017)

## Metodología Experimental

### Preparación de muestras de los productos de quinua, cañihua y kiwicha.

Se pesaron 2.5 g de las muestras de los productos de cañihua y 5 g de las muestras de los productos de quinua desaponificada y de kiwicha, respectivamente. Se trituraron en mortero de porcelana (por 10 minutos) añadiéndose pequeños volúmenes de etanol absoluto acidulado al 90% para facilitar el proceso de extracción (1 mL en el caso de las muestras de cañihua y 2 mL en el caso de las muestras de quinua desaponificada y kiwicha). Las papillas obtenidas fueron colocadas en tubos de centrifuga, añadiéndose 15 mL de etanol acidulado a papillas de los productos de cañihua y 25 mL a las papillas de los productos de quinua desaponificada y kiwicha, se homogenizaron en el vortex por 1 minuto y se dejaron en reposo de 12 a 24 horas en la refrigeradora a 4°C. Al cabo del tiempo programado, las muestras fueron centrifugadas a 4000 rpm, los sobrenadantes fueron separados, mientras que las tortas de cañihua y quinua desaponificada fueron lavadas una vez más y las de kiwicha dos veces más (debido a la coloración amarilla intensa que presentaron los extractos), se siguieron los procedimientos de homogenizado en vortex, reposo y centrifugado. Los sobrenadantes de cada muestra fueron juntados y concentrados a presión reducida de 200 mBar a 115 rpm y 40°C, primero por 20

minutos y luego a 100 mBar por 5 minutos. Los extractos fueron aforados a 25 mL y las soluciones resultantes se conservaron en la congeladora a -20°C.

### Preparación de la curva de calibración

La curva de calibración se realizó según la Tabla 12, para lo que utilizó como estándar una solución de ácido gálico (0.5 mg/mL), se rotularon los tubos y se adicionaron en orden: solución de ácido gálico, agua desionizada, RFC 0.2N y Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7.5%, se mezclaron en el vortex y se colocaron en baño de agua a 45°C por 30 minutos, se enfriaron en agua fría para detener la reacción, posteriormente se realizó las lecturas de las absorbancias en el espectrofotómetro UV a 760 nm (Anexo 21). En base a los resultados se obtuvo la curva de calibración (Anexo 22)

**Tabla 12**

#### *Preparación de la curva de calibración de polifenoles totales*

Tubo	Acido gálico (mL)	Acido gálico (mg)	Agua Desionizada (mL)	RFC 0.2N (mL)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 7.5 % p/v (mL)
Blanco	0	0	1	2.5	2
1	0.02	0.01	0.98	2.5	2
2	0.04	0.02	0.96	2.5	2
3	0.06	0.03	0.94	2.5	2
4	0.08	0.04	0.92	2.5	2
5	0.1	0.05	0.9	2.5	2
6	0.12	0.06	0.88	2.5	2

Fuente: Elaboración propia

### Determinación de absorbancias de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

Para la determinación de PT, en el caso de las muestras GQ y GC, se midieron 1 mL de la soluciones del extracto, añadiéndose 1 mL del solvente, se mezclaron y se trabajó con 0.5 mL (FD: 4) en cada caso. Las muestras de GK, GKT y HKT no necesitaron ser diluidas por lo que se trabajó con 0.5 mL de la soluciones de los extractos. En el caso de las muestras de GQT, GCT, HQT y HCT se midieron 1 mL de la soluciones del extracto y se añadieron 2 mL de solvente, se mezclaron y se trabajó con 0.5 mL de cada caso (FD: 6). Para la lecturas de las

absorbancias se rotularon tubos de ensayo y se trabajó en el siguiente orden: 0.5 mL de las soluciones problema, 2 mL de agua desionizada, 2 mL del RFC 0.2N y 2 mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7.5 %, se realizó el mismo procedimiento que la preparación de la curva de calibración. Se realizaron las lecturas de absorbancias en el Espectrofotómetro UV a 760 nm cada 2 minutos. Se utilizó la siguiente ecuación para la determinación de PT:

$$PT \text{ mg AG} / 100 \text{ g muestra} = \frac{L \times V_{\text{aforo}} \times FD \times 100}{\text{masa muestra}} \quad (13)$$

PT= expresado en mg AG/100 g muestra

L=Lectura (mg)

Vaforo= Volumen de aforo (mL)

FD= Factor de dilución

Los datos y resultados obtenidos se observan el Anexo 23.

#### **4.9.10. Determinación de la capacidad antioxidante. Método del DPPH- Método de Brand Williams**

La determinación de la capacidad antioxidante se ejecutó siguiendo la metodología utilizada por Cardona (2010)

**Fundamento.** La evaluación de la capacidad antioxidante de los radicales de los compuestos o extractos obtenidos, radica en que estos se hacen reaccionar con el radical DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo) (Figura 10). La reducción del DPPH es entendida por el monitoreo del decrecimiento en sus característica longitud de onda durante la reacción. En su forma radical, el DPPH absorbe a 517 nm, pero luego de la reducción por efecto de un antioxidante la absorción desaparece (Vásquez, 2006).

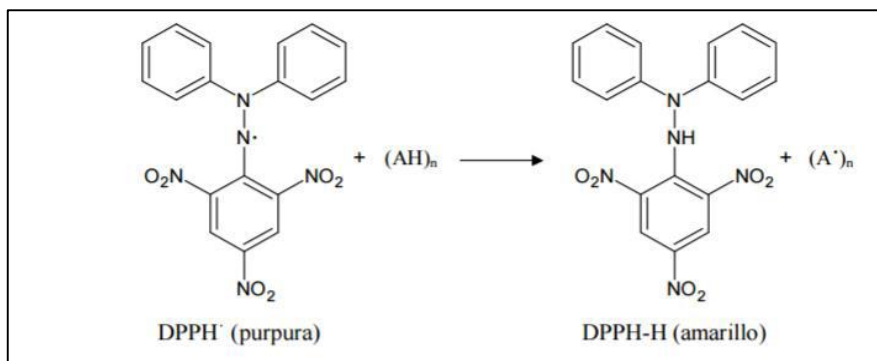


Figura 10. Reacción de reducción del radical DPPH. Fuente: Chanamé y Cruz. (2017)

## Metodología Experimental.

### Preparación de los extractos de muestras de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

Se pesaron 1 g de las muestras de los productos de cañihua y quinua desaponificada y 2.5 g de las muestras de los productos de kiwicha, se trituraron en mortero de porcelana (por 10 minutos), añadiéndose pequeños volúmenes de metanol para facilitar el proceso, las papillas obtenidas fueron colocadas en tubos de centrifuga, añadiéndose 15 mL de metanol a las papillas de los productos de cañihua y quinua desaponificada, respectivamente y 20 mL a las papillas de los productos de kiwicha, se homogenizaron en el vortex por 1 minuto, se dejaron en reposo de 12 a 24 horas en la refrigeradora a 4°C, Al cabo del tiempo programado, las muestras fueron centrifugadas a 4000 rpm, los sobrenadantes fueron separados, mientras que las tortas de cañihua y quinua desaponificada fueron lavadas una vez más y las de kiwicha dos veces más (debido a la coloración amarilla intensa que presentaron los extractos), se siguieron los procedimientos de homogenizado en vortex, reposo y centrifugado. Los sobrenadantes de cada muestra fueron juntados y concentrados a presión reducida de 200 mBar a 115 rpm y 40°C, primero por 20 minutos y luego a 100 mBar por 5 minutos. Los concentrados fueron aforados a 25 mL y las soluciones resultantes o extractos fueron conservadas en congeladora a -20°C.

#### **4.9.10.1. Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de los productos de quinua, cañihua y kiwicha**

Se preparó una solución de DPPH 0.096 mM (3.8 mg disueltos en 100 mL de metanol), cuya absorbancia máxima de la solución osciló entre 515-516 nm. Se prepararon soluciones de control y se midieron sus absorbancias. Se determinó el PI al 50% para cada uno de productos de quinua, cañihua y kiwicha, para lo que se prepararon tubos de ensayo rotulados colocándose los reactivos respectivos, se mezclaron en el vortex por 15 segundos y se mantuvieron en la oscuridad por 30 minutos (Ver Anexos 24, 25, 26 y 27), al cabo del tiempo establecido, se procedió a la lectura de sus absorbancias en el espectrofotómetro UNICO cada 2 minutos. La ecuación utilizada para calcular el porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% fue:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Absorbancia control} - \text{absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia control}} \times 100 \quad (14)$$

#### **Preparación de la curva de calibración**

Se preparó una solución estándar de Trolox 0.5 mM ó 500 µM, a partir de la cual se realizaron diluciones, se rotularon tubos de ensayo y se colocaron los reactivos en el orden y volúmenes que se observan en la Tabla 13, cada tubo fue agitado por 15 segundos en el vortex y se mantuvieron en reposo por 30 minutos en oscuridad, transcurrido el tiempo establecido se procedió a sus lecturas en el espectrofotómetro UNICO a 518 nm. (Anexo 28). Con los datos obtenidos se elaboró la Curva de Calibración (Anexo 29)

**Tabla 13*****Preparación de la curva de calibración de Trolox***

<b>Tubo</b>	<b>Trolox (500 µM)</b>	<b>Trolox µL</b>	<b>Metanol µL</b>	<b>DPPH 0.096 mM µL</b>
Blanco		0	3000	0
Control		0	2000	1000
1	1.66	10	1990	1000
2	3.33	20	1980	1000
3	6.66	40	1960	1000
4	10.00	60	1940	1000
5	13.30	80	1920	1000

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de CA se tomó como referencia el valor del PI al 50% de cada producto (Anexos 24, 25 y 26). Se realizaron pruebas preliminares adicionales, esta vez para determinar el volumen exacto del extracto de cada muestra con la que calcularía la CA (Anexo 30). Las lecturas de las absorbancias se realizaron a 518 nm en el espectrofotómetro UNICO.

Las ecuaciones utilizadas para calcular la CA fueron:

$$CAED = \frac{CE (\mu\text{mol ET}) \times VC (\mu\text{L})}{VEL (\mu\text{L})} \quad (15)$$

$$CAE = CAED (\mu\text{mol ET}) \times FD \quad (16)$$

$$CA = \frac{CAE (\mu\text{mol ET}) \times VEL (\mu\text{L})}{1000000 \times mm (g)} \quad (17)$$

CAED = Capacidad Antioxidante del Extracto Diluido

CE = Concentración de Extracto

VC = Volumen de Celda

VEL = Volumen del Extracto Líquido

CAE = Capacidad Antioxidante del Extracto

FD = Factor de Dilución

CA = Capacidad Anantioxidante

mm = masa de muestra

Los datos y resultados se observan en el Anexo 31.



## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este ítem se presentan los resultados y discusiones acerca de la composición proximal, contenido de azúcares reductores, concentración de lisina, concentración de constituyentes funcionales y capacidad antioxidante de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pillidicaudale* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).

**5.1. Composición proximal de los productos de productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pillidicaudale* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), durante de su procesamiento.**

**5.1.1. Quinua (*Chenopodium quinoa* Wild).**

**Tabla 14**

*Composición proximal de los productos de quinua*

Determinaciones analíticas	GQD		GQT		HQT		Anova Valor p
	Medias	Desviación	Medias	Desviación	Medias	Desviación	
Humedad	12.143	0.066	2.43333	0.3177	5.11	0.0556776	0.000
Cenizas	2.32667	0.115	2.41667	0.0152753	2.2	0.01	0.021
Proteínas	12.7433	0.204	11.9233	0.237136	12.32	0.137477	0.007
Grasa	5.19333	0.038	6.08667	0.070946	6.45667	0.0404145	0.000
Fibra bruta	3.11333	0.083	2.70333	0.0057735	2.63	0.04	0.000
Carbohidratos	64.48	0.411	74.4367	0.478156	71.2833	0.151767	0.000

Medias= promedio de tres repeticiones. Los contenidos de ceniza, proteínas, grasa, fibra bruta y carbohidratos, están expresados como g/100 g ms. Grano de quinua desaponificada =GQD, grano de quinua tostada =GQT y harina de quinua tostada=HQT. Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos experimentalmente para el producto GQD, difieren en algunas determinaciones obtenidas por autores como: Romo, Rosero, Forero y Cerón (2006), quienes presentan valores de 3.71% de cenizas, 16.07 % de proteínas, 0.52 % de grasa, 5.58 % de fibra y 74.13 % de carbohidratos para el grano de quinua desaponificado-Varietal, y De la Riva (2010) quien reporta valores de 2.72% de cenizas, 12.62 % de proteínas, 7.63 % de

grasa, 3.83 % de fibra para el grano de quinua desaponificada-variedad Salcedo-INIIA. Las diferencias con los valores experimentales pueden atribuirse las variedades utilizadas por los autores anteriormente citados

El valor de  $p < 0.05$ , en todas las determinaciones, demuestra que existe una diferencia significativa en el contenido de humedad, cenizas, proteínas, grasa, fibra y carbohidratos, por lo que el procesamiento de tostado, molienda y cernido tuvieron influencia en sus contenidos (Tabla 14)

- La humedad descendió de 12.143 a 2.43333 g/100 g del GQD al GQT por efecto de la temperatura de tostado (110°C). Damodarán *et al.* (2008) refiere que el agua físicamente atrapada durante el proceso se elimina fácilmente, durante el secado. Sin embargo, se observa un incremento del producto GQT al producto HQT de 2.43333 a 5.11 g/100 g, al respecto, Prieto, Gordillo, Prieto, Gomez y Gutiérrez, A. (2006) afirman que los cereales son alimentos altamente higroscópicos, mientras que Pedersen y Eggum (1983) y Barrera *et al.* (2012) afirman que la molienda afecta en gran medida la composición química de las harinas. Damodarán *et al.* (2008) indica que existe la formación de enlaces de hidrógeno del agua del medio ambiente con varios grupos presentes en el alimento (por ejemplo grupos oxidrilo, amino, carbonilo, amida, amino, etc.), de la misma forma, Hanna instruments (2016) indica que la harina puede retener la humedad debido a la estructura de la pared celular en las células de trigo, así como la tendencia de las proteínas de la harina para adsorber la humedad ambiente, por lo que probablemente, el incremento observado experimentalmente, se deba a los factores indicados anteriormente.
- El contenido de cenizas se incrementó levemente de 2.32667 a 2.41667 g/100 g ms en los productos GC al producto GQT, respectivamente. Tacora *et al.* (2010) al trabajar con cañihua, observan el mismo comportamiento, y atribuyen probablemente a que la superficie externa del grano pudo haberse chamuscado debido al incremento de la temperatura.

Respecto al descenso del producto GQT de 2.41667 a 2.2 g/100 g ms en el producto HQT, Damodarán *et al.* (2008) indica que el factor más importante que causa la pérdida de minerales es la molienda de los cereales ya que estos tienden a concentrarse en las capas de salvado y del germen, dejando únicamente el endospermo, pobre en minerales. por lo que el descenso observado se deba a la molienda, además del cernido de la harina es el otro proceso que pudo haber influido. Romo *et al.* (2006) reportan un incremento en el contenido de cenizas del GQD a la HQT de 3.71 % a 4.11 %

- El contenido de proteína, disminuyó de 12.7433 a 11.9233 g/100 ms del producto GQD al GQT. Damodarán *et al.* (2018) refieren que entre las diversas modificaciones químicas inducidas por el procesado en las proteínas, la que más impacto tiene en sus propiedades sensoriales y nutricionales es la reacción de Maillard (pardeamiento no enzimático), que disminuye el valor nutritivo de las proteínas, a su vez, Romo *et al.* (2006) afirman que el valor biológico de la proteína puede disminuir durante el tostado, ya que los granos de quinua adquieren una coloración marrón que es el producto de la reacción de Maillard. En cuanto al incremento observado del producto GQT de 11.9233 a 12.32 g/100 ms en el producto HQT, Christiansen (2012) refiere que la harina integral es la más saludable por su alto contenido de fibra, proteína, grasa minerales y otros.
- El contenido de grasa experimentó un incremento general: 5.19333 en el producto GQD, 6.08667 en el producto GQT y 6.45667 g/100 g ms en el producto HQT. Según el MSINS (2002), el contenido inicial de grasa en el producto quinua perlada fué de 5.2 g/100 g el que se incrementó a 5.6 g/100 g en la harina tostada, por lo que el incremento observado experimentalmente sea debido al proceso de molienda que libera los nutrientes por efecto del rompimiento de las membranas estructurales.
- El contenido de fibra bruta experimentó un descenso general: 3.11333 en el producto GQD, 2.70333 en el producto GQT y 2.63 g/100g ms en el producto HQT, al respecto, Christiansen

(2012) refiere que en el proceso de tostado la cáscara pierde elasticidad y se desintegra, mientras que Ktenioudaki, *et al.* (2013) indican que estudios han demostrado que la molienda conduce a una pérdida de fibra dietaria. Schoenlechner (2017) refiere que el objetivo de la molienda seca es principalmente producir harina integral o para separar el grano mediante técnicas de fraccionamiento físico (por ejemplo, molienda y cernido) en sus partes anatómicas, es decir, la separación del endospermo (perisperma en la quinua) de las capas externas (salvado y embrión).

- El contenido de carbohidratos experimentó un incremento en todos los productos de la quinua. El MSINS (2002), reportó un incremento de 70.1 a 73.2 g/100 g del producto quinua perlada al producto harina tostada. Según Barrera *et al.* (2012) la molienda es un proceso mecánico que involucra la separación del salvado y el germen del endospermo. Por lo que valor el incremento experimental se deba a la molienda que dejó libre al endospermo rico en carbohidratos.

### 5.1.2. Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

**Tabla 15**

***Composición proximal de los productos de cañihua***

Determinaciones analíticas	GC		GTC		HTC		p-valor
	Medias	Desviación	Medias	Desviación	Medias	Desviación	
Humedad	9.96	0.06	5.46667	0.0550757	5.695	0.0212132	0.431
Cenizas	5.68	0.0458258	4.96	0.250599	4.87	0.0141421	0.949
Proteínas	14.09	0.242693	13.0333	0.335311	12.94	0.0424264	0.194
Grasa	9.27333	0.0321455	7.98667	0.0305505	7.995	0.00707107	0.380
Fibra bruta	10.82	0.0264575	10.25	0.02	8.535	0.148492	0.027
Carbohidratos	50.1767	0.255408	58.3033	0.57709	59.965	0.219203	0.054

Medias= promedio de tres repeticiones. Los contenidos de ceniza, proteínas, grasa, fibra bruta y carbohidratos están expresados como g/100 g ms. GC= grano de cañihua, GTC= grano de cañihua tostada y harina de cañihua tostada =HCT. Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos experimentalmente para el producto GQD, son mayores que los reportados por Tacora *et al.* (2010) (Ver Tabla 5), con excepción del contenido de carbohidratos. Las divergencias pueden atribuirse entre las entre variedades de cañihua utilizadas.

La Tabla 15, con valores de  $p > 0.05$ , para los contenidos humedad, cenizas, proteínas, grasa y carbohidratos, muestra que no se presentaron diferencias significativas en los contenidos de dichas componentes, por lo que el procesamiento no presentó efecto en los tres productos de cañihua, situación diferente presentó el contenido de fibra bruta.

- Con un valor de  $p < 0.05$ , el contenido de fibra bruta fue afectada por los procesos de tostado, molienda y cernido, observándose un descenso de 10.82 en el producto GC a 10.25 g/100 g ms en el producto GCT (Tabla 15). Al respecto, Tacora *et al.* (2010) y Pauro (2017) observan el mismo comportamiento. Christiansen (2012) refiere que en el proceso de tostado refiere que la cáscara pierde elasticidad y se desintegre. Se observa una disminución del producto GCT de 10.25 a 8.535 g/100 g ms en el producto HCT, Ktenioudaki, *et al.* (2013) señalan que la molienda conduce a una pérdida de fibra dietaria. Schoenlechner (2017) refiere que el objetivo de la molienda seca es principalmente producir harina integral o para separar el grano mediante técnicas de fraccionamiento físico (por ejemplo, molienda y cernido) en sus partes anatómicas, es decir, la separación del endospermo (perisperma en la quinua) de las capas externas (salvado y embrión).

### 5.1.3. Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.).

**Tabla 16**

***Composición proximal de los productos de kiwicha***

Determinaciones analíticas	GK		GKT		HKT		p-valor
	Medias	Desviación	Medias	Desviación	Medias	Desviación	
Humedad	10.3167	0.0416333	2.74333	0.0251661	4.76	0.0608276	0.001
Cenizas	2.40333	0.0550757	2.15	0.173494	2.34	0.07	0.196
Proteínas	12.2533	0.357957	11.6633	0.0404145	12.0533	0.40129	0.139
Grasa	9.48	0.07	7.85333	0.0152753	7.81	0.0264575	0.849
Fibra bruta	3.66	0.0556776	4.32333	0.0472582	3.43667	0.0404145	0.000
Carbohidratos	61.8867	0.386825	71.2667	0.235443	69.6	0.483839	0.000

Medias= promedio de tres repeticiones. Los contenidos de ceniza, proteínas, grasa, fibra bruta y carbohidratos, están expresados como g/100 g ms. Grano de kiwicha=GK, grano de kiwicha tostada=GKT y harina de kiwicha tostada=HKT. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los contenidos iniciales de cenizas, proteínas y grasa para el producto GK, Pedersen, Kalinowski y Eggum (1987), reportan: 2.4 % de cenizas, 14.4 % de proteínas y 10.9 % de grasa.

- En cuanto a los descensos observados en los contenidos de cenizas y grasa del producto GK al producto GKT, Pedersen, *et al.* (1987), reportan el mismo comportamiento indicando que los porcentajes de cenizas y grasa descienden hasta a 2.1 % y 10.2 %, respectivamente, mientras que el porcentaje de proteínas se mantiene. Sin embargo, los valores de  $p > 0.05$  (Tabla 16), para cenizas, proteínas y grasa, indican que no se presentaron diferencias significativas en los contenidos de dichos componentes en los tres productos de kiwicha, por lo que el procesamiento no tuvo mayor impacto.
- El valor de  $p < 0.05$ , en el contenido de humedad, indica una variación en los tres productos (Tabla 16), disminuyendo de 10.3167 en el producto GK a 2.74333 g/100 g en el producto GKT, lo que es atribuido al efecto de la temperatura de tostado (110°C), pues según Damodaran *et al.* (2008) refieren que el agua físicamente atrapada durante el proceso se elimina fácilmente, durante el secado, Christiansen (2012) refiere que en el proceso de

tostado la cáscara pierde elasticidad y se desintegra. Sin embargo, se observa un incremento de 2.74333 en el producto GKT a 4.76 g/100 g en el producto HKT. Según Prieto *et al.* (2006) afirman que los cereales son alimentos altamente higroscópicos, mientras que Pedersen y Eggum (1983) y Barrera *et al.* (2012) afirman que la molienda afecta en gran medida la composición química de las harinas. Por lo que el incremento observado, se deba probablemente a la formación de enlaces de hidrógeno del agua del medio ambiente con varios grupos potencialmente adecuados del alimento (como por ejm., grupos oxidrilo, amino, carbonilo, amida, amino, etc.) (Damodarán *et al.* 2008)

- El procesamiento afectó el contenido de fibra bruta en los tres productos, observándose una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). El producto HKT presentó menor contenido con 3.43667 respecto al producto GK con 3.66 y al producto GKT con 4.32333 g/100 g ms, respectivamente. Sumar (1993) refiere que los granos de diversos ecotipos de kiwicha presentan una cubierta muy dura. Según Schoemana, *et al.* (2017), la dureza del grano afecta la calidad y cantidad de los productos molidos, los granos de cereales tostados pueden influir en el rendimiento de la molienda. Por otra parte, Christiansen (2012), refiere que el cernido permite separar ciertas partes del grano que han permanecido sin desintegrarse después de la molienda como algunos pedazos de cáscara o pericarpio del grano. Según
- El valor de  $p < 0.05$  demuestra que hubo una diferencia significativa en el contenido de carbohidratos en los tres productos, demostrando que el procesamiento tuvo influencia (Tabla 16). Se observa un incremento en el contenido de carbohidratos de 61.8867 a 71.2667 g/100 ms del producto GK al producto GTK, En cuanto, al descenso a 69.6 g/100 g ms en el producto HKT, Pedersen y Eggum (1983) y Barrera *et al.* (2012) afirman que la molienda afecta en gran medida la composición química de las harinas.

**5.2. Contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), durante de su procesamiento.**

**5.2.1. Quinua (*Chenopodium quinoa* Wild).**

**Tabla 17**

**Contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de quinua.**

Determinaciones analíticas	GQD		GQT		HQT		p-valor
	Medias	Desviación	Medias	Desviación	Medias	Desviación	
Azúcares reductores	2.59667	0.0305	0.833333	0.0152753	0.793333	0.011547	.000
Lisina	4.16667	0.057	4.3	0.173205	4.63333	0.416333	.161

Medias= promedio de tres repeticiones. El contenido de azúcares reductores está expresado como g/100 g ms y la concentración de lisina en g /100 g proteína. (Expresado en ms). Grano de quinua desaponificada =GQD, grano de quinua tostada =GQT y harina de quinua tostada=HQT. Fuente: Elaboración propia.

- Se aprecia que en los tres productos de quinua existe una diferencia significativa en la concentración de azúcares reductores ( $p < 0.05$ ), lo que significa que el procesamiento tuvo influencia (Tabla 17). La disminución general de 2.59667- 0.83333- 0.793333 g/100 g ms en los productos: GQD, GQT y HQT, respectivamente, podría deberse a las reacciones de Maillard, puesto que Oliveiro *et al.* (2009), señalan que son las responsables de la disminución de azúcares reductores y de la concentración de aminoácidos observados durante el procesamiento de los granos de cacao, mientras que Zapata *et al.* (2015) manifiestan que las reacciones de Maillard, generan una variedad de pigmentos marrones (melanoidinas), las cuales contribuyen a la actividad antioxidante, sabor y color el grano tostado.
- La concentración inicial de lisina de 4.16667 g /100 g proteína en el producto GQD se encuentra dentro de los valores reportados por Padrón, Oropeza y Montes (2015), quienes reportan valores de 3.9 hasta 6.98 g/100 g proteína.



Respecto a los ligeros incrementos en la concentración de lisina en los tres productos, Tapia (1990) señala un incremento en la concentración de lisina en las harinas a base de granos integrales y granos lavados a 87 °C de 6.76 a 8.77 g/100 g proteína, respectivamente. Incrementos parecidos sufren otros granos como lo indican Pedersen, Kalinowski y Eggum (1987), quienes reportan un incremento de 5.58 a 5.67 g/100 g N del producto grano crudo de kiwicha al producto grano laminado de kiwicha. Igualmente, Motta, Castanheira, Gonzales, Delgado, Torres, Santos y Matos (2018) indican que la concentración de lisina del amaranto, aumentó durante el procesamiento del grano crudo al hervido y cocinado al vapor. Sin embargo, el valor de  $p < 0.161$  (Tabla 17), sugiere que los procesamientos de tostado, molienda y cernido, no tuvieron mayor impacto en la concentración de lisina en los tres productos de kiwicha, pues no existe diferencia significativa en sus concentraciones.

### 5.2.2. Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

**Tabla 18**

**Contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de cañihua**

Determinaciones analíticas	GC		GTC		HTC		p-valor
	Medias	Desviación	Medias	Desviación	Medias	Desviación	
Azúcares reductores	2.20667	0.023094	0.953333	0.0251661	0.68	0.01	.210
Lisina	3.8	0.1	3.63333	0.057735	3.8	0.015	.081

Medias= promedio de tres repeticiones. El contenido de azúcares reductores está expresado como g/100 g masa seca (ms) y la concentración de lisina en g /100 g proteína. (Expresado en ms). Grano de cañihua =GC, grano de cañihua tostada =GCT y harina de quinua tostada=HCT. Fuente: Elaboración propia.

- El valor de  $p > 0.05$  indica que el procesamiento no tuvo influencia en los contenidos de azúcares reductores en los tres productos de cañihua (Tabla 18).
- Respecto al contenido inicial de lisina, autores como: Blanco, Alvarado y Muñoz (2003) y Gallego, Russo, Kerbab, Landi y Rastrelli (2014), reportan valores de 5.66 hasta 8.14 y

5.83 g/ 100 g proteína, respectivamente. Las diferencias respecto al valor experimental pueden atribuirse a las variedades y procedencias de las muestras utilizadas.

En la Tabla 18 se observa un descenso en la concentración de lisina por efecto del tostado y leve incremento en la harina tostada, sin embargo, el valor de  $p > 0.05$  indica que el procesamiento no tuvo influencia en la concentración de los tres productos, por lo que no existe diferencias significativas en las concentraciones halladas.

### 5. 2.3. Kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*)

**Tabla 19**

*Contenido de azúcares reductores y concentración de lisina de los productos de kiwicha*

Determinaciones analíticas	GK		GKT		HKC		p-valor
	Medias	Desviación	Medias	Desviación	Medias	Desviación	
Azúcares reductores.	1.31667	0.023094	0.84	0.0173205	0.816667	0.0251661	.000
Lisina	4.36667	0.23094	4.33333	0.057735	3.9	0.2	.033

Medias= promedio de tres repeticiones. El contenido de azúcares reductores está expresado como g/100 g ms y la concentración de lisina en g /100 g proteína. (Expresado en ms). Grano de kiwicha =GK, grano de kiwicha tostada =GKT y harina de kiwicha tostada=HKT. Fuente: Elaboración propia.

- En la Tabla 19 se aprecia que el procesamiento tuvo influencia en el contenido de azúcares reductores, pues el valor de  $p < 0.05$  así lo demuestra, observándose un descenso de 1.31667-0.84 - 0.816667 g/100 g ms en los productos GK, GKT y HKT, respectivamente, al respecto Oliveiro *et al.* (2009), indican que las reacciones de Maillard son las responsables de la disminución de azucares reductores y de la concentración de aminoácidos observados durante el procesamiento de los granos de cacao, por su parte Zapata *et al.* (2015) manifiestan que las reacciones de Maillard forman una variedad de pigmentos marrones (melanoidinas), que contribuyen la actividad antioxidante, sabor y color el grano tostado Según Pedersen y Eggum (1983) y Barrera *et al.* (2012) afirman que la molienda afecta en gran medida la composición química de las harinas.

- La concentración inicial de lisina en el producto GK se encuentra por debajo de los reportados por Tapia (1990) y Carrillo, Vilcacundo y Carpio (2015) quienes indican 6.7 y 8 g/100 g de proteína, respectivamente. La diferencia puede atribuirse a las variedades utilizadas, respecto a la experimental.

El valor de  $p < 0.05$  en la Tabla 19 muestra que existen diferencias significativas en la concentración de lisina en los tres productos, observándose un descenso general de: 4.36667- 4.33333- 3.9 g/100 g proteína, Bressani *et al.* (1992) refieren que la lisina es parcialmente inactivada por el proceso de tostado, pues a 130 °C y de 60-90 segundos observaron un descenso de 5.3 a 4.3 g/16 g N (*A. caudatus*) y de 5.18 a 5.10 a 90°C (*A. cruentus*). Pedersen, *et al.* (1987) refieren el mismo comportamiento. La concentración de lisina se vio afectada por el proceso de molienda. Según Pedersen y Eggum (1983) al trabajar con la harina de sorgo de diferentes grados de extracción, observaron una disminución en la concentración de lisina respecto al grano entero, indicando que la molienda afectó en gran medida la composición química de las harinas, concluyendo que la molienda afectó negativamente la concentración .

### 5.3.Efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante en los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild)

#### 5.3.1. Minerales.

##### 5.3.1.1. Calcio.

**Tabla 20**

*Efecto del procesamiento en la CM de calcio en los productos de quinua*

Productos de quinua	CM mg Ca/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg Ca/100 g ms	Límite superior CM mg Ca/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano Tostado (GQT)	41.6233	1.94104	39.0715	44.1751	X	F=55.26 p=0.0001
Grano desaponificado (GQD)	41.36	0.603573	38.8082	43.9118	X	
Harina Tostada (HQT)	60.48	3.9299	57.9282	63.0318	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de calcio de los productos de quinua. Ha: El procesamiento influye en la CM de calcio de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia

Con valor  $p < 0.05$ , se aprecia que el procesamiento influyó significativamente en la CM de calcio en los productos de quinua, existiendo una diferencia significativa en las concentraciones, por lo que se acepta Ha (Tabla 20). El producto HQT presentó una CM de 60.48 mg/100 g ms (fluctuando de 57.9282 a 63.0318) mayor que la CM del producto GQT con 41.6233 (fluctuando de 39.0715 a 44.1751) y del producto GQD con 41.36 mg/100 g ms (fluctuando de 38.8082 a 43.9118).

La CM de calcio en el producto GQD (41.36 mg/100 g ms), concuerda con los valores reportados por Konishi, Hirano, Tsuboi y Wada (2004), Repo de Carrasco *et al.* (2010), Stikic *et al.* (2012) y Nascimento *et al.* (2014), quienes reportan concentraciones de 55.1; 68.55; 220 y 44 mg/100 g, respectivamente. Dyner *et al.* (2016) afirman que el contenido de minerales de los granos, en general, está influenciado por las características de la zona de producción, técnicas de cultivo (en particular fertilizantes utilizados) y condiciones climáticas.

Las diferencias entre los valores reportados y el hallado experimentalmente, pueden atribuirse a las variedades de quinua utilizadas y a los métodos de desaponificación utilizados en el tratamiento previo de los granos.

En la tabla 20, se observa un incremento en la CM de calcio en el producto HQT (60.48 mg/100g ms). Dyner *et al.* (2016), señala que el contenido de minerales también dependerá del tipo de molienda. Schoemana *et al.* (2017), refieren que los granos de cereales tostados pueden influir en el rendimiento de la molienda ya que generalmente se caracteriza por una disminución de la dureza del grano, debido a la mayor porosidad interna del endospermo, además, Burrieza *et al.* (2014) indica que la quinua posee también un tejido no embrionario que almacena proteínas, lípidos y minerales, que es la capa de aleurona. Por lo que el aumento apreciado pueda deberse a que durante la molienda se rompen las paredes celulares liberándose los minerales. El MSeINS (2017), en las TPCA reportan valores de 56 y 104 mg/100 g, para la quinua y harina de quinua, respetivamente.

La prueba de Tukey (Tabla 20) muestra que las CM(s) de los productos GQD y GQT presentan concentraciones similares no existiendo diferencias significativas entre ambos, sin embargo el producto HQT difiere significativamente respecto a los productos anteriores. La Figura 11, muestra las comparaciones entre los CM(s).

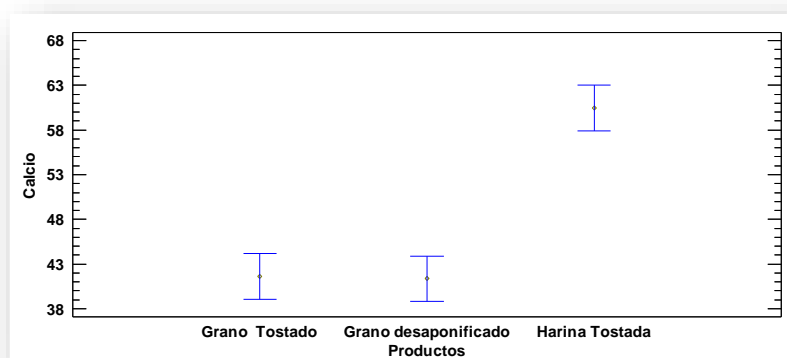


Figura 11. Comparación de las CM(s) de calcio (en mg Ca/100 g ms) de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1.2. Hierro.

**Tabla 21**

*Efecto del procesamiento en la CM de hierro en los productos de quinua*

Productos de quinua	CM mg Fe/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg Fe/100 g ms	Límite superior CM mg Fe/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano Tostado (GQT)	2.75333	0.23245071	1.63628	3.87039	X	F=0.22 p=0.8090
Grano desaponificado (GQD)	2.69667	0.23713569	1.57961	3.81372	X	
Harina Tostada (HQT)	2.20333	1.90814919	1.08628	3.32039	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de hierro de los productos de quinua. Ha: El procesamiento influye en la CM de hierro de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia

Con un valor  $p > 0.05$ , se observa que el procesamiento no influyó significativamente en la CM de hierro en los productos de quinua, por lo que se acepta  $H_0$  (Tabla 21). Los productos GQT, GQD y HQT presentaron CM(s) de 2.75333 mg Fe/100 g ms (fluctuando de 1.63628 a 3.87039), 2.69667 mg Fe/100 g ms (fluctuando de 1.57961 a 3.81372) y 2.20333 mg Fe/100 g ms (fluctuando de 1.08628 a 3.32039) mg Fe/100 g ms, respectivamente.

La CM de hierro en el producto GQD (2.69667 mg Fe/100 g ms), se encuentra dentro de los valores reportados por: Konishi *et al.* (2004), Repo de Carrasco *et al.* (2010), Stikic *et al.* (2012) y Nascimento *et al.* (2014) quienes indican: 14.2; 95 ; 2.41 y 5.46 mg Fe/100 g ms, respectivamente. Las diferencias entre los valores reportados y el hallado experimentalmente, pueden atribuirse a las variedades de quinua utilizadas, a las condiciones agronómicas de crecimiento de la planta (tipo de suelo, fertilización, condiciones ambientales) y a los métodos de desaponificación utilizados en el tratamiento previo de los granos.

La prueba de Tukey (Tabla 21) muestra que los tres productos de quinua no presentaron diferencias significativas en las CM(s) de hierro, por lo que todas son similares. La Figura 12 sustenta este resultado.

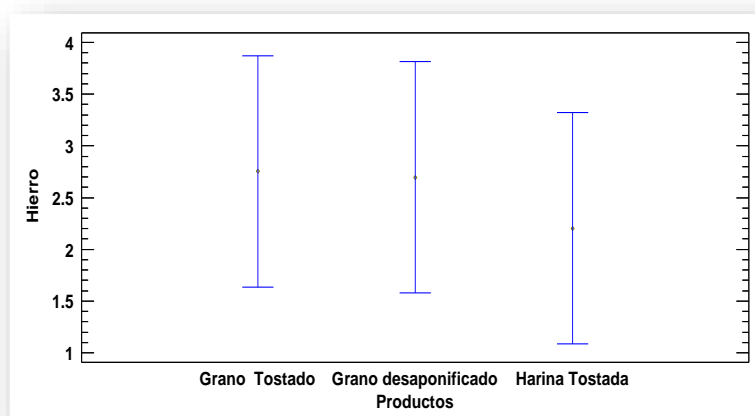


Figura 12. Comparación de las CM(s) de hierro (en mg Fe /100g ms) de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia

### 5.3.1.3. Fósforo.

**Tabla 22**

*Efecto del procesamiento en la CM de fósforo en los productos de quinua*

Productos de quinua	CM mg P/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg P/100 g ms	Límite superior CM mg P/100 g ms	Prueba Tukey	ANOVA
Grano Tostado (GQT)	300.727	0.23713569	291.939	309.514	×	F=25.81, p=0.0011
Grano desaponificado (GQD)	262.733	0.23245071	253.946	271.521	×	
Harina Tostada (HQT)	251.483	1.90814919	242.696	260.271	×	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de fósforo de los productos de quinua. Ha: El procesamiento influye en la CM de fósforo de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 22, se aprecia que el procesamiento influyó significativamente en la CM de fósforo en los productos de quinua, por lo que Ha es aceptada ( $p < 0.05$ ). El producto GQT presentó la mayor CM con 300.727 mg P /100g ms (fluctuando de 291.939 a 309.514) seguido de los productos GQD con 262.733 mg P /100g ms (fluctuando de 253.946 a 271.521) y HQT con 251.483 mg P /100g ms (fluctuando de 242.696 a 260.271).

La CM de fósforo en el producto GQD (262.733 mg P /100g ms), se encuentra por debajo de los establecidos por autores como: Konishi et al. (2004), Stikic et al. (2012), Nascimento *et al.* (2014), quienes reportan valores de 404.9, 280 y 468 mg P/100 g,

respectivamente. Las diferencias pueden atribuirse a las variedades utilizadas, a las condiciones agronómicas y ambientales en el crecimiento de la planta. Damodarán *et al.* (2008) indican que el ácido fítico y los complejos minerales (fitatos) son las principales formas de almacenamiento de fósforo en las semillas de las plantas.

En la Tabla 22, se observa un descenso en la concentración de fósforo del producto GQT (300.727 mg P /100g ms) al producto HQT (251.483 mg P /100g ms). Al respecto, Damodaran *et al.* (2008), afirma que el factor más importante, causante de la pérdida de minerales de los alimentos es la molienda de los cereales. Los minerales de los granos tienden a concentrarse en las capas de salvado y en el germen, por ello la eliminación del salvado y germen deja únicamente el endospermo, pobre en minerales. Hurrell (2003) indica que la molienda de cereales puede disminuir el contenido de ácido fítico en un 90% ya que se elimina con el salvado.

De la prueba de Tukey (Tabla 22), se deduce que no existió una diferencia significativa en las CM(S) de fósforo en los productos GQD (300.727 mg P/100g ms) y HQT con 251.483 mg P /100g ms, pues estadísticamente ambas concentraciones son similares. La CM del producto GQT (300.727 mg P /100g ms) es significativamente diferente. En la Figura 13, se observa una comparación de todas las CM(s) de los productos de quinua.

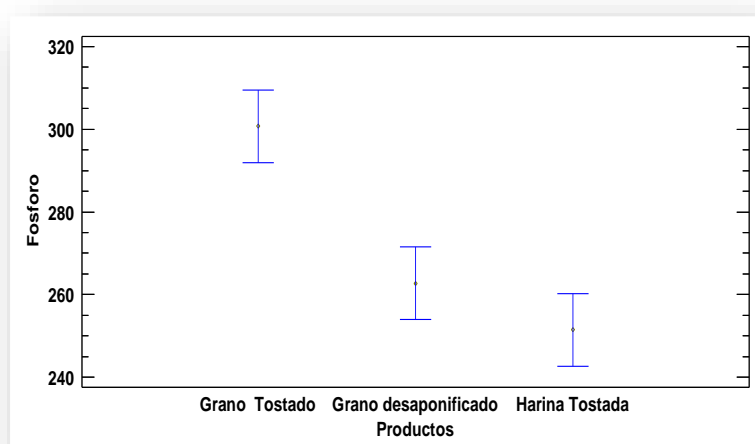


Figura 13. Comparación de las CM(s) de fósforo (en mg P/100g ms) de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia



### 5.3.2. Polifenoles totales.

**Tabla 23**

*Efecto del procesamiento en la CM de polifenoles totales en los productos de quinua*

Productos de quinua	CM mg AG/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg AG/100 g ms	Límite superior CM mg AG/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano Tostado (GQT)	140.61	2.75196	138.262	142.958	X	F=397.19 p=0.0000
Grano desaponificado (GQD)	115.18	2.8589	112.832	117.528	X	
Harina Tostada (HQT)	86.5533	0.908754	84.2055	88.9012	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de PT de los productos de quinua. Ha: El procesamiento influye en la CM de PT de los productos de quinua. Fuente:Elaboración propia

La Tabla 23 muestra que el procesamiento influyó significativamente en la CM de PT en los productos de quinua ( $p < 0.05$ ), existiendo una diferencia significativa (Ha se acepta). El producto GQT presentó la mayor CM con 140,61 mg AG/100 g ms (fluctuando de 138.27 a 142.96), el producto GQD presentó 115.18 mg AG/100 g ms (fluctuando de 112.832 a 117.5283), mientras que el producto HQT presentó la menor CM con 86.5533 mg AG/100 g ms (fluctuando de 84.2055 a 88.9012).

La CM de PT del producto GQD (115.18 mg AG/100 g ms), no concuerda con los establecidos por autores como: De la Riva (2010), quien reporta una concentración de 70.3 mg AG/100 g ms, Repo de Carrasco *et al.* (2010) quienes reportan 41.78 mg AG/100 g ms y Quispe (2016) quien reporta 67.46 y 76.43 mg AG/100 g ms. Las diferencias pueden atribuirse a factores como: las variedades utilizadas, factores genéticos, agronómicos, y climáticos durante el crecimiento de la planta y a las condiciones de trabajo en laboratorio.

Se observa un incremento en la concentración de PT del producto GQD (115.18 mg AG/100 g ms) al producto GQT (140,61 mg AG/100 g ms), al respecto, Balunkeswar *et al.* (2015) señalan que los compuestos fenólicos en los cereales se encuentran en capas externas de los granos (cáscara, pericarpio, testa y células aleurónicas) más que cualquier otro

componente y los procesos térmicos liberan a los compuestos fenólicos. Brend, et al. (2012) indican que al igual que otras semillas de granos, la quinua deben procesarse por horneado o cocción antes del consumo. Estos procesamientos mejoran el flavor y la patabilidad del producto alimenticio, pero también podrían aumentar los niveles de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante de estos alimentos. Observó que el horneado y la cocción conservan la mayor cantidad de compuestos fenólicos en el producto final. De la Riva, (2010), indica que el tostado favorece el incremento de polifenoles, debido a que probablemente se producen productos pardos de la reacción de Maillard. Bartolo (2014) indica que la temperatura de tostado de la cañihua y el contenido de compuestos fenólicos totales son directamente proporcionales, es decir que al aumentar la temperatura de tostado, los compuestos fenólicos aumentan, este fenómeno puede ser explicado por la reacción de Maillard.

Se aprecia un descenso en la CM de PT en el producto HQT a 86.5533 mg AG/100 g ms, probablemente por influencia de la molienda y cernido. Al respecto, Balunkeswar *et al.* (2015) refieren que en general, los procedimientos en el procesamiento de alimentos son reconocidos como uno de los principales factores en la destrucción o cambios de fitoquímicos naturales, que pueden afectar la capacidad antioxidante en alimentos. Ktenioudaki *et al.* (2013) refiere que el propósito de la molienda es separar el endospermo (que contiene almidón) del salvado y del germen y reducirlo a una granulación deseada. Ragaee, Seetharaman y Abdel-Aal (2012) manifiestan que la molienda de granos de cereales es un proceso que se utiliza para separar el salvado y el germen del endospermo amiláceo para producir harinas. Christiansen, (2012), afirma que el cernido permite separar ciertas partes del grano que han quedado sin desintegrarse después de la molienda como algunos pedazos de cascara o pericarpio del grano.

Al observar la prueba de Tukey (Tabla 23), se aprecia que las CM(s) de PT en tres productos no son similares, existiendo por ello una diferencia significativa, lo que se corrobora en la Figura 14.

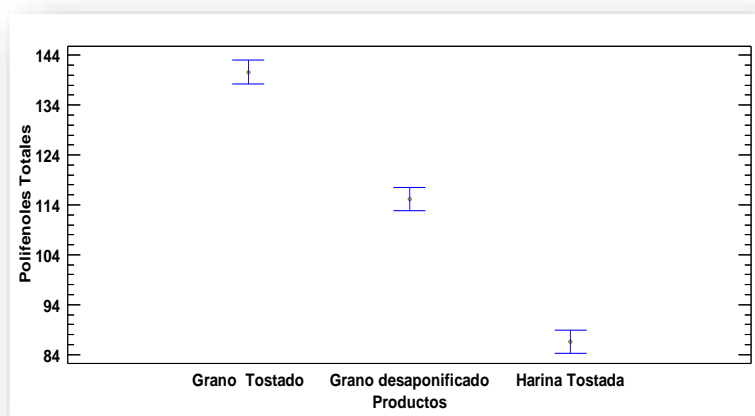


Figura 14. Comparación de las CM(s) de PT (en mg AG/100 g ms) de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3. Capacidad antioxidante.

**Tabla 24**

*Efecto del procesamiento en la CM de la capacidad antioxidante en los productos de quinua*

Productos de quinua	CM μg ET/g ms	Desviación	Límite inferior CM μg ET/g ms	Límite superior CM μg ET/g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano Tostado (GQT)	277.053	4.09148	272.119	281.987	X	F=165.95 p=0.0000
Grano desaponificado (GQD)	228.86	6.75501	223.926	233.794	X	
Harina Tostada (HQT)	204.933	3.28832	199.999	209.867	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de la capacidad antioxidante de los productos de quinua. Ha: El procesamiento influye en la CM de la capacidad antioxidante de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 14 se observa que el procesamiento influyó significativamente en la CM de los productos de quinua ( $p < 0.05$ ), por lo que acepta Ha. El producto GQT presentó la mayor CM con 277.053 μg ET/g ms (fluctuando de 272.119 a 281.987 μg ET/g ms), seguido del producto GQD con una CM de 228.86 μg ET/g ms (fluctuando de 223.926 a 233.794 μg ET/g ms), mientras que el producto HQT presentó la menor CM con 204.933 μg ET/g ms (fluctuando de 199.999 a 209.867 μg ET/g ms).

La CM del producto GQD (228.86 μg ET/g ms), varía respecto a los reportados por autores como: De la Riva (2010) y Quispe (2016), quienes reportan concentraciones para

granos desaponificados de 1498.25  $\mu\text{g}$  Trolox eq /g ms y de 5.97  $\mu\text{mol}$  Trolox/g ms (1494.23  $\mu\text{g}$  ET/g ms) y 12.67  $\mu\text{mol}$  Trolox eq. /g ms (3171.17  $\mu\text{g}$  ET/g ms), respectivamente. Mientras que Repo de Carrasco y Encina (2008) y Valencia *et al.* (2017) para granos saponificados, reportan concentraciones que varían desde 117.49 a 2400.55  $\mu\text{g}$  Trolox/g ms y de 474.215  $\mu\text{mol}/100$  g ms (1186.37  $\mu\text{g}$  Trolox/g ms) hasta 972.875  $\mu\text{mol}/100$  g ms (2435.32 37  $\mu\text{g}$  Trolox/g ms), respectivamente. Las diferencias pueden deberse a factores como: variedades utilizadas, factores genéticos, agronómicos y climatológicos durante el crecimiento de la planta y a las condiciones de trabajo en laboratorio.

En la Tabla 24, se aprecia un incremento en la CM del producto GQD (228.86  $\mu\text{g}$  ET/g ms) al producto GQT (277.053  $\mu\text{g}$  ET/g ms), al respecto, Balunkeswar *et al.* (2015) indican que en general, los procedimientos de procesamiento de alimentos son reconocidos como uno de los principales factores en la destrucción o cambios de fitoquímicos naturales, que pueden afectar la CA en alimentos. Raggae *et al.*, (2012) indican que las propiedades antioxidantes de los granos de los cereales son mayormente atribuidas a los compuestos fenólicos y a otros fitoquímicos (ver Tabla 23). Brend *et al.* (2012) al trabajar con dos tipos de semillas (roja y amarilla), sometidas procesos térmicos de cocción y horneado, observó un incremento en la actividad antioxidante que quizá se deba a las productos de las reacciones de Maillard producidas durante el procesamiento térmico, también indica que la actividad antioxidante puede derivar de proteínas y otros compuestos no fenólicos.

Se observa en la Tabla 24, un descenso en la CM del producto GQT (277.053  $\mu\text{g}$  ET/g ms) al producto HQT (204.933  $\mu\text{g}$  ET/g ms), autores como Raggae *et al.* (2012) afirman que durante la molienda el pericarpio, testa y aleurona se eliminan de la fracción de harina, por lo que la concentración de los antioxidantes se reduce drásticamente durante el proceso de refinado y Balunkeswar *et al.* (2015) refieren que la CA en alimentos es afectada por los procedimientos de procesamiento de alimentos que causan la destrucción o cambios de

fitoquímicos naturales. Ktenioudaki *et al.* (2013) indican que estudios han demostrado que la molienda conduce a una pérdida de fibra dietaria y compuestos bioactivos.

La prueba de Tukey (Tabla 24), muestra que existió una diferencia significativa en la CM de los tres productos de quinua por lo que sus concentraciones no son similares, afirmación que es corroborada en la Figura 15.

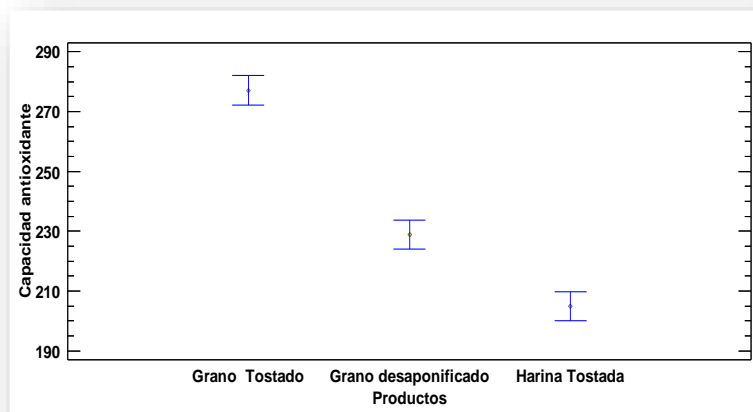


Figura 15. Comparación de las CM(s) de la CA (en  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) de los productos de quinua. Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4. Efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante en los productos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Allen)

##### 5.4.1. Minerales.

##### 5.4.1.1. Calcio.

**Tabla 25**

*Efecto del procesamiento en la CM de calcio en los productos de cañihua*

Productos de cañihua	CM mg Ca/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg Ca/100 g ms	Límite superior CM mg Ca/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano (GC)	92.3667	7.31365	79.6958	105.038	X	F=6.25 p=0.0342
Grano tostado (GCT)	56.92	6.06006	44.2492	69.5908	X	
Harina tostada (HCT)	66.7267	19.8103	54.0558	79.3975	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de calcio de los productos de cañihua. Ha: El procesamiento influye en la CM de calcio de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 25, con un valor de  $p < 0.05$ , se aprecia que existe una diferencia significativa en las CM(s) de los tres productos (Ha se acepta). Los productos GC, GCT y HCT, presentaron CM(s) de 92.3667 mg Ca/100g ms (fluctuando de 79.6958 a 105.038 mg Ca/100g ms), 56.92 mg Ca/100g ms (fluctuando de 44.2492 a 69.5908 mg Ca/100g ms) y 66.7267 mg Ca/100g ms (fluctuando de 54.0558 a 79.3975 mg Ca/100g ms), respectivamente.

La CM del producto GC (92.3667 mg Ca/100g ms) se encontró por debajo de las concentraciones presentadas por Apaza (2010), Bartolo (2014) y el MSeINS (2017), quienes reportan: 110, 126-141 y 171 mg Ca/100 g ms, respectivamente. Las diferencias pueden atribuirse a las variedades y cultivares utilizados, factores genéticos, condiciones agronómicas y ambientales durante el crecimiento y tipo de suelo. Repo de Carrasco *et al.* (2010) reporta una concentración de 29.76 mg Ca/100 g ms, indicando que en su caso la cañihua fue previamente despojada del perigonio.

Se aprecia un descenso en la CM del producto GC (92.3667 mg Ca/100 g ms) al producto GCT (56.92 mg Ca/100 g ms), por lo que el procesamiento térmico de tostado tuvo un efecto negativo en la concentración (temperatura 110°C y 30 minutos). Pedersen, Kalinowski y Eggum (1987) indican que el procesamiento térmico tiende a disminuir el contenido de minerales y Damodaran *et al.* (2008), señalan que durante el procesamiento quizá la temperatura sea la variable más importante por su gran influencia en todo tipo de reacciones químicas, otro factor importante es el tiempo. Repo de Carrasco *et al.* (2010) observan el mismo comportamiento en el caso de la quinua cruda a la quinua tostada, reportando un descenso en el contenido de calcio de 68.55 a 59.29 mg /100 g ms.

Se observa un incremento en la CM del producto GCT (56.92 mg Ca/100 g ms) al producto HQT (66.7267 mg Ca/100 g ms), por lo que la molienda tuvo un impacto positivo en la concentración del mineral, Dyner *et al.* (2016), indican que los fitatos a través de su función

acomplejante cumplen una función de reservorio de minerales en las semillas, la aplicación de calor contribuye a su degradación dependiendo de la intensidad de las condiciones empleadas y de la matriz alimentaria (extrusión, horneado, tostado, etc.), el contenido de minerales también dependerá del tipo de molienda.

La prueba de Tukey (Tabla 25) muestra estadísticamente que los productos GCT y HCT tuvieron concentraciones similares: 56.92 mg Ca/100 g y 66.7267 mg Ca/100 g, respectivamente por lo no existe diferencia significativa en ambas concentraciones. El producto GC con 92.3667 mg Ca/100 g, presentó un comportamiento diferente a las anteriores. La Figura 16 se ratifica lo expresado.

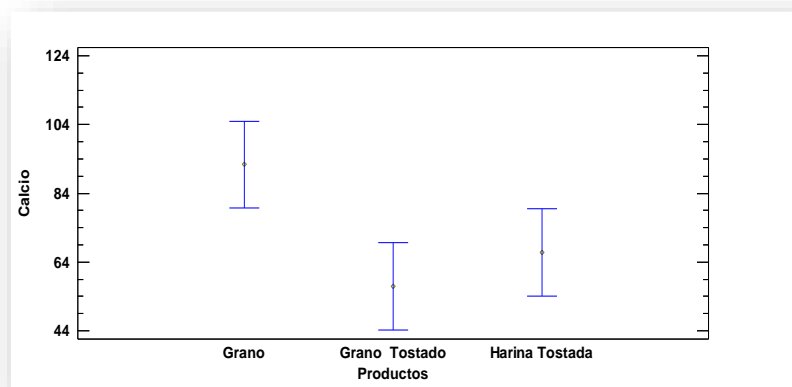


Figura 16. Comparación de las CM(s) de calcio (en mg Ca/100g ms) de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.1.2. Hierro.

**Tabla 26**

*Efecto del procesamiento en la CM de hierro en los productos de cañihua*

Productos de cañihua	CM mg Fe/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg Fe/100 g ms	Límite superior CM mg Fe/100 g ms	Prueba Tukey	ANOVA
Grano (GC)	24.9567	1.75699554	23.5314	26.3819	X	F=97.10 p=0.0000
Grano tostado (GCT)	9.28667	1.68669302	7.86144	10.7119	X	
Harina tostada (HCT)	20.7933	0.41789153	19.3681	22.2186	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de hierro de los productos de cañihua. Ha: El procesamiento influye en la CM de hierro de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 26 se aprecia que la CM de hierro en los productos de cañihua fue influenciada por el procesamiento ( $p < 0.05$ ), al existir diferencias significativas en sus CM(s), por lo que  $H_0$  es aceptada. El producto GC presentó la mayor CM con 24.9567 mg Fe/100g ms (fluctuando de 23.5314 a 26.3819), el producto HCT 20.7933 mg Fe/100g ms (fluctuando de 19.3681 a 22.2186) y el producto GCT presentó la menor CM con 9.28667 mg Fe/100g ms (fluctuando de 7.86144 a 10.7119).

La CM del producto GC de 24.9567 mg Fe/100g ms, se encontró por debajo de los valores presentados por: Blanco, *et al.* (2003), Apaza (2010) y Bartolo (2014), quienes reportan concentraciones de 18-81.79; 15 y 12-18.8 mg Fe/100 g ms, respectivamente. Las diferencias entre los valores reportados y el hallado experimentalmente pueden atribuirse a las variedades y cultivares utilizados, a las condiciones agronómicas, ambientales durante el crecimiento de la planta y tipo de suelo. Dyner *et al.* (2016) señalan que el contenido de minerales de los granos, en general, está influenciado por las características de la zona de producción, técnicas de cultivo (en particular fertilizantes utilizados) y condiciones climáticas. Repo de Carrasco *et al.* (2010) reporta una concentración inicial de 4.91 mg Fe/100 g ms, indicando que en su caso la cañihua fue despojada del perigonio.

En la Tabla 26, se aprecia una disminución de la CM de hierro del producto GC (24.9567 mg Fe/100g ms) al producto GCT (9.28667 mg Fe/100g ms). Al respecto, Pedersen *et al.* (1987) encontraron que el procesamiento térmico tiende a disminuir el contenido de minerales, Jeantet, Croguennec, Schuck y Brulé (2006) afirman que cualquier tratamiento térmico viene acompañado de modificaciones de la estructura de los constituyentes del producto, en particular de las proteínas (enzimas y proteínas globulares, particularmente termosensibles), vitaminas, azúcares. Lei y Porres (2003) afirman que la temperatura óptima de las fitasas vegetales varía de 45 a 60 °C y que los fitatos en las plantas son fuertes quelantes de hierro y zinc, por lo que probablemente el descenso observado experimentalmente se deba



a la inactivación de las fitasas de los granos de cañihua, lo que no permitió una adecuada actividad de las fitasas en los granos de cañihua, no favoreciendo la liberación del hierro quelado en los fitatos. Finalmente, Damodarán *et al.* (2008) afirma que los alimentos ricos en compuestos fenólicos reducen considerablemente la biodisponibilidad de hierro (El producto GCT tuvo la mayor concentración de PT (ver Tabla 28) y Badui (2013), afirma que en exceso los polifenoles forman un complejo con el hierro.

En la Tabla 26 se observa un incremento en la CM de hierro del producto GCT (9.28667 mg Fe/100g ms) al producto HCT (20.7933 mg Fe/100 g ms). Dyner *et al.* (2016) indican que el contenido de los minerales dependerá del tipo de molienda y proceso de refinación donde se eliminan las capas externas y el germen, si bien durante la refinación se eliminan los tegumentos ricos en minerales, también se debe evaluar la disminución del contenido de fibra dietaria e inositoles fosfatos que afectan su disponibilidad potencial. Wyss *et al.* (1998) indican que la termoestabilidad de cualquier fitasa, al igual que otras proteínas, se decide por su capacidad para resistir la desnaturalización térmica como en el caso de los organismos hipertermófilos y/o su capacidad para replegarse apropiadamente en la conformación nativa, completamente activa después de la desnaturalización térmica. Por lo que probablemente con el descenso de la temperatura durante el enfriado después del tostado y en la molienda, las fitasas endógenas lograron renaturalizarse cumpliendo su función hidrolítica, liberando el hierro quelado.

La prueba de Tukey (Tabla 26) muestra que los productos de cañihua difieren significativamente en su CM(s) al existir diferencias significativas lo que también puede apreciarse en la Figura 17.

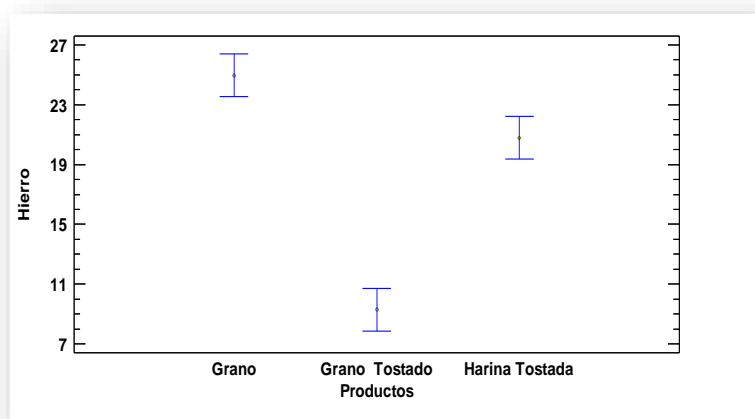


Figura 17. Comparación de las CM(s) de hierro (en mg Fe /100g ms) de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia

### 5.4.1.3. Fósforo.

**Tabla 27**

*Efecto del procesamiento en la CM de fósforo en los productos de cañihua*

Productos de cañihua	CM mg P/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg P/100 g ms	Límite superior CM mg P/100 g ms	Prueba Tukey	ANOVA
Grano (GC)	331.75	5.06435583	312.611	350.889	X	F=32.42 p=0.0006
Grano tostado (GCT)	380.887	31.6499294	361.747	400.026	X	
Harina tostada (HCT)	255.863	8.59502375	236.724	275.003	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de fósforo de los productos de cañihua. Ha: El procesamiento influye en la CM de fósforo de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia

Con un valor  $p < 0.05$ , en la Tabla 27, se aprecia una diferencia significativa en las CM(s) de fósforo en los productos de cañihua, lo que significa que el procesamiento influyó en sus concentraciones, por lo que Ha se acepta. El producto GCT presentó la mayor CM con 380.887 mg P/100 g ms (fluctuando de 361.747 a 400.026 mg P/100 g ms), mientras que el producto HCT presentó la menor CM con 255.863 mg P/100 g ms (fluctuando de 236.724 a 275.003 mg P/100 g ms). El producto GC presentó una CM de 331.75 mg P/100 g ms (fluctuando de 312.611 a 350.889 mg P/100 g ms).

La CM de fósforo del producto GC (331.75 mg P/100 g ms) se encontró por debajo a los reportados por: Apaza (2010) y Bartolo (2014), quienes reportan concentraciones de 375 y

387-461 mg P/100 g ms, respectivamente. Las diferencias observadas respecto a la hallada experimentalmente se atribuyen probablemente a las variedades y cultivares analizados, condiciones climáticas y agronómicas (como niveles de fertilización), durante el crecimiento de la planta y al tipo de suelo. De-Paula, Jarma y Aramendiz (2018) afirman que el ácido fítico, mioinositolhexaquisfosfato (IP6), y sus sales derivadas constituyen la mayor reserva de fósforo y mioinositol de las semillas de cereales y leguminosas.

La Tabla 27, muestra un incremento en la CM de fósforo del producto GC (331.75 mg P/100 g ms) al producto GCT (380.887 mg P/100 g ms), se puede observar que la temperatura y tiempo de tostado tuvieron un impacto positivo en la concentración. En la misma Tabla, se aprecia una disminución en la CM de fósforo del producto GCT (380.887 mg P/100 g ms) al producto HCT (255.863 mg P/100 g ms), al respecto, Ragaee *et al.*(2012) indican que en los granos de los cereales, la molienda es un proceso de separación del salvado y el germen del endospermo amiláceo, tal proceso tiene un gran impacto en los componentes promotores de la salud que se encuentran en los granos como minerales, vitaminas, fibras y fitoquímicos.

La prueba de Tukey (Tabla 27), muestra que existieron diferencias significativas en las concentraciones de los tres productos de cañihua por lo que no son similares, lo que se corrobora en el Figura 18.

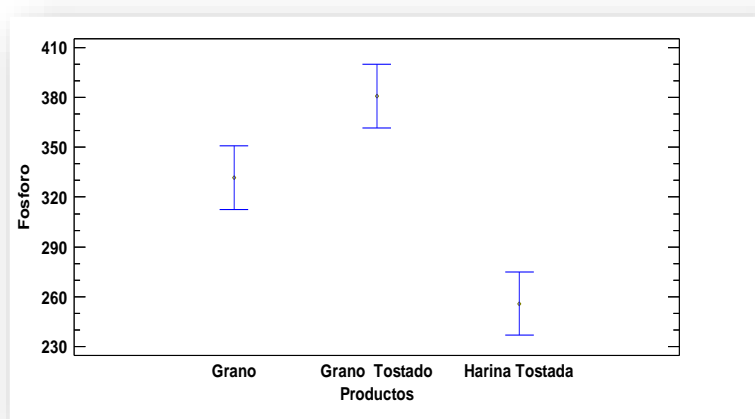


Figura 18. Comparación de las CM(s) de fósforo (en mg P/100g ms) de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia

### 5.4.2. Polifenoles totales.

**Tabla 28**

*Efecto del procesamiento en la CM de polifenoles totales en los productos de cañihua*

Productos de cañihua	CM mg AG/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg AG/100 g ms	Límite superior CM mg AG/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano (GC)	230.257	2.88244	227.666	232.847	X	F=1811.37
Grano tostado (GCT)	343.317	1.73443	340.726	345.907	X	p=0.0000
Harina tostada (HCT)	235.827	2.97695	233.236	238.417	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de polifenoles totales de los productos de cañihua. Ha: El procesamiento influye en la CM de polifenoles totales de los productos de cañihua. Fuente:Elaboración propia

En la Tabla 28, con un valor de  $p < 0.05$ , se observa que existe una diferencia significativa en las CM(s) de los productos de cañihua, deduciéndose que el procesamiento tuvo una influencia significativa (Ha se acepta). Los productos: GC, GCT y HCT presentaron CM(s) de 230.257 mg AG /100g ms (fluctuando de 227.666 a 232.847), 343.317 mg AG /100g ms (fluctuando de 340.726 a 345.907) y 235.827 mg AG /100g ms (fluctuando de 233.236 a 238.417). El producto GCT presentó la mayor CM, mientras que el producto GC la menor.

La CM del producto GC (230.257 mg AG /100g ms), no coincide con los reportados por Repo de Carrasco y Encina (2008) de 67.46 a 85.71 mg AG/100 g ms. Las diferencias entre los valores reportados y el obtenido pueden deberse a las diferentes variedades puras y cultivares que utilizaron, a las condiciones climáticas a las que se desarrollaron las plantas, a factores agronómicos (etapa de madurez), tipo de suelo, condiciones de laboratorio. Cabe recordar que el trabajo experimental se llevó a cabo utilizando una mezcla de variedades.

En la Tabla 28, se observa un incremento en la CM de PT del producto GC (230.257 mg AG /100g ms) al producto GCT (343.317 mg AG /100g ms). Tacora, *et al.* (2010), refieren que trabajar a una temperatura de tostado de 130 °C, se observó un incremento en la concentración de PT de 109.29 a 229.16 mg AG /100 g ms, indicando que probablemente el aumento se debió a los productos pardos de las reacciones de Maillard, así mismo, indicó que con el tostado se desdoblaron y se forman otros compuestos fenólicos que unidos a carbohidratos

y proteínas harían aumentar el porcentaje de compuestos fenólicos. Bartolo (2014), precisa que la temperatura de tostado de la cañihua y el contenido de compuestos fenólicos totales son directamente proporcionales, es decir que al aumentar la temperatura de tostado, los compuestos fenólicos aumentan, explica este fenómeno, indicando que durante el proceso de tostado, las reacciones de Maillard, además de mejorar las propiedades sensoriales (sabor y color), forman otros compuestos fenólicos incrementando el porcentaje total de fenoles. Jeantet, Croguennec, Schuck, Brulé (2006), indican que las reacciones de Maillard están fuertemente influenciadas por la combinación temperatura-tiempo aplicada al producto.

Se observa en la Tabla 28, un descenso en la concentración de PT del producto GCT (343.317 mg AG /100g ms) al producto HCT (235.827 mg AG /100g ms), al respecto, Ktenioudaki *et al.* (2013), Ragaee *et al.* (2012), Arif y Faik (2016) y Liukkonen *et al.* (2003), indican que el proceso de molienda remueven las capas externas, germen y aleurona de los cereales, provocando un descenso en el contenido de compuestos bioactivos. Kaur y Kapoor (2001) indican que el contenido de antioxidantes naturales puede perderse como consecuencia de los procesamientos y almacenaje. Liukkonen *et al.* (2003) estudiaron el efecto de la molienda en los niveles de compuestos bioactivos del centeno, descubrieron que la fracción de salvado contenía el mayor nivel de compuestos bioactivos del mismo modo Andreasen *et al.* (2000), mostraron que el salvado de centeno tenía un alto contenido de ácidos fenólicos más que en el endosperma.

La prueba de Tukey (Tabla 28) muestra que las CM(s) de los tres productos de cañihua no son similares infiriendo que existió una diferencia significativa en todas. La figura 19 confirma lo expresado.

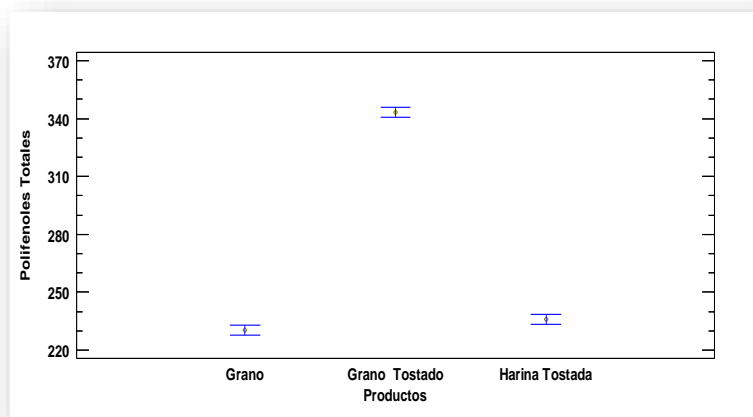


Figura 19. Comparación de las CM(s) de PT (en mg AG/100 g ms) de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia

### 5.4.3. Capacidad antioxidante.

**Tabla 29**

*Efecto del procesamiento en la CM de la capacidad antioxidante en los productos de cañihua*

Productos de cañihua	CM $\mu\text{g ET/g ms}$	Desviación	Límite inferior CM $\mu\text{g ET/g ms}$	Límite superior CM $\mu\text{g ET/g ms}$	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano (GC)	1166.58	14.5175	1150.14	1183.01	X	F=186.27 p=0.0000
Grano tostado (GCT)	1161.42	19.6816	1144.99	1177.86	X	
Harina tostada (HCT)	939.517	14.6226	923.083	955.951	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de la capacidad antioxidante de los productos de cañihua. Ha: El procesamiento influye en la CM de la capacidad antioxidante de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 29 con un valor de  $p < 0.05$ , se observa una diferencia significativa en la CM de la CA de los productos de cañihua por lo que se estima que el procesamiento tuvo influencia (Ha se acepta). El producto GC presentó la mayor CM con 1666.58  $\mu\text{g ET/g ms}$  (fluctuando de 1150.14 a 1183.01), seguido del producto GCT con una CM de 1161.42  $\mu\text{g ET/g ms}$  (fluctuando de 1144.99 a 1177.86). El producto HCT presentó una CM de 939.517  $\mu\text{g ET/g ms}$  (fluctuando de 923.08 a 955.95).

La CM del producto GC (1166.58  $\mu\text{g ET/g}$ ), está dentro de los reportados por Repo de Carrasco y Encina (2008), que señalan concentraciones de 91.45 a 1509.80  $\mu\text{g Trolox/g ms}$ ,

mientras que Tacora et al. (2010) reportan 1667  $\mu\text{g}$  Trolox/g ms. Las diferencias entre las concentraciones reportadas y la hallada experimentalmente, pueden atribuirse a las variedades y cultivares estudiados, factores agronómicos y ambientales que influyeron en el crecimiento de la planta, además de las condiciones de laboratorio con las que se trabajó.

En la Tabla 29 se observa que el proceso térmico de tostado tuvo un ligero impacto en la concentración de la CA en los productos GC (1166.58  $\mu\text{g}$  ET/g ms) y GCT (1161.42  $\mu\text{g}$  ET/g ms). Tacora *et al.* (2010), informan también un descenso en la CA del grano sin procesamiento al grano tostado de 1667 a 1481  $\mu\text{g}$  Trolox/g ms, respectivamente a 130 °C, indican que la reducción inicial en la actividad antioxidante puede ser atribuida no solamente a la degradación térmica de los antioxidantes, Kaur y Kapoor (2001) indican que el contenido de antioxidantes naturales puede perderse como consecuencia de los procesamientos y almacenaje. En general se cree que los tratamientos térmicos son las principales causas del agotamiento en antioxidantes naturales en alimentos. La diferencia observada entre el valor reportado por Tacora *et al.* (2010) y el valor experimental hallado en el presente trabajo pudo deberse a las diferentes temperaturas de tostado empleadas en el procesamiento.

En la Tabla 29, se aprecia un descenso en la CM de la CA del producto GCT (1161.42  $\mu\text{g}$  ET/g ms) al producto HCT (939.517  $\mu\text{g}$  ET/g ms), al respecto, Ktenioudaki *et al.* (2013), Ragaee *et al.* (2012), Arif y Faik (2016) y Liukkonen *et al.* (2003), indican que en el proceso de molienda remueven las capas externas, germen y aleurona de los cereales, provocando un descenso en el contenido de compuestos bioactivos. Kaur y Kapoor (2001) indican que el contenido de antioxidantes naturales puede experimentar pérdidas como consecuencia de los procesamientos y almacenaje.

La prueba de Tukey (Tabla 29) muestra que en las CM de los productos GC (1166.58  $\mu\text{g}$  ET/g ms) y GCT (1161.42  $\mu\text{g}$  ET/g ms) no existieron diferencias significativas por lo que

son similares. El producto HCT (939.517  $\mu\text{g ET/g ms}$ ), presentó una diferencia significativa en su concentración respecto a los productos anteriores. La figura 20 reafirma lo manifestado

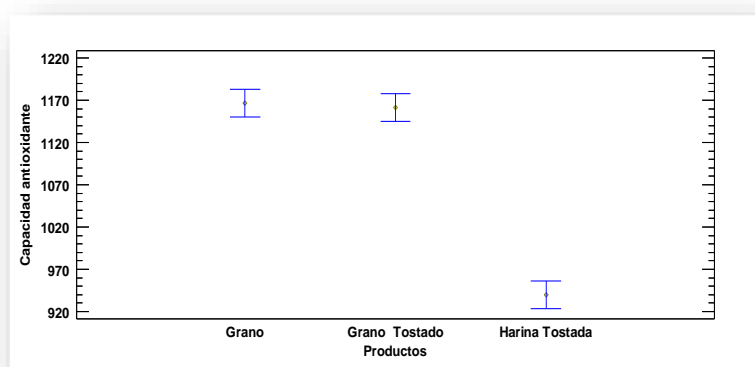


Figura 20. Comparación de las CM(s) de la CA (en  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) de los productos de cañihua. Fuente: Elaboración propia.

## 5.5 Efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante en los productos de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)

### 5.5.1. Minerales.

#### 5.5.1.1. Calcio.

Tabla 30

*Efecto del procesamiento en la CM de calcio en los productos de kiwicha*

Productos de Kiwicha	CM mg Ca/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg Ca/100 g ms	Límite superior CM mg Ca/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano (GK)	92.56	2.52911	88.2221	96.8979	X	F=68.56 p=0.0001
Grano tostado (GKT)	111.487	6.41421	107.149	115.825	X	
Harina tostada (HKT)	70.02	3.00521	65.6821	74.3579	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de calcio de los productos de kiwicha. Ha: El procesamiento influye en la CM calcio de los productos de kiwicha. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 30, se advierte que el procesamiento influyó significativamente en la CM de calcio en los productos de kiwicha ( $p < 0.05$ ), por lo que Ha se acepta. El producto GKT tuvo la mayor CM con 111.487 mg Ca/100 g ms (fluctuando entre 107.149 a 115.825), seguido de



los productos GK con una CM de 92.56 mg Ca/100 g ms (fluctuando de 88.2221 a 96.8979) y HKT con una CM de 70.02 mg Ca/100 g ms (fluctuando de 65.6821 a 74.3579).

La CM del producto GK esta dentro de los presentados por autores como: Pedersen *et al.* (1987), Lara y Ruales (1999), Carpio (2009), Repo de Carrasco *et al.* (2010), Palombini *et al.* (2013) y Kachiguma, Mwase, Maliro y Damaliphetsa (2015), quienes reportan concentraciones de 340, 200; 125-460; 27.90; 108.41 y 78.3-1004.6 mg Ca/100 g ms, respectivamente. Las diferencias entre los valores reportados y el hallado experimentalmente pueden deberse a las variedades y cultivares utilizados, diferencias en las condiciones agronómicas y climáticas en el cultivo de las plantas y a la metodología e instrumentación utilizada en los análisis.

En la Tabla 30 se aprecia un incremento en la CM de calcio del producto GK (92.56 mg Ca/100 g ms) al producto GKT (111.487 mg Ca/100 g ms). Investigadores como Repo de Carrasco *et al.* (2010), reportan un incremento de 27.90 a 29.72 mg Ca /100 g ms (190°C por 3 minutos), mientras que Pedersen *et al.* (1987) y Lara y Ruales (1999), reportan descensos en las concentraciones de 340 a 200 mg Ca/100 g ms (150°C de 60-90 segundos), 200 a 130 mg Ca/100 g ms (grano reventado a 240°C), respectivamente. Damodaran *et al.* (2008), indican que durante el procesamiento quizá la temperatura sea la variable más importante por su gran influencia en todo tipo de reacciones químicas, otro factor importante es el tiempo.

En la Tabla 30, se aprecia una disminución en la concentración del producto GKT (111.487 mg Ca/100 g ms) al producto HKT (70.02 mg Ca/100 g ms). Dyner *et al.* (2016) señalan que al aplicar procesos de molienda para la obtención de harinas refinadas, el nivel de pérdida del contenido natural de los mismos depende del grado de extracción, por su parte, Damodarán *et al.* (2018), afirman que el factor más importante causante de la pérdida de minerales de los alimentos es la molienda de los cereales. Los minerales de los granos tienden a concentrarse en las capas de salvado y en el germen, por ello la eliminación del salvado y

germen deja únicamente el endospermo, pobre en minerales. Por lo que el descenso observado experimentalmente sea tal vez debido al proceso de molienda y cernido a los que fueron sometidos los productos.

La prueba de Tukey en la Tabla 30 muestra una diferencia significativa en la CM de calcio en los tres productos, por lo que sus concentraciones no fueron similares. En la Figura 21, se puede apreciar dicho comportamiento.

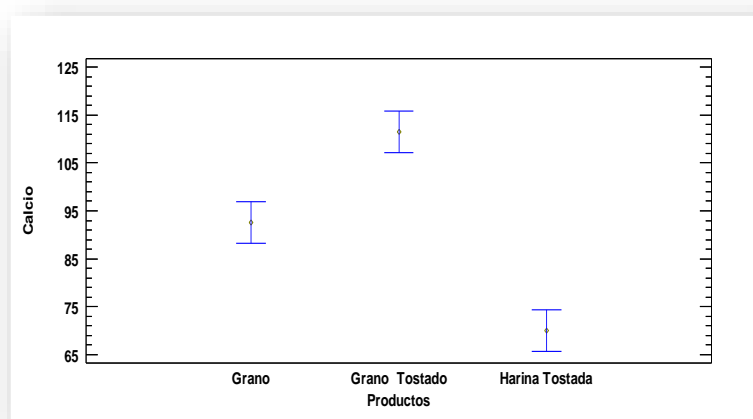


Figura 21. Comparación de las CM(s) de calcio (en mg Ca/100 g ms) de los productos de kiwicha. Fuente: Elaboración propia.

### 5.5.1.2. Hierro.

**Tabla 31**

*Efecto del procesamiento en la CM de hierro en los productos de kiwicha*

Productos de kiwicha	CM mg Fe/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg Fe/100 g ms	Límite superior CM mg Fe/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano (GK)	3.78	0.33151169	2.62413	4.93587	X	F=1.80 p=0.2435
Grano tostado (GKT)	3.67667	0.59433436	2.52079	4.83254	X	
Harina tostada (HKT)	2.17667	1.88505526	1.02079	3.33254	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de hierro de los productos de kiwicha. Ha: El procesamiento influye en la CM de hierro de los productos de kiwicha. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 31, con un valor  $p > 0.05$ , se observa que el procesamiento no influyó en la CM de hierro en los productos obtenidos en base a kiwicha (Ho se acepta). El producto GK

tuvo una CM de 3.78 mg Fe/100 g ms (fluctuando de 2.62413 a 4.93587), el producto GKT tuvo una CM de 3.67667 mg Fe/100 g ms (fluctuando de 2.52079 a 4.83254) y el producto HKT tuvo una CM de 2.17667 mg Fe/100 g ms (fluctuando de 1.02079 a 3.33254).

La CM de hierro en el producto GK es acorde a las concentraciones señaladas por diversos autores como: Pedersen (1987), Lara y Ruales (1999), Carpio (2009), Repo de Carrasco *et al.* (2010), Palombini *et al.* (2013) y Kachiguma *et al.* (2015), quienes reportan concentraciones de 11.9; 7.5; 3.1-21.5; 5; 29.35 y 3.61–22.51 mg Fe/100 g ms, respectivamente. Las diferencias entre los valores reportados y el valor obtenido experimentalmente se pueden atribuir a diversos aspectos como: variedades o cultivares analizados, diferencias en las condiciones agronómicas y climáticas en el cultivo de las plantas.

En la Tabla 31, se observa que las CM de los tres productos fueron similares, no existiendo diferencias significativas en ellas. La Figura 21 afirma la similitud en las concentraciones.

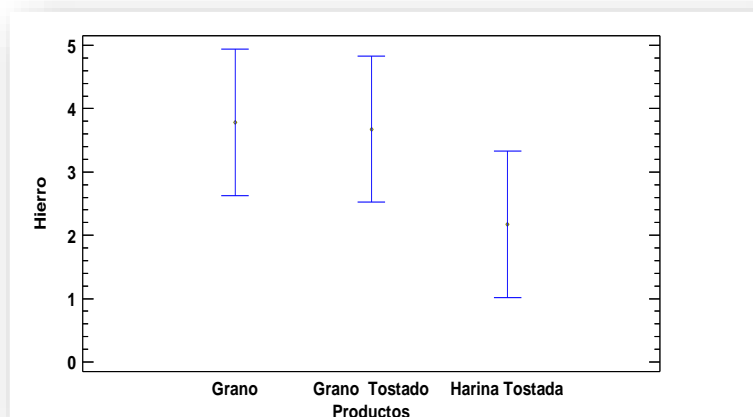


Figura 22. Comparación de las CM(s) de hierro (en mg Fe /100g ms) de los productos de kiwicha. Fuente: Elaboración propia

### 5.5.1.3. Fósforo.

**Tabla 32**

*Efecto del procesamiento en la CM de fósforo en los productos de kiwicha*

Productos de Kiwicha	CM mg P/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg P/100 g ms	Límite superior CM mg P/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano (GK)	276.933	0.89142208	272.915	280.952	X	F=27.03 p=0.0010
Grano tostado (GKT)	254.637	5.20365577	250.618	258.655	X	
Harina tostada (HKT)	257.747	4.5469147	253.728	261.765	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de fósforo de los productos de kiwicha. Ha: El procesamiento influye en la CM de fósforo de los productos de kiwicha. Fuente: Elaboración propia

Con un valor de  $p < 0.05$ , se observa en la Tabla 32, una diferencia significativa en las concentraciones de los productos de kiwicha como consecuencia de la influencia del procesamiento (Ha se acepta). El producto GK tuvo una CM de 276.933 mg P/100 g ms (fluctuando de 272.915 a 280.952), el producto GKT tuvo 254.637 mg P/100 g ms (fluctuando de 250.618 a 258.655) y el producto HKT presentó 257.747 mg P/100 g ms (fluctuando de 253.728 a 261.765)

El valor hallado de la CM del producto GK (276.933 mg P/100 g ms) se encuentra dentro de los presentados por investigadores como Pedersen (1987), Lara y Ruales (1999), Carpio (2009) y Palombini et al. (2013), quienes reportan concentraciones de 620; 540; 290-450 y 45.86 mg P/100 g ms, respectivamente. Las diferencias entre los valores reportados y el valor experimental pueden atribuirse a las variedades o cultivares analizados, a las condiciones agronómicas y climáticas en el cultivo de las plantas y metodologías e instrumentación utilizadas.

En la Tabla 32 se aprecia un descenso en la CM del producto GK (276.933 mg P/100 g ms) al producto GKT (254.637 mg P/100 g ms). Pedersen (1987) reporta también un descenso en la concentración del mineral de 620 a 450 mg P/100 g ms (150°C de 60-90 segundos), al respecto, Damodaran *et al.* (2008), indican que durante el procesamiento quizá la temperatura

sea la variable más importante por su gran influencia en todo tipo de reacciones químicas, otro factor importante es el tiempo, lo que probablemente influyó en el resultado experimental.

La Tabla 32, muestra un incremento en la CM de fósforo del producto GKT (254.637 mg P/100 g ms) al producto HKT (257.747 mg P/100 g ms), Dyner (2016) indica que al aplicar procesos de molienda para la obtención de harinas refinadas, el nivel de pérdida del contenido natural de los mismos depende del grado de extracción y que el contenido de los minerales dependerá del tipo de molienda y proceso de cernido donde se eliminan las capas externas y el germen.

Los resultados de la prueba de Tukey (Tabla 32), indican que las concentraciones de fósforo de los productos GKT (254.637 mg P/100 g ms) y HKT fueron similares (257.747 mg P/100g ms) no existiendo diferencias significativas en ellas, mientras que la CM del producto GK (276.933 mg P/100 g ms) fue significativamente diferente a las anteriores. La Figura 23 grafica dicha comparación.

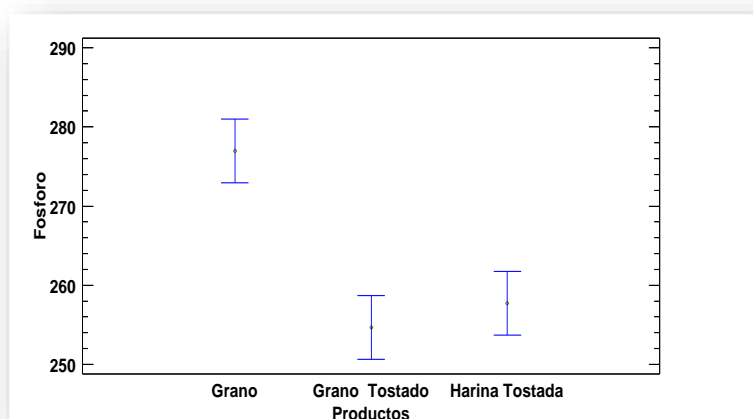


Figura 23. Comparación de las CM(s) de fósforo (en mg P/100g ms) de los productos kiwicha. Fuente: Elaboración propia

### 5.5.2. Polifenoles totales.

**Tabla 33**

*Efecto del procesamiento en la CM de polifenoles totales en los productos de kiwicha*

Productos de kiwicha	CM mg AG/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM mg AG/100 g ms	Límite superior CM mg AG/100 g ms	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano (GK)	33.34	0.480729	32.6082	34.0718	X	F=2952.18 p=0.0000
Grano tostado (GKT)	40.0967	1.16384	39.3649	40.8284	X	
Harina tostada (HKT)	76.0867	0.155349	75.3549	76.8184	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de PT de los productos de kiwicha. Ha: El procesamiento influye en la CM de PT de los productos de kiwicha. Fuente: Elaboración propia

La Tabla 33 muestra que existe una diferencia significativa en las CM(s) de los productos de kiwicha ( $p < 0.05$ ), infiriendo que el procesamiento tuvo influencia (Ha se acepta). El producto HKT (76.0867mg AG /100g ms) presentó el valor más alto (fluctuando de 75.3549 a 76.8184), mientras que el producto GK (33.34 mg AG/100 g ms) presentó el menor valor (fluctuando de 32.6082 a 34.0718). El producto GKT (40.10 mg AG/100 g ms) mostró un valor intermedio (fluctuando de 39.3649 a 40.8284).

La CM del producto GK (33.34 mg AG/100 g ms) se encuentra dentro de los valores presentados por Repo de Carrasco y Encina (2008), Akin-Idowu *et al.* (2017) y Chamorro (2018) quienes reportan concentraciones de 19.50 hasta 30.41; 27.52 y 51.34 hasta 75.69 mg AG/100 g ms, respectivamente. La diversidad entre los valores reportados y el obtenido experimentalmente pueden deberse a las diferentes variedades y cultivares utilizados, a las condiciones climáticas a las que se desarrollaron las plantas, a factores agronómicos (etapa de madurez), tipo de suelo y la metodología empleada en su análisis.

En la Tabla 33 se advierte un incremento en la CM del producto GK (33.34 mg AG/100 g ms) al producto GKT (40.0967 mg AG/100 g ms), al respecto, Kaur y Kapoor (2001), De la Riva, (2010), Bartolo (2014), Tacora, *et al.* (2010) y Zapata et al. (2015), indican que pueden ser los productos de las reacciones de Maillard, los responsables del incremento de la concentración de polifenoles totales. Igualmente, se observa un incremento en la CM del

producto GKT (40.0967 mg AG/100 g ms) al producto HKT (76.0867 mg AG/100 g ms), según Sumar (1993), los granos de diversos ecotipos de kiwicha presentan una cubierta muy dura, lo que determina semillas de alta latencia. Valcárcel (2016), proveedora de las muestras, indicó que el tiempo de molienda de la kiwicha tostada fué de dos horas, presentando mayor dificultad en la molienda por ser un grano bastante duro (el tiempo de molienda de los GQT y GCT fue de una hora). Probablemente estos aspectos hacen que la harina tostada conserve parte del salvado original, donde se sabe que se encuentran los compuestos bioactivos en mayor concentración. Ragaee et al. (2012) señala que en los granos de cereales la molienda es un proceso de separación del salvado y el germen del endospermo amiláceo, el pericarpio, la testa y la aleurona son removidos de la fracción de harina.

La prueba Tukey para la comparación de las medias de PT (Tabla 33) muestra que las CM(s) de los tres productos de kiwicha no fueron similares, existiendo una diferencia significativa. La Figura 24 reafirma lo señalado.

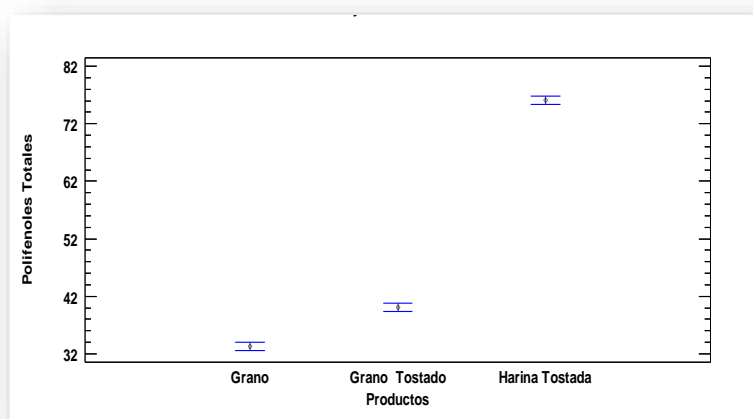


Figura 24. Comparación de las CM(s) de PT (en mg AG/100 g ms) de los productos de kiwicha. Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3. Capacidad antioxidante.

**Tabla 34**

*Efecto del procesamiento en la CM de la capacidad antioxidante en los productos de kiwicha*

Productos de kiwicha	CM $\mu\text{g ET/g ms}$	Desviación	Límite inferior CM $\mu\text{g ET/g ms}$	Límite superior CM $\mu\text{g ET/g ms}$	Prueba de Tukey	ANOVA
Grano (GK)	123.727	4.31209	119.085	128.368	X	F=800.72 p=0.0000
Grano tostado (GKT)	130.397	1.51279	125.755	135.038	X	
Harina tostada (HKT)	258.417	6.62472	253.775	263.058	X	

Ho: El procesamiento no influye en la CM de la CA en los productos de kiwicha. Ha: El procesamiento influye en la CM de la CA en los productos de kiwicha. Fuente. Elaboración propia

La Tabla 34, se aprecia que el procesamiento tuvo influencia en la CM de la CA de los productos de kiwicha, por existir diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). El producto HKT presentó la mayor CM con  $258.417 \mu\text{g ET/g ms}$  (fluctuando de 253.775 a 263.058), seguido del producto GKT que presentó  $130.397 \mu\text{g ET/g ms}$  (fluctuando de 125.755 a 135.038). El producto GK presentó la menor CM con  $123.727 \mu\text{g ET/g ms}$  (fluctuando de 119.085 a 128.368).

La CM del producto GK ( $123.727 \mu\text{g ET/g ms}$ ) difiere de las concentraciones señaladas por Repo de Carrasco (2008), quien reporta concentraciones que fluctúan de 556.49 hasta  $660.39 \mu\text{g Trolox/g ms}$  y por Chamorro (2018) quien refiere de 302.55 hasta  $671.28 \mu\text{g Trolox/g ms}$ . Las concentraciones presentadas anteriormente se determinaron por el método de DPPH. Las diferencias entre la concentración experimental y las reportadas pueden deberse a diferentes factores como: las variedades utilizadas, a factores genéticos y a la metodología empleada en los análisis químicos.

En la Tabla 34, se aprecia un ligero incremento en la CM del producto GK ( $123.727 \mu\text{g ET/g ms}$ ) al producto GKT ( $130.397 \mu\text{g ET/g ms}$ ), el tratamiento térmico tuvo un impacto positivo. Se aprecia, también un incremento del producto GKT ( $130.397 \mu\text{g ET/g ms}$ ) al producto HKT ( $258.417 \mu\text{g ET/g ms}$ ), al respecto, Balunkeswar *et al.* (2015) refieren que los tratamientos a elevadas temperaturas pueden tener efectos perjudiciales sobre los compuestos



fenólicos y flavonoides reduciendo la actividad antioxidante de los granos, sin embargo en algunos estudios la actividad antioxidante se incrementa después del procesamiento lo que podría ser debido a las propiedades intrínsecas de la matriz del alimento. Además se debería dar una especial atención a las envolturas externas de los granos por que la presencia de salvado, cáscara, testa y aleurona, junto a otros parámetros en el procesamiento, podrían tener efecto. En relación, Sumar (1993), señala que los granos de diversos ecotipos de kiwicha presentan una cubierta muy dura, lo que determina semillas de alta latencia, Valcarcel (2016) indica que el tiempo de molienda de la kiwicha tostada fué de dos horas, presentando mayor dificultad en la molienda por ser un grano bastante duro. Estos aspectos hacen que la harina tostada conserve parte del salvado original, donde se sabe que se encuentran los compuestos bioactivos en mayor concentración. Gorinstein *et al.*, (2007), trabajando con cereales y algunos pseudocereales como la quinua y el amaranto, encontró que los principales contribuyentes al potencial antioxidante de los productos naturales son los polifenoles y otras sustancias polifenólicas (antocianinas y flavonoides), que incrementan el potencial antioxidante, indica también que en general, las proteínas desempeñan un rol importante en la actividad antioxidante, por otra parte, Gallegos, Chel, Corzo y Martinez (2013), respecto al amaranto, señalan que los péptidos antioxidantes a partir de proteínas de origen vegetal tiene un gran potencial de empleo como antioxidantes. Tironi y Añon (2010), indicaron que las semillas de amaranto parecen ser una fuente potencial de péptido antioxidantes, Montoya *et al.* (2015), indican que péptidos encontrados en el extruido y los hidrolizados de amaranto no procesados contienen aminoácidos con actividad antioxidante.

Los resultados observados en la Tabla 34, respecto a la prueba de Tukey, muestran que las CM (s) de los productos GK (123.727  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) y GKT (130.397  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) no presentaron diferencias significativas, por lo que son similares. La CM del producto HKT

(258.417  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) fue significativamente diferente a las anteriores. La Figura 25, corrobora lo señalado.

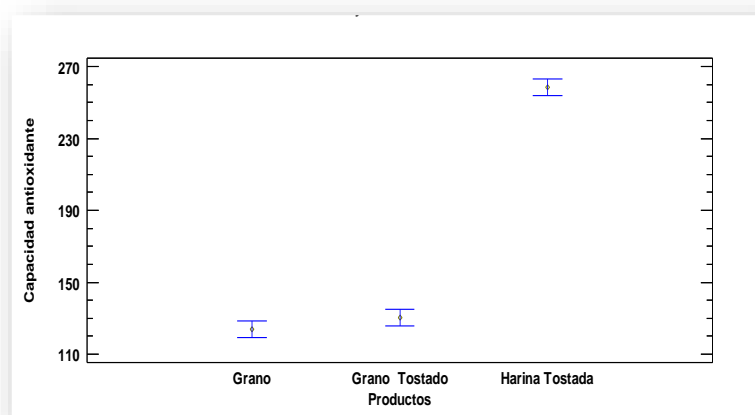


Figura 25. Comparación de las CM(s) de la CA (en  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) de los productos de kiwicha. Fuente: Elaboración propia.

**5.6. Comparación de las concentraciones medias de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante por tipo de producto de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)**

**Tabla 35**

*Abreviaturas utilizadas*

Tipo de Producto	Abreviatura
Grano de quinua desaponificada	GQD
Grano de quinua tostada	GQT
Harina de quinua tostada	HQT
Grano de cañihua	GC
Grano de cañihua tostada	GCT
Harina de cañihua tostada	HCT
Grano de kiwicha	GK
Grano de kiwicha tostada	GKT
Harina de kiwicha tostada	HKT

## 5.6.1. Minerales

### 5.6.1.1. Calcio

**Tabla 36**

*Concentraciones medias de calcio por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de producto	CM mg Ca/100g ms	Desviación	Límite inferior CM: mg Ca/100g ms	Límite superior CM:mg Ca/100g ms	ANOVA
GQD	41.36	0.603573	34.6016	48.1184	F= 27.94 p= 0.0000
GQT	41.6233	1.94104	34.8649	48.3818	
HQT	60.48	3.9299	53.7216	67.2384	
GC	92.3667	7.31365	85.6082	99.1251	
GCT	56.92	6.06006	50.1616	63.6784	
HCT	66.7267	19.8103	59.9682	73.4851	
GK	92.56	2.52911	85.8016	99.3184	
GKT	111.487	6.41421	104.728	118.245	
HKT	70.02	3.00521	63.2616	76.7784	

Ho: El tipo de producto no influye en la CM de calcio. Ha: El tipo de producto influye en la CM de calcio. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 36 con un valor  $p < 0.05$ , se aprecia que existió una diferencia significativa en las CM (s) de calcio en los productos de quinua, cañihua y kiwicha, por lo que se acepta la Ha. El producto GQD con 41.36 mg Ca/100 g ms, presentó la menor CM (fluctuando de 34.6016 a 48.1184), mientras que el producto GKT con 111.487 mg Ca/100 g ms, presentó la mayor CM (fluctuando de 104.728 a 118.245).

**Tabla 37**

*Comparación de las concentraciones medias de calcio por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de Producto	CM: mg Ca/100 g ms	Prueba de Tukey
GQD	41.36	X
GQT	41.6233	X
GCT	56.92	X
HQT	60.48	X
HCT	66.7267	X
HKT	70.02	X
GC	92.3667	X
GK	92.56	X
GKT	111.487	X

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba de Tukey presentados en la Tabla 37, muestran que los productos: GQD (41.36 mg Ca/100 g ms) y GQT (41.6233 mg Ca/100 g ms); GCT (56.92 mg

Ca/100 g ms), HQT (60.48 mg Ca/100 g ms); HCT (66.7267 mg Ca/100 g ms) y HKT (70.02 mg Ca/100 g ms); GC (92.3667 mg Ca/100 g ms) y GK (92.56 mg Ca/100 g ms) presentaron CM (s) similares, mientras que el producto GKT (111.487 mg Ca/100 g ms), presentó una CM diferente a los productos anteriormente señalados. La Figura 26 muestra las comparaciones señaladas.

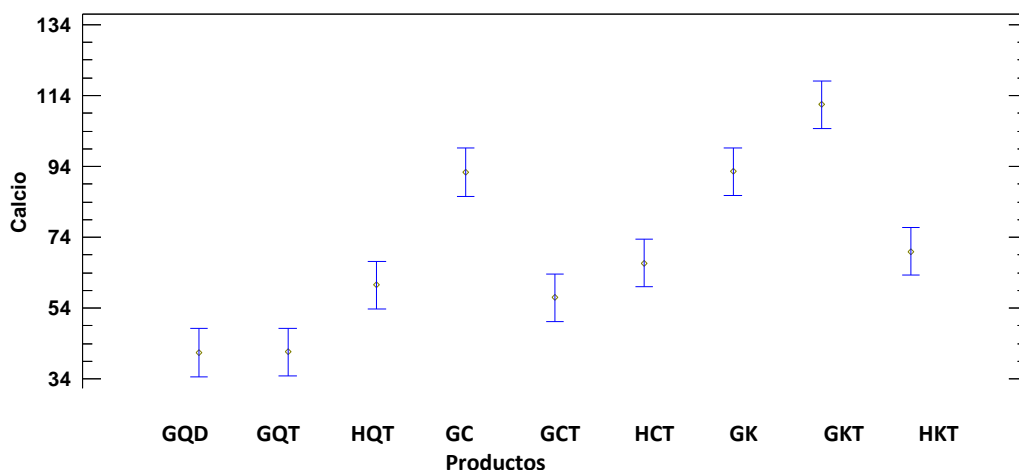


Figura 26. Comparación de las CM(s) de calcio (en mg Ca/100 g ms) de los productos de quinua, cañihua y kiwicha. Fuente: Elaboración propia

### 5.6.1.2. Hierro

**Tabla 38**

*Concentraciones medias de hierro por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de producto	CM mg Fe/100g ms	Desviación	Límite inferior CM mg Fe/100g ms	Límite Superior CM mg Fe/100g ms	ANOVA
GQD	2.69667	0.237136	1.63173	3.7616	F= 148.99 p= 0.0000
GQT	2.75333	0.232451	1.6884	3.81827	
HQT	2.20333	1.90815	1.1384	3.26827	
GC	24.9567	1.757	23.8917	26.0216	
GCT	9.28667	1.68669	8.22173	10.3516	
HCT	20.7933	0.417892	19.7284	21.8583	
GK	3.78	0.331512	2.71507	4.84493	
GKT	3.67667	0.594334	2.61173	4.7416	
HKT	2.17667	1.88506	1.11173	3.2416	

Ho: El tipo de producto no influye en la CM de hierro. Ha: El tipo de producto influye en la CM de hierro. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 38, se observa que las CM (s) de hierro en los productos de quinua, cañihua y kiwicha presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), por lo que Ha fue aceptado. El producto HKT con 2.17667 mg Fe/100 g ms, presentó la menor CM (fluctuando de 1.11173 a

3.2416), mientras que el producto GC con 24.9567 mg Fe/100 ms, presentó la mayor CM (fluctuando de 23.8917 a 26.0216).

**Tabla 39**

*Comparación de las concentraciones medias de hierro por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de Producto	CM: mg Fe/100 g ms	Prueba de Tukey
HKT	2.17667	X
HQT	2.20333	X
GQD	2.69667	X
GQT	2.75333	X
GKT	3.67667	X
GK	3.78	X
GCT	9.28667	X
HCT	20.7933	X
GC	24.9567	X

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 39, muestra los resultados de la prueba de Tukey, donde se aprecia que los productos: HKT (2.17667 mg Fe/100 g ms), HQT (2.20333 mg Fe/100 g ms), GQD (2.69667 mg Fe/100 g ms), GQT (2.75333 mg Fe/100 g ms), GKT (3.67667 mg Fe/100 g ms) y GK (3.78 mg Fe/100 g ms) tuvieron CM (s) de hierro similares. Los productos GCT (9.28667 mg Fe/100 g ms), HCT (20.7933 mg Fe/100 g ms) y GC (24.9567 mg Fe/100 g ms) presentaron CM(s) diferencias significativas en sus CM(s). La Figura 27 corrobora los resultados expuestos anteriormente.

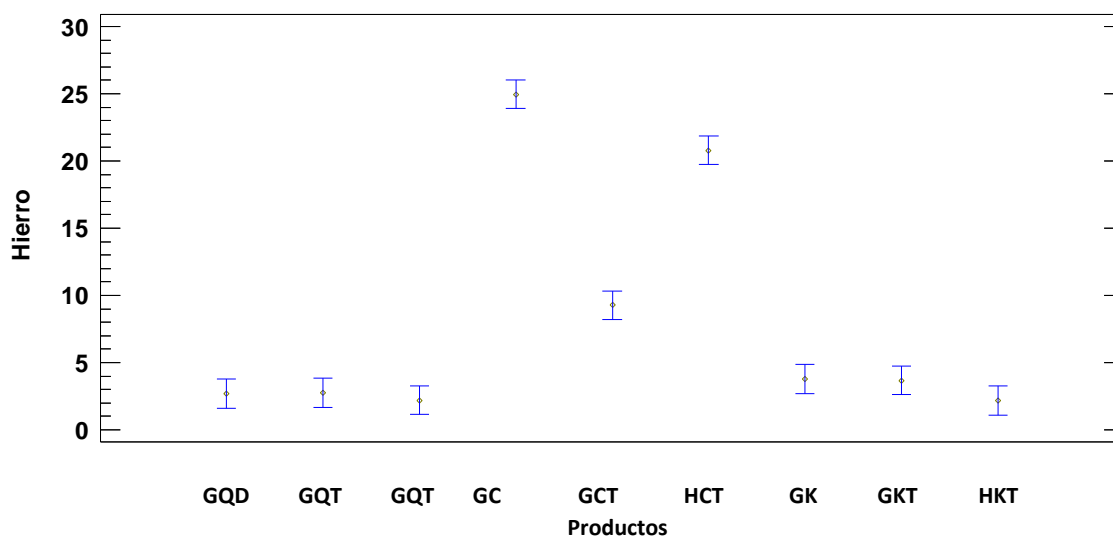


Figura 27. Comparación de las CM(s) de hierro (en mg Fe/100 g ms) de los productos de quinua, cañihua y kiwicha. Fuente: Elaboración propia

### 5.6.1.3. Fósforo

**Tabla 40**

*Concentraciones medias de fósforo por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de producto	CM mg P/100g ms	Desviación	Límite inferior CM mg P/100g ms	Límite Superior CM mg P/100g ms	ANOVA
GQD	262.733	8.68197	252.105	273.362	F= 38.63 p=0.0000
GQT	300.727	11.7152	290.098	311.355	
HQT	251.483	4.41998	240.855	262.112	
GC	331.75	5.06436	321.122	342.378	
GCT	380.887	31.6499	370.258	391.515	
HCT	255.863	8.59502	245.235	266.492	
GK	276.933	0.891422	266.305	287.562	
GKT	254.637	5.20366	244.008	265.265	
HKT	257.747	4.54691	247.118	268.375	

Ho: El tipo de producto no influye en la CM de fósforo. Ha: El tipo de producto influye en la CM de fósforo.

Fuente: Elaboración propia

Con un valor  $p < 0.05$ , la Tabla 40, muestra que las CM (s) de fósforo en los productos de quinua, cañihua y kiwicha presentaron diferencias significativamente diferentes, por lo se acepta la Ha. El producto HQT tuvo la menor CM con 251.483 mg P/100g ms (fluctuando de 240.855 a 262.112), por otra parte, el producto GCT tuvo la mayor CM con 380.887 mg P/100g ms (fluctuando de 370.258 a 391.515).

**Tabla 41**

*Comparación de las concentraciones medias de fósforo por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de Producto	CM: mg P/100 g ms	Prueba de Tukey
HQT	251.483	X
GKT	254.637	X
HCT	255.863	XX
HKT	257.747	XX
GQD	262.733	XX
GK	276.933	X
GQT	300.727	X
GC	331.75	X
GCT	380.887	X

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 41, se observa que los productos: HQT (251.483 mg P/100 g ms ) y GKT (254.637 mg P/100 g ms); HCT (255.863 mg P/100 g ms), HKT (257.747 mg P/100 g ms) y GQD (262.733 mg P/100 g ms); HQT (251.483 mg P/100 g ms), GKT (254.637 mg P/100 g ms), HCT (255.863 mg P/100 g ms), HKT (257.747 mg P/100 g ms) y GQD (262.733 mg

P/100 g ms); HCT (255.863 mg P/100 g ms), HKT (257.747 mg P/100 g ms), GQD (262.733 mg P/100 g ms) y GK (276.933 mg P/100 g ms), presentaron CM (s) similares. Los productos GQT (300.727 mg P/100 g ms), GC (331.75 mg P/100 g ms) y GCT (380.887 mg P/100 g ms) presentaron CM (s) diferentes a los productos mencionados anteriormente. En la Figura 28 se observa la comparación de las CM (s) de todos los productos.

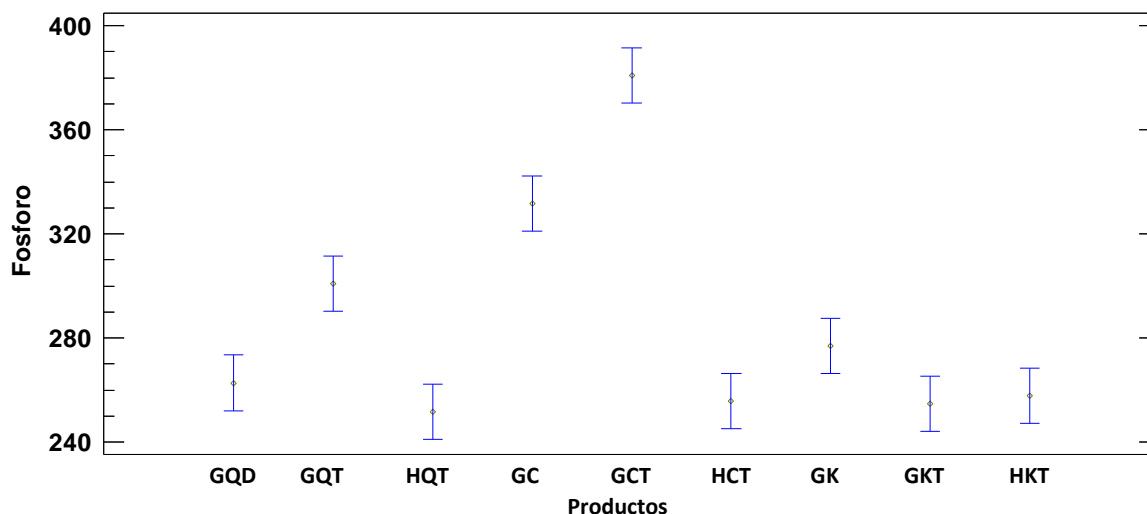


Figura 28. Comparación de las CM(s) de fósforo (en mg P/100 g ms) de los productos de quinua, cañihua y kiwicha. Fuente: Elaboración propia

### 5.6.2. Polifenoles totales

Tabla 42

*Concentraciones medias de polifenoles totales por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de producto	CM mg AG/100 g ms	Desviación	Límite inferior CM: mg AG/100 g ms	Límite Superior CM: mg AG/100 g ms	ANOVA
GQD	115.18	2.8589	113.409	116.951	F= 7688.76 p=0.0000
GQT	140.61	2.75196	138.839	142.381	
HQT	86.5533	0.908754	84.7826	88.3241	
GC	230.257	2.88244	228.486	232.027	
GCT	343.317	1.73443	341.546	345.087	
HCT	235.827	2.97695	234.056	237.597	
GK	33.34	0.480729	31.5692	35.1108	
GKT	40.0967	1.16384	38.3259	41.8674	
HKT	76.0867	0.155349	74.3159	77.8574	

Ho: El tipo de producto no influye en la CM de PT. Ha: El tipo de producto influye en la CM de PT. Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la Tabla 42, muestran que la CM(s) de todos los tipos de productos de quinua, cañihua y kiwicha presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). El producto GK presentó una CM de 33.34 mg AG/100 g ms (fluctuando de 31.5692 a 35.1108), siendo la

menor, mientras que el producto GCT presentó la mayor CM con 343.317 mg AG/100 g ms (fluctuando de 341.546 a 345.087)

**Tabla 43**  
*Comparación de las concentraciones medias de polifenoles totales por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de Producto	CM: mg AG/100 g ms	Prueba de Tukey
GK	33.34	X
GKT	40.0967	X
HKT	76.0867	X
HQT	86.5533	X
GQD	115.18	X
GQT	140.61	X
GC	230.257	X
HCT	235.827	X
GCT	343.317	X

Fuente: Elaboración propia

Los resultados observados en la Tabla 43 de la prueba de Tukey, muestran que las CM(s) de los productos de quinua, cañihua y kiwicha no son similares, lo que se puede apreciar en la Figura 29.

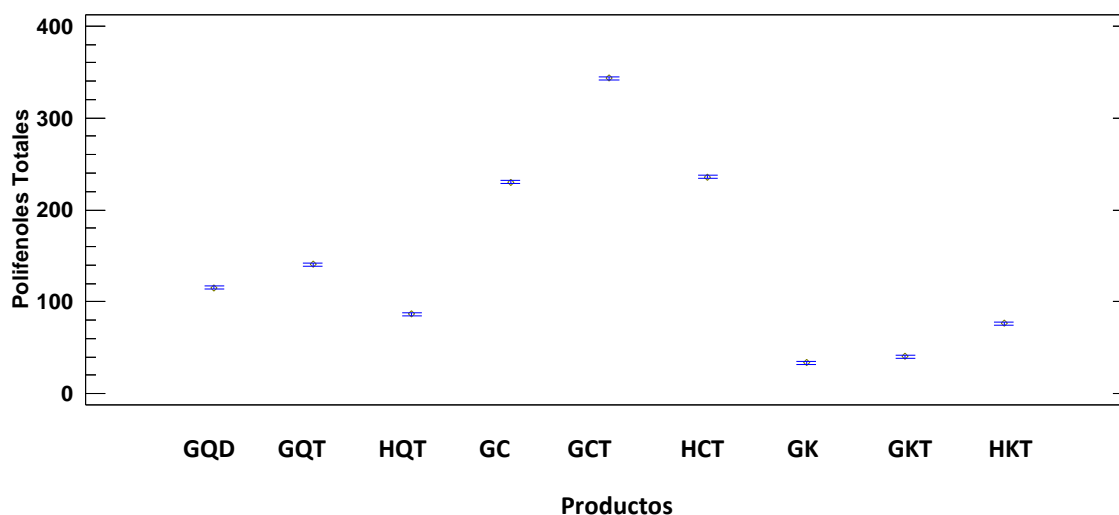


Figura 29. Comparación de las CM(s) de PT (en mg AG/100 g ms) de los productos de quinua, cañihua y kiwicha. Fuente: Elaboración propia



### 5.6.3. Capacidad antioxidante

**Tabla 44**

*Concentraciones medias de la capacidad antioxidante por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de Producto	CM µg ET/g ms	Desviación	Límite inferior CM: µg ET/g ms	Límite Superior CM: µg ET/g ms	ANOVA
GQD	228.86	6.75501	220.048	237.672	F= 5762.33 p=0.0000
GQT	277.053	4.09148	268.242	285.865	
HQT	204.933	3.28832	196.122	213.745	
GC	1166.58	14.5175	1157.77	1175.39	
GCT	1161.42	19.6816	1152.61	1170.23	
HCT	939.517	14.6226	930.705	948.328	
GK	123.727	4.31209	114.915	132.538	
GKT	130.397	1.51279	121.585	139.208	
HKT	258.417	6.62472	249.605	267.228	

Ho: El tipo de producto no influye en la CM de la CA. Ha: El tipo de producto influye en la CM de la CA

Fuente: Elaboración propia

Los resultados observados en la Tabla 44 muestran que se presentaron diferencias significativas en las CM(s) de los productos de quinua, cañihua y kiwicha ( $p < 0.05$ ). La menor CM correspondió al producto GK con 123.727 µg ET/g ms (fluctuando de 114.915 a 132.538), mientras que la mayor CM correspondió al producto GC con 1166.58 µg ET/g ms (fluctuando de 1157.77 a 1175.39)

**Tabla 45**

*Comparación de las concentraciones la capacidad antioxidante por productos de quinua, cañihua y kiwicha*

Tipo de Producto	CM: µg ET/g ms	Prueba de Tukey
GK	123.727	X
GKT	130.397	X
HQT	204.933	X
GQD	228.86	X
HKT	258.417	X
GQT	277.053	X
HCT	939.517	X
GCT	1161.42	X
GC	1166.58	X

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 45, muestra los resultados de prueba de Tukey, se aprecia que los productos GK (123.727 µg ET/g ms) y GKT (130.397 µg ET/g ms) ; GCT (1161.42 µg ET/g ms) y GC (1166.58 µg ET/g ms), presentaron CM (s) similares, mientras que los productos HQT

(204.933  $\mu\text{g ET/g ms}$ ); GQD (228.86  $\mu\text{g ET/g ms}$ ), HKT (258.417  $\mu\text{g ET/g ms}$ ), GQD (228.86  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) y HCT (939.517  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) presentaron diferencias significativas en sus CM(s) por lo que no son similares. La Figura 30 muestra las comparaciones de las CM (s) de todos los tipos de productos.

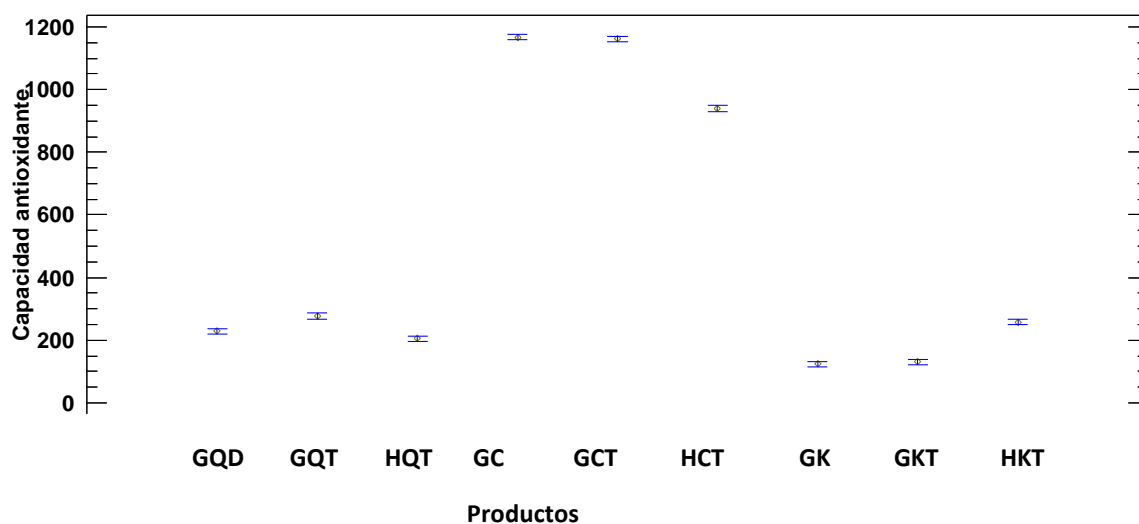


Figura 30. Comparación de las CM(s) de la CA (en  $\mu\text{g ET/g ms}$ ) de los productos de quinua, cañihua y kiwicha. Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- En la presente investigación se observó que existieron variaciones en la mayoría de las concentraciones de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante de los productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), por efecto de los procesamientos de tostado, molienda y cernido.
- La composición proximal de los productos de quinua (humedad, ceniza, proteínas, grasa, fibra bruta y carbohidratos) presentaron diferencias significativas durante el procesamiento ( $p < 0.05$ ). El contenido de proteínas experimentó un descenso de 6.43 % del GQD al GQT y un incremento de 3.32 % del GQT a la HQT. El contenido de grasa se elevó en un 17.20 % del GQD al GQT y un 6.08 % del GQT a la HQT. El contenido de carbohidratos experimentó un incremento de 15.44 % del GQD al GQT y una reducción de 4.24 % del GQT a la HQT.

Los productos de cañihua no presentaron diferencias significativas en los contenidos de humedad, ceniza, proteínas, grasa y carbohidratos ( $p > 0.05$ ), mientras que el contenido de fibra bruta presentó una variación significativa.

En los productos de kiwicha, los contenidos de humedad, fibra cruda y los carbohidratos evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), no así los contenidos de ceniza, proteínas y grasa. El contenido de carbohidratos subió en 15.16 % del GK al GKT y descendió en 2.34 % del GKT a la HKT.

- Los contenidos de azúcares reductores de los productos de quinua, cañihua y kiwicha, experimentaron diferencias significativas por el procesamiento ( $p < 0.05$ ). El contenido de AR en los productos de quinua descendió en 67.91 % del GQD al GQT y 4.8 % del GQT a la HQT. Similar situación se observó en los productos de cañihua y kiwicha, los

contenidos de AR descendieron en 56.80 % del GC al GCT y 28.67 % de GCT a la HCT, mientras que los contenidos de AR de los productos de kiwicha, disminuyeron en 36.20 % del GK al GKT y 2.78 % del GKT a la HKT.

Las concentraciones de lisina, no evidenciaron diferencias significativas en los productos de quinua y cañihua ( $p>0.05$ ), mientras que en los productos de kiwicha se evidenció lo contrario. La concentración de lisina en los productos de kiwicha, experimentó reducciones de 0.76 % y 10 % del GK al GKT y del GKT a la HKT, respectivamente.

- Se determinó el efecto del procesamiento en la concentración de los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de quinua. Es así que, con un valor de  $p<0.05$ , el procesamiento afectó las CM(s) de calcio, fósforo, PT y la CA, mientras que la CM de hierro tuvo un comportamiento diferente. La CM de calcio aumentó en 0.64 % del GQD al GQT y 45.30 % del GQT a la HQT. La CM de fósforo aumentó en 14.46 % del GQD al GQT y disminuyó en 16.37 % del GQT a la HQT. La CM de PT se incrementó del GQD al GQT en 22.08 % y disminuyó en 38.44 % del GQT a la HQT. La CM de la CA se incrementó en 21.08 % del GQD al GQT y disminuyó en 26.03 % del GQT a la HQT.
- Se determinó el efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante en los productos de cañihua. El procesamiento presentó efecto en las CM(s) de calcio, hierro, fósforo, PT y CA en los productos de cañihua ( $p<0.05$ ). La CM de calcio disminuyó en 38.38 % del GC al GCT y se incrementó en 17.23 % del GCT a la HCT. La CM de hierro descendió en 62.79 % del GC al GCT y se incrementó en 123.90 % del GCT a la HCT. La CM de fósforo se incrementó en 14.81 % de GC al GCT y descendió en 32.82 % del GCT a la HCT. La CM de PT registró un incremento de 49.10 % del GC al GCT y una disminución de 31.31 %

del GCT a la HCT. La CM(s) de la CA experimentaron descensos de 0.44 % del GC al GCT y de 19.11 % de GCT a la HCT.

- Se determinó el efecto del procesamiento en los constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y la capacidad antioxidante en los productos de kiwicha. Las CM(s) de calcio, fósforo, PT y la CA de los productos de kiwicha se vieron afectadas por el procesamiento ( $p < 0.05$ ). La CM de hierro no fue influenciada por el procesamiento. La CM de calcio sufrió un incremento de 20.45 % del GK al GKT, mientras que se observó una disminución de 37.19 % del GKT a la HKT. La CM de fósforo descendió en 8.05 % del GK al GKT y se incrementó en 1.22 % del GKT a la HKT. La CM(s) de PT experimentaron incrementos de 20.27 % de GK al GKT y de 89.76 % del GKT a la HKT. La CA experimentó incrementos en su CM(s) de 5.39 % del GK al GKT y de 98.18 % de GKT a la HKT.
- Se determinó el tipo de producto de quinua cañihua o kiwicha, que presentó la menor y mayor concentración de constituyentes funcionales (minerales y polifenoles totales) y capacidad antioxidante. El producto GQD presentó la menor CM de calcio con 41.36 mg Ca /100 g ms, mientras que el producto GKT presento la mayor CM con 111.487 mg Ca/100 g ms. El producto HKT presentó la menor CM de hierro con 2.17667 mg Fe/100 g ms, por otra parte, la mayor CM correspondió al producto GC con 24.9567 mg Fe/100 g ms. El producto HQD presentó la menor CM de fósforo con 251.483 mg P/100 g ms y el producto GC evidenció la mayor CM con 331.75 mg P/100 g ms. El producto GK presentó la menor CM de PT con 33.34 mg AG/100 g ms, mientras que el producto GCT presentó la mayor CM con 343.317 mg AG/100 g ms. El producto GQD presentó la menor CM en la CA con 228.86  $\mu$ g ET/g ms, por otro lado, el producto HKT presentó la mayor CM con 258.417  $\mu$ g ET/g ms.

## RECOMENDACIONES

- Profundizar estudios relacionados sobre la influencia del procesamiento en el perfil de aminoácidos de los productos de quinua, cañihua y kiwicha, pues se evidenció un efecto positivo en los productos de quinua y cañihua durante el procesamiento, por lo que al tratarse de un aminoácido limitante, su valor nutricional no se vería afectado.
- Realizar investigaciones similares, utilizando métodos enzimáticos para la determinación de la capacidad antioxidante, lo que permitiría realizar comparaciones con los métodos existentes, innovando las investigaciones sobre alimentos que actualmente se realizan en la UNSAAC.
- Fortalecer el vínculo Universidad-Empresa Agroindustrial para compartir los conocimientos y resultados obtenidos en sus investigaciones, lo que redundará en el conocimiento y beneficio de los consumidores.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- A.O.A.C. (1984) Oficial Methods of Analysis Ass. Agric. Chem. 13<sup>th</sup> Ed. Washington, D, C. 1984
- ADEX ASOCIACION DE EXPORTADORES (2015). Encuentro Nacional de Granos Andinos. III Convención de Granos Andinos. Cusco. Perú.
- Agilent Technologies (2000). Agilent ZORBAX Eclipse AAA Instructions por use. USA
- Ahmad, N., SinghRiar, Ch., y Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. *Trends in Food Science & Technology* 75, 170–180. doi: [org/10.1016/j.tifs.2018.03.016](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.016)
- Akin-Idowu, P.E., Ademoyegun, O.T., Olagunju, Y.O., Aduloju, O., y Adebo. U.G. (2017). Phytochemical Content and Antioxidant Activity of Five Grain Amaranth Species. *American Journal of Food Science and Technology*, vol. 5, N° 6: 249-255. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/321213844\\_Phytochemical\\_Content\\_and\\_Antioxidant\\_Activity\\_of\\_Five\\_Grain\\_Amaranth\\_Species](https://www.researchgate.net/publication/321213844_Phytochemical_Content_and_Antioxidant_Activity_of_Five_Grain_Amaranth_Species)
- Ando, H., Chen, Y. Ch., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K., y Mitsunaga, T. (2002). Food Components in Fractions of Quinoa Seed. *Food Sci. Technol. Res.*, 8, 1, 80–84. doi: [org/10.3136/fstr.8.80](https://doi.org/10.3136/fstr.8.80)

- Andreasen, M., Christensen, L., Meyer, A., y Hansen, A. (2000). Content of Phenolic Acids and Ferulic Acid Dehydrodimers in 17 Rye (*Secale cereale* L.) Varieties. *J. Agric. Food Chem*, 48, 2837–2842
- Apak, R., Gorinstein, Sh., Böhm, V., Schaich, K., Özyürek, M., y Güçlü, K. (2013). Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity/activity. *Pure Appl. Chem.*, Vol. 85, No. 5, pp. 957–998. doi:org/10.1351/PAC-REP-12-07-15
- Apaza, V. (2010). *Manejo y Mejoramiento de Kañiwa*. Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de Investigación de Recursos
- Argote, F., Betancourt, A., Villada, D.C., Upegui, O. (2010). Conservación y Transformación de Granos ancestrales en el Resguardo en el Resguardo Indígena de Guambia Silvia-Cauca. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8, 2. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a03.pdf>
- Arif, V., y Faik, A. (2016). Effect of different production techniques on bioactive compounds and antioxidant capacity of einkorn (*Triticum monococcum* L.) and durum (*Triticum turgidum* subsp. durum) bulgur. *J Sci Food Agric* (2016). doi: 10.1002/jsfa.7724
- Badui, D. S. (2013). *Química de los Alimentos*. México: 5<sup>a</sup> edición: Pearson.
- Balunkeśwar, N., Hai, R. y Tang, J. (2015). Effect of Processing on Phenolic Antioxidants of Fruits, Vegetables, and Grains—A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55:7, 887-918. doi: 10.1080/10408398.2011.654142
- Barrera, G.N., Bassi, E., Reyes, R.J., León, A.E., y Ribotta, P.D. (2012). Efectos de diferentes fracciones de harinas de trigo pan obtenidas con molino industrial sobre la calidad de galletitas dulces. *Agriscientia*, 29(2), 69-79. Recuperado de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1668-298X2012000200002&lng=es&tlng=es.t](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2012000200002&lng=es&tlng=es.t)



- Bartolo, D. (2014). *Influencia de la temperatura de tostado sobre el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) variedad Cupi*. (Tesis de pregrado para optar al Título de Ing. De Alimentos). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Baynes, J. y Dominiczak, M. (2011) *Bioquímica clínica*. España, 3° edición Editorial Elsevier.
- Bernal, C.R., Daza, P.A., y Echevarri, A.M. (2011). Certificación internacional de productos de investigación (nuevo conocimiento). *ReCiTelA. Revisión de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos. Biotechnology Letters*, 25:1787–1794. doi: 10.1023/A:1026224101580
- Blanco, A. y Blanco, G. (2013). *Química biológica*. Buenos Aires, Argentina: 9° edición, Editorial El Ateneo.
- Blanco, T., Alvarado, C., y Muñoz, A.M. (2003). Evaluación de la composición nutricional de la maca y cañihua, procedente de diversos departamentos del Perú. Universidad de San Martín de Porres. Recuperado de [http://www.medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2003/Art1\\_Vol3\\_N1-2.pdf](http://www.medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2003/Art1_Vol3_N1-2.pdf)
- Bravo, A. (2007). *Alimentación y Nutrición con Cultivos Andinos* Lima, Perú: 1<sup>ra</sup> ed. Edit. San Marcos.
- Bravo, R., Valdivia, R., Andrade, K., Padulosi, S., y Jäger, M. (ed). (2010). *Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú*. Bioersivity International, Roma, Italia.
- Brend, Y., Galili, L., Badani, Hana., Hovav, R. y Galili, Sh. (2012). Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Red and Yellow Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

- Seeds as Affected by Baking and Cooking Conditions. *Food and Nutrition Sciences*, 3, 1150-1155. doi: org/10.4236/fns.2012.38151
- Bressani, R., Sánchez, A., y Morales, E. (1992). Chemical composition of grain amaranth cultivars and effects of processing on their nutritional quality, *Food Reviews International*, 8:1, 23-49. doi: 10.1080/87559129209540928
- Brito, A.L., Oliveira, A., Nogueira, A.R., Pessoa, A., y Pontes . (2017). Determination of inorganic constituents and physicochemical characterization of functional flour samples. *Microchemical Journal* 132, 112–118. doi: .org/10.1016/j.microc.2017.01.017
- Burrieza, H., López-Fernández, M.P., y Maldonado, S. (2014). Analogous reserve distribution and tissue characteristics in quinoa and grass seeds suggest convergent evolution. *Frontier in PLANT SCIENCE*, 5, 546. doi: 10.3389/fpls.2014.00546
- Cardona, A. (2010). *Evaluación de la actividad antioxidante in vitro en el procesamiento de la mermelada de Cyhomandra betacea Senth (SACHA TOMATE)*. Tesis de Maestría, UNSAAC, Cusco, Perú.
- Carpio, M.S. (2009). *Estudio de factibilidad técnica para la producción de harina de amaranto (Amaranthus spp.)*” (Tesis de pregrado para optar al Título de Ing. Químico). Universidad de El Salvador.
- Carrillo, W., Vilcacundo, R., y Carpio, C. (2015). Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua Bioactive components derived from amaranth and quinoa. *Actualización en Nutrición*, 16(1), 18-22. Recuperado de [http://www.revistasan.org.ar/pdf\\_files/trabajos/vol\\_16/num\\_1/RSAN\\_16\\_1\\_18.pdf](http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_16/num_1/RSAN_16_1_18.pdf)

- Cochama, F., y Flores, C. (2015). *Determinación de vida útil en alimento instantáneo a base de cañihua (Chenopodium pallidicaule aellen), maíz morado (Zea mays L.) y oca (Oxalis tuberosa) por pruebas aceleradas de almacenamiento y estabilidad de los compuestos bioactivos.* (Tesis de pregrado para optar al Título de Ing. Agroindustrial). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Chamorro, R.E. (2018). Valor nutricional y compuestos bioactivos de 30 accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) del INIA-Perú. (Tesis de pregrado para optar el grado de Maestro Magister Sscientiae en tecnología de alimentos). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Chanamé, C, M., y Cruz, M. G. (2017). *Capacidad antioxidante in vitro de extractos fenólicos libres y ligados en harinas de quinua (Chenopodium quinoa), kiwicha (Amaranthus caudatus) y kañiwa (Chenopodium pallidicaule).* (Tesis de pregrado para optar el Título de Licenciada en Nutrición y Dietética). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú
- Christiansen, K. (2012). Manual para la Molienda de Sorgo o Maicillo, Usando Molinos CTI de Discos. *INTSORMIL Scientific Publications*. 16. Recuperado de <http://digitalcommons.unl.edu/intsormilpubs/16>
- Collazos, C. (2001). *Alimentación y Nutrición*, Lima, Perú.
- Damodaran, S., Parkin, K., y Fennema, O. (ed.). (2008). *FENNEMA Química de los alimentos*. Zaragoza, España; 3° edición. Editorial ACRIBIA. pp. 1017, 614
- De la Riva, D. F. (2010). *Comparación del Contenido de Fitatos, Polifenoles y Capacidad Antioxidante de la Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Cruda y Procesada. Variedad Salcedo Inia.* (Tesis de Pre-grado para optar al Título de Ing. Industrial). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.

- De-Paula, C. D., Jarra, S., y Aramendiz, H. (2018). Caracterización nutricional y determinación de ácido fítico como factor antinutricional del frijol caupí. *Agron. Mesoam.* 29(1):29-40. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/download/27941/31458>
- Dirección Regional Agraria Puno. (2017). *Síntesis Agraria*. Puno, Perú.
- Dirección Regional Agraria-Cusco. (2017). *Campaña agrícola agosto 2016-julio 2017 en la Región del Cusco*. Cusco, Perú.
- Dyner, L., Cagnasso, C., Ferreyra, V., Pita, M.L., Apro, N., y Olivera, M. (2016). Contenido de calcio, fibra dietaria y fitatos en diversas harinas de cereales, pseudocereales y otros. *Acta Bioquím Clín Latinoam.* 50 (3): 435-43. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v50n3/v50n3a12.pdf>
- Gallegos, S., Chel, L., Corzo, L.J., y Martínez, A. L. (2013). Péptidos con actividad antioxidante de proteínas vegetales. *Omnia Science*, 111-112. doi: org/10.3926/oms.94
- Gallego, D.Y., Russo, L., Kerbab, K., Landi, M., y Rastrelli, L. (2014). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa). *Emir. J. Food Agric.* 26: 609-615. doi: 10.9755/ejfa.v26i7.18187
- Gomaa, E.F. (2014). Studies on Some Micro-Macromorphological and Anatomical Characters of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Plant. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 10(1): 24-36. Recuperado de <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/rjabs/rjabs/2014/24-36.pdf>
- Gonzalez, J., Lopez, J., Simal., y Oruña, M.J. (1997). Determination of Amino Acids in Green Beans by Derivatization with Phenylisothiocyanate and High-Performance Liquid Chromatography with Ultraviolet Detection. *Journal of Chromatographic Science*, Vol. 35. doi: 10.1093/chromsci/35.4.181

- Gorinstein, Sh., MediShna, O. J., Jaramillo, N., Arnao, I., Martinez, A. L., Arancibia, P., Toledo, F., Katrich, E., y Trakhtenberg, S. (2007). The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *Eur Food Res Technol*, 225:321–328. doi: 10.1007/s00217-006-0417-7
- Graf, B.L., Rojas, P., Rojo, L. E., Delatorre, J., Baldeon, M.E., y Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol.14. doi: 10.1111/1541-4337.12135
- Hanna Instruments (2016). Contenido de humedad en harina. Recuperado de [https://www.hannachile.com/sites/default/files/blog/archivos/2016/09/hanna\\_hints\\_-\\_humedad\\_en\\_harina.pdf](https://www.hannachile.com/sites/default/files/blog/archivos/2016/09/hanna_hints_-_humedad_en_harina.pdf)
- Harris, D.C. (2007). *Análisis químico cuantitativo*. Barcelona, España: Editorial Reverte, S.A.
- Hicks, J. (2007). *Bioquímica*. México: 2º edición. Mc Graw-Hill.
- Hurrell, R. (2003). Influence of Vegetable Protein Sources on Trace Element and Mineral Bioavailability. *American Society for Nutritional Sciences*, 133. 2973S–2977S. doi: org/10.1093/jn/133.9.2973S
- Instituto de Salud Pública Gobierno de Chile (2008). Procedimiento para determinar hierro en harinas y alimentos. Método espectrofotometría de absorción atómica/Llama. Disponible en: [http://www.ispch.cl/lab\\_amb/doc/microbiologia\\_alimentos/PRT-711.02-159.pdf](http://www.ispch.cl/lab_amb/doc/microbiologia_alimentos/PRT-711.02-159.pdf)
- Instituto de Salud Pública Gobierno de Chile (2011). Procedimiento para determinación de sodio, potasio y calcio en alimentos. Método espectrofotometría de absorción

atómica/llama. Disponible en: [http://www.ispch.cl/sites/default/files/documento\\_tecnico/2011/11/me\\_711\\_02\\_209\\_v02\\_det\\_Na-K-Ca\\_microondas.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/documento_tecnico/2011/11/me_711_02_209_v02_det_Na-K-Ca_microondas.pdf)

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. (2015). *Estudio El mercado y la producción de quinua en el Perú*. Recuperado de <file:///E:/QUINUA/EL%20MERCADO%20Y%20LA%20PRODUCCION%20DE%20QUINUA%20EN%20EL%20PERU-IICA%202015.pdf>

Integrated Taxonomic Information System. Sistema de Información Taxonómico Integrado (ITIS). (2011). [*Chenopodium quinoa* Willd]. Recuperado de: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=506567#>](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506567#>).

Integrated Taxonomic Information System. Sistema de Información Taxonómico Integrado (ITIS) (2017). [*Amaranthus caudatus*]. Recuperado de: <http://arctos.database.museum/name/Amaranthus%20caudatus>

Irving, D., Betschart, A., y Saunders, R. (1981). Morphological Studies on *Amaranthus cruentus*. *Journal of Food Science*, 46, 1170-1174. doi: [org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03017.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03017.x)

Jacobsen, S., Mujica, A., y Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13, 36. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/705/70503603.pdf>

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., y Brulé, G. (2006). *Ciencia de los Alimentos*. Zaragoza, España: Voumen 1: Acribia

Kachiguma, N.A., Mwase, W., Maliro, M., Damaliphetsa, A. (2015). Chemical and Mineral Composition of Amaranth (*Amaranthus* L.) Species Collected From Central Malawi. *Journal of Food Research*; 4, 4. Recuperado de

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.900.5344&rep=rep1&type=pdf>

- Kaur, C., y Kapoor, H. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables - the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 703-725. doi: org/10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x
- Konishi, Y., Hirano, S., Tsuboi, H., y Wada, M. (2004). Distribution of Minerals in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 68:1, 231-234. doi: 10.1271/ bbb.68.231
- Ktenioudaki, A., Alvarez-Jubete, L., y Gallagher, E. (2013). A review of the process-induced changes in the phytochemical content of cereal grains: The breadmaking process. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(5):611-9. doi: 10.1080/10408398.2012.667848
- Lara, N., y Ruales, J. (1999). Efecto del proceso de reventado sobre la composición química y calidad nutritiva de grano de amaranto (*Amaranthus caudatus*). Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=FIwzAQAAMAAJ>
- Lei, X. G., y Porres, J. (2003). Phytase enzymology, applications, and biotechnology. doi: 10.1023/A:1026224101580
- Leidi, E., Monteros, A., Mercado, G., Rodriguez, J., Ramos, A., Alandía, G., Sørensen. M., y Jacobsen, S. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods *Journal of Functional Foods* 51, 86–93. doi: org/10.1016/j.jff.2018.10.007
- Lightfoot, D. J., Jarvis, D. E., Ramaraj, T., Lee, R., Jellen, E.N., y Maughan, P.J. (2017). Single-molecule sequencing and Hi-C-based proximity-guided assembly of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) chromosomes provide insights into genome evolution.

*BioMedCentral BMC Biology Incorporating Journal Biology* 15: 74.

doi: 10.1186/s12915-017-0412-4

Liukkonen, K. H., Katina, K., Wilhelmsson, A., Myllymaki, O., Lampi, A. M., Kariluoto, S., Piironen, V., Heinonen, S. M., Nurmi, T., Adlercreutz, H., Peltoketo, A., Pihlava, J. M., Hietaniemi, V. y Poutanen, K. (2003). Process-induced changes on bioactive compounds in whole grain rye. *Proc. Nutr. Soc.* 62:117-122. doi: 10.1079/PNS2002218

Lupano, C. E. (2013). *Modificaciones de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento*. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata.

Maradini, A., Ribeiro, M., Da Silva, J.T., Pinheiro, H.M., Paes, J. B., y Dos Reis, J.S. (2015). Quinoa: Nutritional, Functional and Antinutritional Aspects, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 24; 57(8):1618-1630. doi: 10.1080/10408398.2014.1001811

Mayta, M. (2016). *Dosimetría de rayos gamma para la inducción de mutación en cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. (Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego del Perú-MINAGRI. (2017). *Boletín Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2017 II – Trimestre*.

Ministerio de Salud e Instituto Nacional de Salud. (2002). *Tablas peruanas de composición de alimentos industrializados*. Lima, Perú.

Ministerio de Salud e Instituto Nacional de Salud. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima, Perú.

Montoya, A., Gomez, M.A., Reyes, C., Milán, J., y Gonzalez, E. (2015). Identification of Bioactive Peptide Sequences from Amaranth (*Amaranthus. doihypochondriacus*) Seed



- Proteins and Their Potential Role in the Prevention of Chronic Diseases. *Institute of Food Technologists*, 14, 139-158. doi: org/10.1111/1541-4337.12125
- Motta, C., Castanheira, I., Gonzales, G., Delgado, I., Torres, D., Santos, M., y Matos, A. (2018). Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and quinoa. *Journal of Food Composition and Analysis*. doi: org/10.1016/j.jfca.2018.10.001
- Muñoz, O., Torres, G., Núñez, J., De la Rosa., L., García, J., Ayala, F., Álvarez, E. (2017). Nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-Ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 20(2): 23-28. doi: 10.1016/j.recqb.2017.04.003
- Murray, R. (2013). *Harper. Bioquímica ilustrada*. México: 29ª edición. McGraw-Hill INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A.S., Gimenez, A., Lobo, Manuel., Samman, N., y Castanheira, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*. 148, 420–426. doi: org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155
- Oliviero, T., Capuano, E., Cammerer, B., y Fogliano, V. (2009). Influence of Roasting on the Antioxidant Activity and HMF Formation of a Cocoa Bean Model Systems. *J. Agric. Food Chem.* 57, 147–152. doi: 10.1021/jf802250j
- Onyeneho, S.N., y Hettiarachchy, N.S. (1992). Antioxidant Activity of Durum Wheat Bran. *J. Agric. Food Chem.* 40, 1496-1500. doi: 10.1021/jf00021a005

- Padrón, C. A., Oropeza, R.A., y Montes, A.I. (2015). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 5 (2): 166-218.
- Palombini, S. V., Claus, T., Maruyama, S.A., G, A.K., Pereira, A. H., Evelázio de Souza, N., Visentainer, J. V., Marques, S. T., y Matsushita, M. (2013). Evaluación de compuestos nutricionales en nuevos cultivares de amaranto y quinua. *Food Sci. Technol, Campinas*, 33(2): 339-344, doi:org/10.1590/S0101-20612013005000051
- Pauro, T. E. (2017). *Evaluación del comportamiento de almidones y harinas de dos variedades de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) procesada para la preparación de harinas precocidas*. (Tesis de pregrado para optar al Título Profesional de Ingeniero Industrial). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Pavón, E. (2014). *Determinación de calcio, hierro, sodio y potasio en cinco variedades de fréjol: canario, bayo, blanco, rojo y negro, por espectrofotometría de absorción atómica de llama*. Disertación de Licenciatura en Ciencias Químicas, con mención en Química Analítica Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Escuela de Ciencias Químicas. Quito
- Pedersen, B., Kalinowski, L., y Eggum, B.O. (1987). The nutritive value of Amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) 1. Protein and minerals of raw and processed grain. *Plant Foods for Human Nutrition* 36:309-324. doi: 10.1007/BF01892352
- Pedersen, B., y Eggum, B.O. (1983). The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 6. Sorghum. *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr* 33, 313-326. doi.org/10.1007/BF01094756
- Peñarrieta, J. M., Alvarado, J.A., Bergenståhl, B., y Åkesson, B. (2007). Spectrophotometric methods for the measurement of total phenolic compounds and total flavonoids in

- foods. *Revista boliviana de Química*. Volumen 24, N° 1. Recuperado de <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a02.pdf>
- Prieto, F., Gordillo, A.J., Prieto, J., Gomez, C. A., y Gutiérrez, A. (2006). Evaluación de las isotermas de sorción en cereales para desayuno. *Superficies y Vacío* 19(1), 12-19. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/sv/v19n1/v19n1a3.pdf>
- Quispe, W.E. (2016). *Evaluación comparativa del contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de dos variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd) orgánica y convencional*. (Tesis de pregrado para optar al título de Ing. Agroindustrial). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Ragae, S., Seetharaman. K., y Abdel-Aal, E. (2012). Impact of milling and thermal processing on phenolic compounds in cereal grains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. doi:10.1080/10408398.2011.610906
- Rajasekaran. A. (2017). Nutraceuticals. *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering. Comprehensive Medicinal Chemistry III* 107-134. doi: [org/10.1016/B978-0-12-409547-2.12287-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.12287-5)
- Rastrelli, L., De Simone, F., Schettino, O., y Dini, A. (1996). Constituents of *Chenopodium pallidicaule* (Cañihua) Seeds: Isolation and Characterization of New Triterpene Saponins. *J. Agric. Food Chem*, pp, 44, 3528-3533. doi:10.1021/jf950253p
- Repo de Carrasco, R., Acevedo de la Cruz, A., Icochea, J.C., y Kallio, H. (2009). Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran Plant Foods Hum Nutr. Jun; 64(2):94-101. doi: 10.1007/s11130-009-0109-0.
- Repo de Carrasco, R., Encina, Ch.R., Binaghi, M.J., Greco, C.B., y Ronayne de Ferrer, P.A. (2010). Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kaniwa on composition

- ~ and availability of minerals in vitro, *J Sci Food Agric.* pp. 90(12):2068-73. doi: 10.1002/jsfa.4053.
- Repo de Carrasco, R., y Encina, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Rev Soc Quím Perú*, 74, N° 2 (85-99).
- Ripa, K. (2008). *Comercialización del grano de Kiwicha (Amarantus caudatus L.) en el Distrito de San Salvador* (Tesis de pregrado) Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Rojas, W., Soto, J. L., Pinto, M., Matthias, J., y Padulosi, S. (ed). (2010). *Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Biodiversity Internacional, Roma, Italia.
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C., y Céron, E. (2006). Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* w) variedad piartal en los andes colombianos primera parte. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 4(1). Recuperado de <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/39/27>
- Rufián, J.A., y Pastoriza, S. (2016). Encyclopedia of Food and Health. Pages 593-600. doi: org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00435-9
- Sacha, A. (2012). *El secreto de los carbohidratos Claves para vencer las enfermedades modernas*. Lima, Perú: 1° edición. Ed. Planeta Perú S.A.
- Schoemana, L., Plessisb, A., Verbovenc, P., Nicolaïc, B., Cantrec, D., y Manleya, M. (2017). Effect of oven and forced convection continuous tumble (FCCT) roasting on the

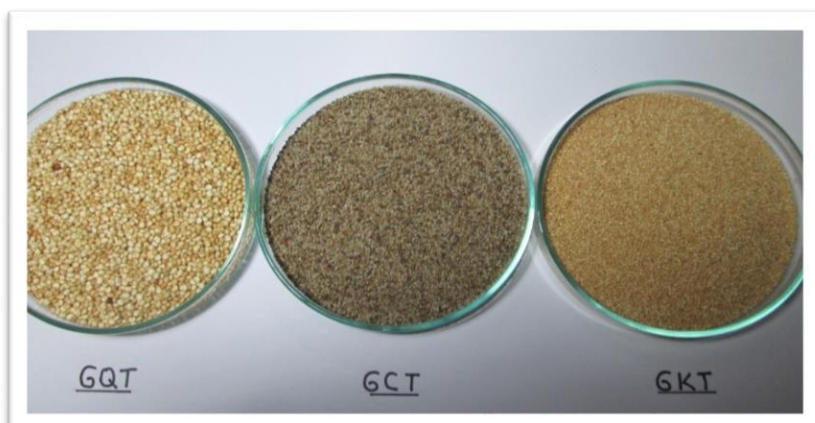
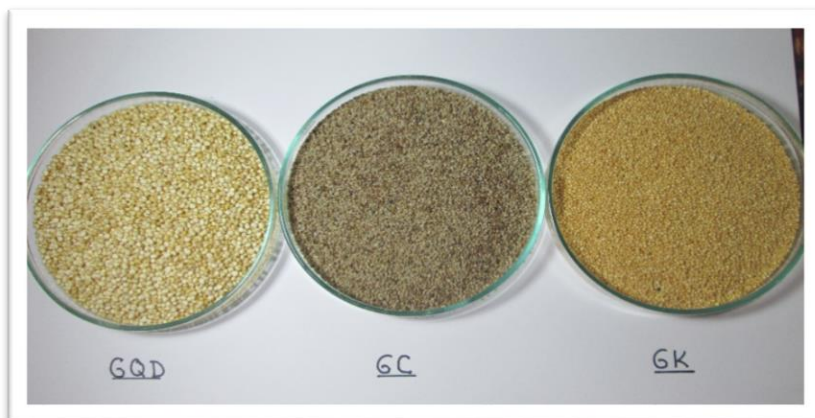
- microstructure and dry milling properties of white maize. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 14, 54-66. doi: org/10.1016/j.ifset.2017.07.021
- Schoenlechner, R. (2017). Chapter 5 - Quinoa: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, 105-129. doi: org/10.1016/B978-0-08-100866-9.00005-4
- Shahidi, F., y Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review *Elsevier journal of functional foods* 18 (2015) 820–897: doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., y Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 132-138. doi: 10.1016/j.jcs.2011.10.010
- Sumar, L. (1993). *La kiwicha y su cultivo*. Centro de Estudios Regionales Andinos “Bartolomé de Las Casas”. Cusco, Perú.
- Suzanne, S. (2009). *Análisis de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia,S.A.
- Tacora, R.L., Luna, G. L., Bravo, R., Mayta, J., Choque, M., e Ibañez, V. (2010). Efecto de la presión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaudale* Aellen). *CienciAgro. Journal de Ciencia y Tecnologia Agraria*, Vol.2 Nr.1 188-198  
Recuperado de <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rca/v2n1/v2n1a02.pdf>
- Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., y Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa*

- Willd. Genotypes. *Food Chemistry* 166:380–388. doi: [org/10.1016/j.foodchem.2014.06.018](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.018)
- Tapia, M. E. y A.M. Fries. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO y ANPE. Lima, Perú
- Tapia, M.E. (1990). *Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO
- Tironi, V.A., y Añón, M.C. (2010). Amaranth proteins as a source of antioxidant peptides: Effect of proteolysis. *Food Research International*, 43, 315–322. doi: [doi.org/10.1016/j.foodres.2009.10.001](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.10.001)
- Torres, J. (1996). *Evaluación Bromatológica y Nutricional de las dietas ofrecidas en el Comedor Universitario de la UNSAAC*. Tesis para optar al Título de Químico, UNSAAC, Cusco, Perú.
- Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM (2008). Laboratorio de Alimentos I. Departamento de Alimentos y Biotecnología. Facultad De Química. Recuperado de: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS\\_12286.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf)
- Urrunaga, E. (2012). *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los morfotipos de kiwicha*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Urrunaga, E. (2014). *Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de Chenopodium quinoa Willd (Quinua)*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Valcárcel, A. (2016). *Descripción de las etapas del proceso de producción de harinas de kiwicha, kañiwa y quinua*. Cusco Mara Eirl, Cusco, Perú.

- Valencia, Z., Cámara, F., Ccapa, K., Catacora., y Quispe, F. (2017). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa* W.). *Rev Soc Quím Perú*, 83(1). Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v83n1/a03v83n1.pdf>
- Vásquez, F. (2006). “Digestibilidad *in vitro* de proteína y compuestos bioactivos en accesiones de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L. 1753) tostada”. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae Universidad Agraria La Molina Lima, Perú.
- Villacres, E., Peralta, E., Egas, L., y Mazón. N. (2011). Potencial Agroindustrial de la quinua. Recuperado de <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/02/Potencial-Agroindustrial-de-la-quinua-1.pdf>
- Wyss, M., Pasamontes, L., Rémy, R., Kohler, J., Kuszniir, E., Gadiant, M., Müller, F., and van Loon, A. (1998). Comparison of the thermostability properties of three acid phosphatases from molds: *Aspergillus fumigatus* Phytase, *A. niger* Phytase, and *A. niger* pH 2.5 Acid Phosphatase. *Appl Environ Microbiol*, 64(11): 4446–4451. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC106667/>
- Yao, Y., Yang, X., Shi, Z., y Ren, G. (2014). Anti-Inflammatory Activity of Saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds in Lipopolysaccharide-Stimulated RAW 264.7 Macrophages Cells. *Journal of Food Science* Vol. 79, N° 5. doi: 10.1111/1750-3841.12425
- Zapata, S., Tamayo, A., y Rojano, A. (2015). Efecto del tostado sobre los metabolitos secundarios y la actividad antioxidante de clones de cacao colombiano.

## ANEXOS

**Anexo 1. Productos de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.)**





## Anexo 2. Determinación de humedad de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

N°	Producto	Muestra m1 (g)	Muestra desecada m2 (g)	% humedad g/100 g muestra
1	GQD-1	5.2476	4.6128	12.1
2	GQD-2	4.7255	4.1532	12.11
3	GQD-3	5.084	4.4626	12.22
4	GQT-1	5.0016	4.8885	2.26
5	GQT-2	5.4673	5.3449	2.24
6	GQT-3	5.0009	4.8614	2.8
7	HQT-1	4.7099	4.47	5.1
8	HQT-2	4.674	4.4374	5.06
9	HQT-3	5.0245	4.7647	5.17
10	GC-1	4.4655	4.2201	9.96
11	GC-2	3.8237	3.4452	9.9
12	GC-3	4.9371	4.4423	10.02
13	GCT-1	4.5835	4.4986	1.85
14	GCT-2	4.596	4.5109	1.85
15	GCT-3	4.5898	4.5037	1.88
16	HCT-1	5.0028	4.7181	5.69
17	HCT-2	4.9973	4.7115	5.71
18	HCT-3	5.0066	4.7222	5.68
19	GK-1	4.8757	4.3761	10.27
20	GK-2	4.9037	4.397	10.33
21	GK-3	5.2314	4.6902	10.35
22	GKT-1	5.0278	4.891	2.72
23	GKT-2	5.0513	4.9114	2.77
24	GKT-3	5.0395	4.9015	2.74
25	HKT-1	4.7898	4.56	4.8
26	HKT-2	4.2556	4.0561	4.69
27	HKT-3	5.5442	5.2788	4.79

ms= masa seca. FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3. Determinación de cenizas de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

N°	Producto	Muestra m1 (g)	Muestra cenizas m2 (g)	% ceniza g/100 g muestra	FC	% cenizas g/100 g ms
1	GQD-1	1.0075	0.02180	2.16	0.879	2.46
2	GQD-2	1.0027	0.02000	1.99	0.8789	2.26
3	GQD-3	1.0047	0.01990	1.98	0.8778	2.26
4	GQT-1	1.0010	0.02350	2.35	0.945	2.40
5	GQT-2	1.0020	0.02370	2.37	0.901	2.42
6	GQT-3	1.0012	0.02360	2.36	0.8998	2.43
7	HQT-1	1.0036	0.02110	2.10	0.8973	2.21
8	HQT-2	1.0014	0.02080	2.08	0.8967	2.19
9	HQT-3	1.0005	0.02080	2.08	0.8965	2.20
10	GC-1	1.0003	0.05160	5.16	0.9004	5.73
11	GC-2	1.0026	0.05090	5.08	0.9776	5.64
12	GC-3	1.0020	0.05110	5.10	0.972	5.67
13	GCT-1	1.0015	0.04450	4.44	0.9456	4.70
14	GCT-2	1.0005	0.04710	4.71	0.9457	4.98
15	GCT-3	1.0014	0.04920	4.91	0.9447	5.20
16	HCT-1	1.0011	0.04560	4.55	0.9728	4.82
17	HCT-2	1.0014	0.04610	4.60	0.9723	4.88
18	HCT-3	1.0012	0.04590	4.58	0.9726	4.86
19	GK-1	1.0000	0.02100	2.10	0.949	2.34
20	GK-2	1.0005	0.02190	2.19	0.9494	2.44
21	GK-3	1.0030	0.02190	2.18	0.9473	2.43
22	GKT-1	1.0013	0.02240	2.24	0.9431	2.30
23	GKT-2	1.0029	0.01920	1.91	0.9429	1.96
24	GKT-3	1.0015	0.02130	2.13	0.9432	2.19
25	HKT-1	1.0023	0.02190	2.18	0.952	2.29
26	HKT-2	1.0016	0.02200	2.20	0.9531	2.31
27	HKT-3	1.0021	0.02300	2.30	0.9521	2.42

ms= masa seca. FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo 4. Determinación de proteínas de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

N°	Producto	Muestra muestra (g)	Volumen gastado H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.01 (mL)	% proteínas g/100 g muestra	FC	% proteínas g/100 g ms
1	GQD-1	0.1027	13.3	11.33	0.879	12.89
2	GQD-2	0.1011	12.7	10.99	0.8789	12.51
3	GQD-3	0.1002	12.9	11.26	0.8778	12.83
4	GQT-1	0.0993	14.6	12.87	0.945	14.29
5	GQT-2	0.1008	14.7	12.76	0.901	14.16
6	GQT-3	0.1006	14.3	12.44	0.8998	13.82
7	HQT-1	0.1004	12.7	11.07	0.8973	12.34
8	HQT-2	0.102	12.4	10.64	0.8967	11.86
9	HQT-3	0.101	13	11.26	0.8965	12.56
10	GC-1	0.1021	13.3	11.40	0.9004	11.66
11	GC-2	0.1023	13.7	11.72	0.9776	11.99
12	GC-3	0.101	13.6	11.78	0.972	12.12
13	GCT-1	0.1007	14.2	12.34	0.9456	13.05
14	GCT-2	0.1006	13.8	12.00	0.9457	12.69
15	GCT-3	0.1005	14.5	12.62	0.9447	13.36
16	HCT-1	0.1006	13.1	11.39	0.9728	11.71
17	HCT-2	0.1005	13	11.32	0.9723	11.64
18	HCT-3	0.1005	13	11.32	0.9726	11.64
19	GK-1	0.1103	14.7	11.66	0.949	12.29
20	GK-2	0.1088	14.4	11.58	0.9494	12.2
21	GK-3	0.1	13.5	11.81	0.9473	12.47
22	GKT-1	0.1005	14	12.19	0.9431	12.92
23	GKT-2	0.1002	14	12.23	0.9429	12.97
24	GKT-3	0.1013	14.1	12.18	0.9432	12.91
25	HKT-1	0.0958	11.7	11.69	0.952	12.28
26	HKT-2	0.1006	12.7	11.05	0.9531	11.59
27	HKT-3	0.1014	12.4	11.70	0.9521	12.29

ms= masa seca. FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 5. Determinación de grasa de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

N°	Producto	Muestra m1 (g)	Muestra grasa m2 (g)	% grasa g/100 g muestra	FC	% grasa g/100 g ms
1	GQD-1	3.0797	0.1412	4.58	0.879	5.22
2	GQD-2	0.6029	0.0273	4.53	0.8789	5.15
3	GQD-3	0.5015	0.0229	4.57	0.8778	5.21
4	GQT-1	0.602	0.0359	5.96	0.945	6.1
5	GQT-2	0.6002	0.0361	6.01	0.901	6.15
6	GQT-3	0.5217	0.0305	5.85	0.8998	6.01
7	HQT-1	2.997	0.1828	6.1	0.8973	6.42
8	HQT-2	0.5999	0.037	6.17	0.8967	6.5
9	HQT-3	0.5746	0.0351	6.11	0.8965	6.45
10	GC-1	2.8443	0.237	8.33	0.9004	9.25
11	GC-2	0.5998	0.0503	8.39	0.9776	9.31
12	GC-3	0.5485	0.0457	8.33	0.972	9.26
13	GCT-1	2.9762	0.2239	7.52	0.9456	7.96
14	GCT-2	0.6019	0.0454	7.54	0.9457	7.98
15	GCT-3	0.6	0.0454	7.58	0.9447	8.02
16	HCT-1	2.9862	0.2253	7.54	0.9728	8
17	HCT-2	0.5445	0.041	7.53	0.9723	7.99
18	HCT-3	0.6757	0.051	7.55	0.9726	8
19	GK-1	0.6	0.0512	8.53	0.949	9.51
20	GK-2	0.6004	0.0506	8.43	0.9494	9.4
21	GK-3	0.5199	0.0444	8.54	0.9473	9.53
22	GKT-1	0.568	0.0435	7.66	0.9431	7.87
23	GKT-2	0.6002	0.0458	7.63	0.9429	7.85
24	GKT-3	0.5781	0.0441	7.63	0.9432	7.84
25	HKT-1	0.6008	0.0447	7.44	0.952	7.82
26	HKT-2	0.6005	0.0448	7.46	0.9531	7.83
27	HKT-3	0.568	0.0421	7.41	0.9521	7.78

ms= masa seca. FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 6. Determinación de fibra bruta de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

N°	Producto	Muestra m1 (g)	Masa fibra bruta m2 (g)	% fibra bruta g/100 g muestra	FC	% fibra bruta g/100 g ms
1	GQD-1	0.4717	0.013	2.76	0.879	3.14
2	GQD-2	0.5016	0.0133	2.65	0.8789	3.02
3	GQD-3	0.477	0.0133	2.79	0.8778	3.18
4	GQT-1	0.5003	0.0132	2.64	0.945	2.70
5	GQT-2	0.5009	0.0132	2.64	0.901	2.70
6	GQT-3	0.5007	0.0132	2.64	0.8998	2.71
7	HQT-1	0.5008	0.0127	2.54	0.8973	2.67
8	HQT-2	0.5005	0.0125	2.5	0.8967	2.63
9	HQT-3	0.501	0.0123	2.46	0.8965	2.59
10	GC-1	0.5002	0.0488	9.76	0.9004	10.84
11	GC-2	0.5	0.0488	9.76	0.9776	10.83
12	GC-3	0.4894	0.0475	9.71	0.972	10.79
13	GCT-1	0.5004	0.0486	9.71	0.9456	10.27
14	GCT-2	0.5005	0.0484	9.67	0.9457	10.23
15	GCT-3	0.5009	0.0485	9.68	0.9447	10.25
16	HCT-1	0.5005	0.0404	8.07	0.9728	8.56
17	HCT-2	0.5007	0.0408	8.15	0.9723	8.64
18	HCT-3	0.5006	0.0398	7.95	0.9726	8.43
19	GK-1	0.5003	0.0162	3.24	0.949	3.61
20	GK-2	0.5001	0.0167	3.34	0.9494	3.72
21	GK-3	0.5013	0.0164	3.27	0.9473	3.65
22	GKT-1	0.5003	0.0212	4.24	0.9431	4.36
23	GKT-2	0.5005	0.0208	4.16	0.9429	4.27
24	GKT-3	0.4831	0.0204	4.22	0.9432	4.34
25	HKT-1	0.4998	0.0162	3.24	0.952	3.40
26	HKT-2	0.5006	0.0163	3.27	0.9531	3.43
27	HKT-3	0.4619	0.0153	3.31	0.9521	3.48

ms= masa seca. FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia

**Anexo 7. Determinación de carbohidratos de los productos de quinua, cañihua y kiwicha**

N°	Producto	% humedad g/100 g muestra	% ceniza g/100 g ms	% proteínas g/100 g ms	% grasa g/100 g ms	%fibra bruta g/100 g ms	% carbohidratos g/100 g ms
1	GQD-1	12.10	2.46	12.89	5.22	3.14	87.51
2	GQD-2	12.11	2.26	12.51	5.15	3.02	87
3	GQD-3	12.22	2.26	12.83	5.21	3.18	68
4	GQT-1	2.26	2.4	11.66	6.1	2.70	78.92
5	GQT-2	2.24	2.42	11.99	6.15	2.70	78.5
6	GQT-3	2.80	2.43	12.12	6.01	2.71	78.94
7	HQT-1	5.1	2.21	12.29	6.42	2.67	80.52
8	HQT-2	5.06	2.19	12.2	6.5	2.63	80.56
9	HQT-3	5.17	2.2	12.47	6.45	2.59	80.53
10	GC-1	9.96	5.46	13.61	8.82	10.32	65.39
11	GC-2	9.9	5.64	14.16	9.31	10.83	66.66
12	GC-3	10.02	5.67	13.82	9.26	10.79	67.19
13	GCT-1	5.44	4.7	13.05	7.96	10.27	67.7
14	GCT-2	5.43	4.98	12.69	7.98	10.23	67.8
15	GCT-3	5.53	5.2	13.36	8.02	10.25	66.87
16	HCT-1	5.69	4.82	12.92	8	8.56	69.66
17	HCT-2	5.71	4.88	12.97	7.99	8.64	69.49
18	HCT-3	5.68	4.86	12.91	8	8.43	69.76
19	GK-1	10.27	2.34	12.34	9.51	3.61	80.46
20	GK-2	10.33	2.44	11.86	9.4	3.72	80.94
21	GK-3	10.35	2.43	12.56	9.53	3.65	80.12
22	GKT-1	2.72	2.3	11.71	7.87	4.36	75.82
23	GKT-2	2.77	1.96	11.64	7.85	4.27	76.4
24	GKT-3	2.74	2.19	11.64	7.84	4.34	76.07
25	HKT-1	4.8	2.29	12.28	7.82	3.40	69.41
26	HKT-2	4.69	2.31	11.59	7.83	3.43	70.15
27	HKT-3	4.79	2.42	12.29	7.78	3.48	69.24

ms= masa seca. Fuente: Elaboración propia

### Anexo 8. Determinación de Azúcares Reductores de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

Nº	Producto	Volumen aforo (mL)	Factor	masa muestra (g)	Volumen gast. (mL)	% AR g/100 g muestra	FC	% AR g/100 g ms
1	GQD-1	25	6.25	2.00	3.38	2.31	0.879	2.63
2	GQD-2	25	6.25	2.00	3.43	2.28	0.8789	2.59
3	GQD-3	25	6.25	2.00	3.46	2.26	0.8778	2.57
4	GQT-1	25	6.25	2.00	9.65	0.81	0.945	0.83
5	GQT-2	25	6.25	2.00	9.41	0.83	0.901	0.85
6	GQT-3	25	6.25	2.00	9.77	0.8	0.8998	0.82
7	HQT-1	25	6.25	2.00	10.28	0.76	0.8973	0.8
8	HQT-2	25	6.25	2.00	10.56	0.74	0.8967	0.78
9	HQT-3	25	6.25	2.00	10.28	0.76	0.8965	0.8
10	GC-1	25	6.25	2.00	3.91	2	0.9004	2.22
11	GC-2	25	6.25	2.00	3.99	1.96	0.9776	2.18
12	GC-3	25	6.25	2.00	3.91	2	0.972	2.22
13	GCT-1	25	6.25	2.00	8.4	0.93	0.9456	0.98
14	GCT-2	25	6.25	2.00	8.88	0.88	0.9457	0.93
15	GCT-3	25	6.25	2.00	8.68	0.9	0.9447	0.95
16	HCT-1	25	6.25	2.00	13.02	0.6	0.9728	0.64
17	HCT-2	25	6.25	2.00	12.21	0.64	0.9723	0.68
18	HCT-3	25	6.25	2.00	12.21	0.64	0.9726	0.68
19	GK-1	25	6.25	2.00	6.57	1.19	0.949	1.33
20	GK-2	25	6.25	2.00	6.57	1.19	0.9494	1.33
21	GK-3	25	6.25	2.00	6.73	1.16	0.9473	1.29
22	GKT-1	25	6.25	2.00	9.41	0.83	0.9431	0.85
23	GKT-2	25	6.25	2.00	9.77	0.8	0.9429	0.82
24	GKT-3	25	6.25	2.00	9.41	0.83	0.9432	0.85
25	HKT-1	25	6.25	2.00	10.02	0.78	0.952	0.82
26	HKT-2	25	6.25	2.00	9.77	0.8	0.9531	0.84
27	HKT-3	25	6.25	2.00	10.42	0.75	0.9521	0.79

ms= masa seca. FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia

### Anexo 9. Determinación de Lisina de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

N°	Producto	1° lectura ug lisina /mL	2° lectura ug lisina /mL	promedio ug lisina /mL	Vaforo 1 mL	FD	Masa muestra (g)	g lisina/100 g muestra	FC	% proteína ms g prot/100 g ms	g lisina/100 g prot.
1	GQD-1	14.72832	14.55247	14.640395	8	2	0.5017	0.46690516	0.879	12.89	4.1
2	GQD-2	13.85521	15.39193	14.62357	8	2	0.5017	0.46636859	0.8789	12.51	4.2
3	GQD-3	15.53156	14.2627	14.89713	8	2	0.5017	0.47509284	0.8778	12.83	4.2
4	GQT-1	16.54348	15.80314	16.17331	8	2	0.5017	0.51579223	0.9774	11.66	4.5
5	GQT-2	15.87147	15.10654	15.489005	8	2	0.5017	0.49396867	0.9776	11.99	4.2
6	GQT-3	15.47573	15.19639	15.33606	8	2	0.5017	0.48909101	0.972	12.12	4.2
7	HQT-1	16.60418	15.96841	16.286295	8	2	0.5017	0.5193955	0.949	12.29	4.5
8	HQT-2	16.92227	14.17538	15.548825	8	2	0.5017	0.49587642	0.9494	12.2	4.3
9	HQT-3	18.84679	18.95123	18.89901	8	2	0.5017	0.60271908	0.9473	12.47	5.1
10	GC-1	15.73841	14.58393	15.16117	8	2	0.5017	0.484	0.9004	13.61	3.9
11	GC-2	15.07437	15.32078	15.19758	8	2	0.5017	0.485	0.901	14.16	3.8
12	GC-3	14.36923	14.69981	14.53452	8	2	0.5017	0.464	0.8998	13.82	3.7
13	GCT-1	14.50197	14.16982	14.335895	8	2	0.5017	0.45719418	0.9456	13.05	3.7
14	GCT-2	13.1799	14.02469	13.602295	8	2	0.5017	0.43379853	0.9457	12.69	3.6
15	GCT-3	14.6642	13.92883	14.296515	8	2	0.5017	0.45593829	0.9447	13.36	3.6
16	HCT-1	0		0							
17	HCT-2	14.0901	14.67482	14.38246	8	2	0.5017	0.45867921	0.9429	12.97	3.8
18	HCT-3	15.06219	13.88193	14.47206	8	2	0.5017	0.4615367	0.943	12.91	3.8
19	GK-1	13.81982	14.74502	14.28242	8	2	0.5017	0.45548878	0.8973	12.34	4.1
20	GK-2	16.39861	13.49677	14.94769	8	2	0.5017	0.47670528	0.8967	11.86	4.5
21	GK-3	13.6935	14.91795	14.305725	8	2	0.5017	0.45623201	0.8965	12.56	4.1
22	GKT-1	14.88198	15.7668	14.32439	8	2	0.5017	0.48871884	0.9728	11.71	4.3
23	GKT-2	17.19623	13.93172	15.563975	8	2	0.5017	0.49635958	0.9723	11.64	4.4
24	GKT-3	16.11032	14.66661	15.388465	8	2	0.5017	0.49076229	0.9723	11.64	4.3
25	HKT-1	15.05944	13.81882	14.43913	8	2	0.5017	0.46048651	0.952	12.28	3.9
26	HKT-2	14.6149	14.10273	14.358815	8	2	0.5017	0.45792513	0.9531	11.59	4.1
27	HKT-3	12.88574	14.18967	13.537705	8	2	0.5017	0.43173865	0.9521	12.29	3.7

ms= masa seca FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia

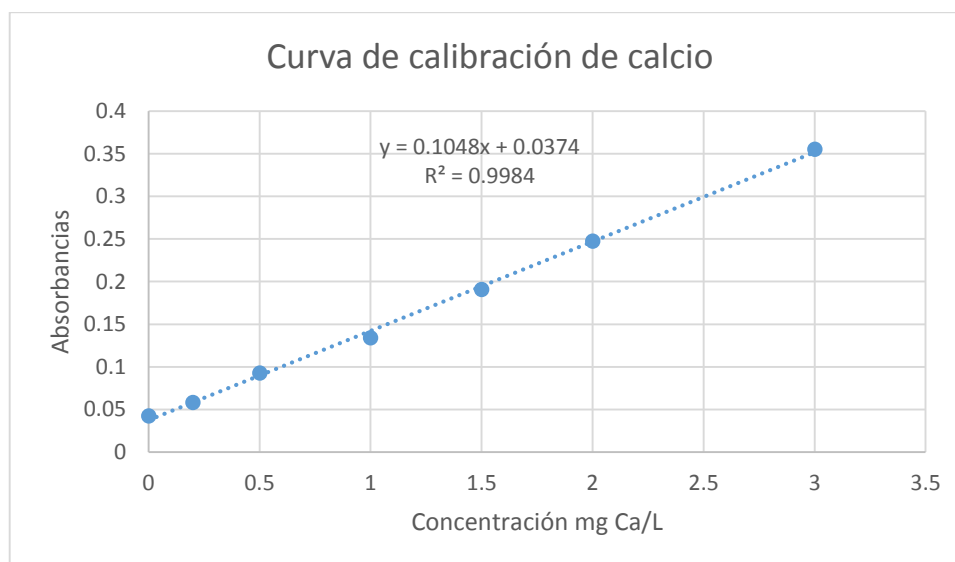


### Anexo 10. Lecturas de absorbancias de estándares de calcio

Fiola	Estándar mg Ca /L	Absorbancias 422.7 nm
Blanco	0.000	0.0422
1	0.200	0.0580
2	0.500	0.0927
3	1.000	0.1342
4	1.500	0.1907
5	2.000	0.2475
6	3.000	0.3553

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 11. Curva de calibración de calcio



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 12. Determinación de calcio de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

Nº	Producto	Abs. nm	Lectura mg Ca/L	masa muestra (g)	FD	Vaforo (mL)	Concentración mg Ca/100 g muestra	FC	Concentración mg Ca/100 g ms
1	GQD-1	0.1906	1.463	1	10	25	36.58	0.879	41.62
2	GQD-2	0.1913	1.469	1	10	25	36.73	0.8789	41.79
3	GQD-3	0.1871	1.429	1.0007	10	25	35.7	0.8778	40.67
4	GQT-1	0.1944	1.498	1.0007	10	25	37.42	0.945	39.6
5	GQT-2	0.1953	1.507	1.0005	10	25	37.66	0.901	41.8
6	GQT-3	0.2013	1.565	1.0003	10	25	39.11	0.8998	43.47
7	HQT-1	0.0863	0.466	1.0007	50	25	58.21	0.8973	64.87
8	HQT-2	0.0822	0.427	1.0041	50	25	53.16	0.8967	59.28
9	HQT-3	0.0805	0.411	1.0002	50	25	51.36	0.8965	57.29
10	GC-1	0.1866	0.607	1.0007	50	25	75.82	0.9004	84.21
11	GC-2	0.1149	0.74	1.0008	50	25	92.43	0.9776	94.55
12	GC-3	0.1207	0.765	1.0004	50	25	95.59	0.972	98.34
13	GCT-1	0.0627	0.241	1.0002	100	25	60.24	0.9456	63.71
14	GCT-2	0.0581	0.197	1.0005	100	25	49.23	0.9457	52.06
15	GCT-3	0.0593	0.208	1.0009	100	25	51.95	0.9447	54.99
16	HCT-1	0.0738	0.348	1.0007	50	25	43.47	0.9728	44.87
17	HCT-2	0.0959	0.559	1.0008	50	25	69.82	0.9723	71.81
18	HCT-3	0.1055	0.65	1.0005	50	25	81.21	0.9726	83.5
19	GK-1	0.0923	0.692	1.0001	50	25	86.49	0.949	91.14
20	GK-2	0.1099	0.692	1.0006	50	25	86.45	0.9494	91.06
21	GK-3	0.1133	0.724	1.0005	50	25	90.45	0.9473	95.48
22	GKT-1	0.1197	0.786	1.0006	50	25	98.19	0.9431	104.11
23	GKT-2	0.1277	0.865	1.0006	50	25	108.06	0.9429	114.6
24	GKT-3	0.129	0.874	1.0006	50	25	109.18	0.9432	115.75
25	HKT-1	0.0919	0.52	1.0003	50	25	64.98	0.952	68.26
26	HKT-2	0.092	0.521	1.0002	50	25	65.11	0.9531	68.31
27	HKT-3	0.0961	0.56	1.0004	50	25	69.97	0.9521	73.49

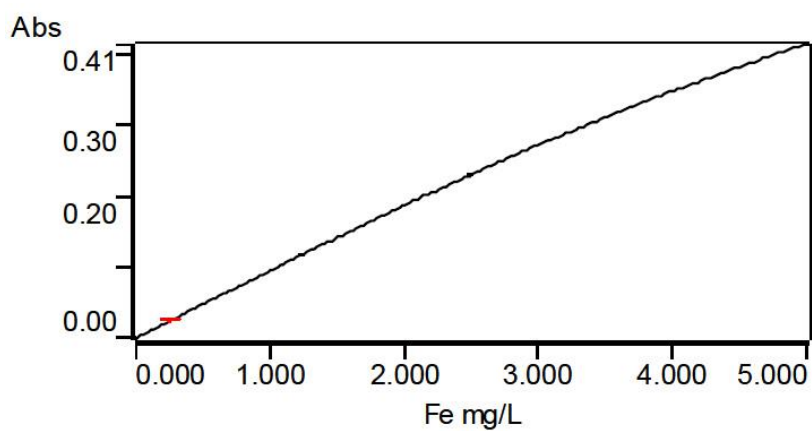
ms= masa seca. FD=Factor de Dilución. FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia

### Anexo 13. Lecturas de absorbancias de estándares de hierro

Fiola	Estandar mg Fe /L	Absorbancias 248.3 nm
BLANCO	0.000	0
1	1.250	0.1175
2	2.500	0.2299
3	5.000	0.4126

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 14. Curva de calibración de hierro



Fuente: Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría UNSAAC (2017)

$$\text{Conc} = \frac{A}{(-0.10033 \times A \times A + 0.01372 \times A + 0.09396)}$$

### Anexo 15. Determinación de hierro de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

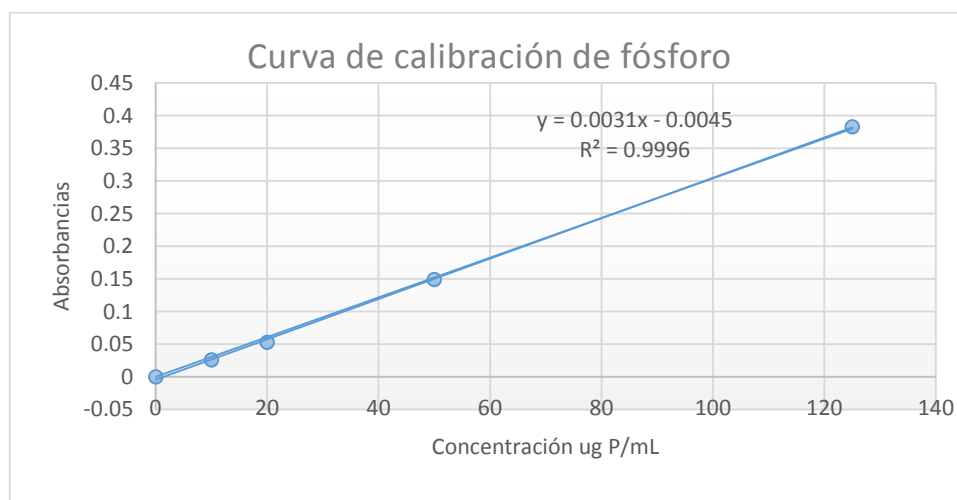
Nº	Producto	Abs. nm	Lectura mg Fe/L	masa muestra (g)	Vaforo (mL)	Concentración mg Fe/100 g muestra	FC	Concentración mg Fe/100 g ms
1	GQD-1	0.0244	0.259	1	100	2.59	0.879	2.95
2	GQD-2	0.022	0.234	1	100	2.34	0.8789	2.66
3	GQD-3	0.0206	0.218	1	100	2.18	0.8778	2.48
4	GQT-1	0.027	0.286	1	100	2.86	0.945	2.93
5	GQT-2	0.0262	0.278	1	100	2.78	0.901	2.84
6	GQT-3	0.0228	0.242	1	100	2.42	0.8998	2.49
7	HQT-1	0.0295	0.313	1	100	3.13	0.8973	3.3
8	HQT-2	0.0296	0.314	1	100	3.14	0.8967	3.31
9	HQT-3			1	100			
10	GC-1	0.207	2.238	1	100	22.38	0.9004	24.86
11	GC-2	0.2142	2.321	1	100	23.21	0.9776	25.76
12	GC-3	0.1942	2.092	1	100	20.29	0.972	23.25
13	GCT-1	0.0667	0.707	1	100	7.07	0.9456	7.48
14	GCT-2	0.0853	0.904	1	100	9.04	0.9457	9.56
15	GCT-3	0.0964	1.022	1	100	10.22	0.9447	10.82
16	HCT-1	0.1831	1.966	1	100	19.66	0.9728	20.85
17	HCT-2	0.1789	1.919	1	100	19.19	0.9723	20.35
18	HCT-3	0.1859	1.998	1	100	19.98	0.9726	21.18
19	GK-1	0.0287	0.305	1	100	3.05	0.949	3.4
20	GK-2	0.039	0.36	1	100	3.60	0.9494	4.01
21	GK-3	0.0332	0.352	1	100	3.52	0.9473	3.93
22	GKT-1	0.04	0.424	1	100	4.24	0.9431	4.36
23	GKT-2	0.0311	0.33	1	100	3.30	0.9429	3.39
24	GKT-3	0.03	0.319	1	100	3.19	0.9432	3.28
25	HKT-1	0.0293	0.311	1	100	3.11	0.952	3.27
26	HKT-2	0.0293	0.311	1	100	3.11	0.9531	3.26
27	HKT-3			1	100			

ms= masa seca. FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia

**Anexo 16. Lecturas de absorbancias de estándares de fósforo**

Tubo	Concentración ug P/mL	Absorbancias 660 nm
Blanco	0	0.000
1	10	0.026
2	20	0.053
3	50	0.149
4	125	0.383

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 17. Curva de calibración de fósforo**

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 18. Blanco y estándares para la curva de calibración de fósforo**

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 19. Determinación de fósforo de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

Nº	Producto	Abs. nm	Lectura µg P/mL	masa muestra (g)	Vaforo (mL)	Concentración mg P/100 g muestra	FC	Concentración mg P/100 g ms
1	GQD-1	0.145	48.225806	1.0075	50	239.33	0.879	272.28
2	GQD-2	0.135	15	1.0027	50	224.39	0.8789	255.31
3	GQD-3	0.138	45.967742	1.0047	50	228.76	0.8778	260.61
4	GQT-1	0.185	61.129032	1.001	50	305.34	0.9774	312.4
5	GQT-2	0.171	56.612903	1.002	50	282.50	0.9776	288.97
6	GQT-3	0.177	58.548387	1.0012	50	292.39	0.972	300.81
7	HQT-1	0.141	46.935484	1.0036	50	233.84	0.949	246.4
8	HQT-2	0.145	48.225806	1.0014	50	240.79	0.9494	253.63
9	HQT-3	0.145	48.225806	1.0005	50	241.01	0.9473	254.42
10	GC-1	0.184	60.806452	1.0003	50	303.94	0.9004	337.56
11	GC-2	0.180	59.516129	1.0026	50	296.81	0.901	329.42
12	GC-3	0.179	59.193548	1.002	50	295.38	0.8998	328.27
13	GCT-1	0.236	77.580645	1.0015	50	387.32	0.9456	409.6
14	GCT-2	0.222	73.064516	1.0005	50	365.14	0.9457	386.11
15	GCT-3	0.199	65.645161	1.0014	50	327.77	0.9447	346.95
16	HCT-1	0.150	49.83871	1.0011	50	248.92	0.9431	263.94
17	HCT-2	0.140	46.612903	1.0014	50	232.74	0.9429	246.83
18	HCT-3	0.146	48.548387	1.0021	50	242.23	0.9432	256.82
19	GK-1	0.15	49.83871	1.0000	50	249.19	0.8973	277.71
20	GK-2	0.149	49.516129	1.0005	50	247.46	0.8967	275.96
21	GK-3	0.15	49.83871	1.003	50	248.45	0.8965	277.13
22	GKT-1	0.150	49.83871	1.0013	50	248.87	0.9728	255.83
23	GKT-2	0.146	48.548387	1.0029	50	242.04	0.9723	248.94
24	GKT-3	0.152	50.483871	1.0015	50	252.04	0.9726	259.14
25	HKT-1	0.149	49.516129	1.0023	50	247.01	0.952	259.47
26	HKT-2	0.145	48.225806	1.0016	50	240.74	0.9531	252.59
27	HKT-3	0.150	49.83871	1.0021	50	248.67	0.9521	261.18

ms= masa seca FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia

## Anexo 20. Muestras para la determinación de fósforo



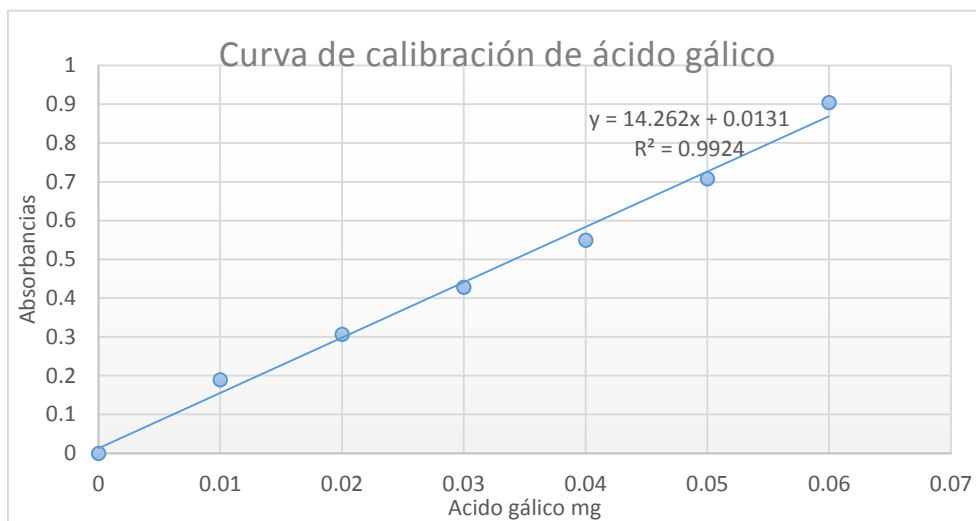
Fuente: Elaboración propia

## Anexo 21. Lecturas de absorbancias de Acido Gálico

Tubo	Acido gálico (mg)	Absorbancias 760 nm
Blanco	0.00	0.0000
1	0.01	0.1898
2	0.02	0.3067
3	0.03	0.4279
4	0.04	0.5494
5	0.05	0.7081
6	0.06	0.9047

Fuente: Elaboración propia



**Anexo 22. Curva de calibración de Acido Gálico**

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 23. Determinación de PT de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

Nº	Producto	Abs. nm	Lectura mg AG/100 g muestra	masa muestra (g)	Vaforo (mL)	FD	PT mg AG/100 g muestra	FC	PT mg AG/100 g ms
1	GQD-1	0.723	0.0498	5.0001	25	4	99.59	0.879	113.3
2	GQD-2	0.7255	0.05	5.0001	25	4	99.99	0.8789	113.77
3	GQD-3	0.7543	0.052	5.0001	25	4	103.99	0.8778	118.47
4	GQT-1	0.6537	0.0449	5.0003	25	6	134.69	0.9774	137.8
5	GQT-2	0.6795	0.0467	5.0003	25	6	140.09	0.9776	143.3
6	GQT-3	0.6631	0.0456	5.0003	25	6	136.79	0.972	140.73
7	HQT-1	0.4078	0.0277	5.0003	25	6	83.1	0.949	87.57
8	HQT-2	0.4027	0.0273	5.0003	25	6	81.9	0.9494	86.27
9	HQT-3	0.4039	0.0274	5.0003	25	6	81.3	0.9473	85.82
10	GC-1	0.7421	0.0511	2.5001	25	4	204.39	0.9004	227
11	GC-2	0.7562	0.0521	2.5001	25	4	208.39	0.901	231.29
12	GC-3	0.7585	0.0523	2.5001	25	4	209.19	0.8998	232.48
13	GCT-1	0.7797	0.0538	2.5004	25	6	322.75	0.9456	341.32
14	GCT-2	0.7875	0.0543	2.5004	25	6	325.75	0.9457	344.45
15	GCT-3	0.7868	0.0542	2.5004	25	6	325.15	0.9447	344.18
16	HCT-1	0.5399	0.0369	2.5000	25	6	221.4	0.9431	234.76
17	HCT-2	0.5365	0.0367	2.5000	25	6	220.2	0.9429	233.53
18	HCT-3	0.5493	0.0376	2.5000	25	6	225.6	0.9432	239.19
19	GK-1	0.4421	0.0301	5.0001	25	1	30.1	0.8973	33.55
20	GK-2	0.4435	0.0302	5.0001	25	1	30.2	0.8967	33.68
21	GK-3	0.4317	0.0294	5.0001	25	1	29.4	0.8965	32.79
22	GKT-1	0.555	0.038	5.0001	25	1	37.99	0.9728	39.05
23	GKT-2	0.5862	0.0402	5.0001	25	1	40.2	0.9723	41.35
24	GKT-3	0.5669	0.0388	5.0001	25	1	38.8	0.9726	39.89
25	HKT-1	1.0491	0.0726	5.0002	25	1	72.6	0.952	76.26
26	HKT-2	1.0461	0.0724	5.0002	25	1	72.4	0.9531	75.96
27	HKT-3	1.0451	0.0724	5.0002	25	1	72.4	0.9521	76.04

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 24. Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de los productos de quinua

Tubo	GRANO DE QUINUA DESAPONIFICADA (GDQ)					GRANO DE QUINUA TOSTADA (GQT)					HARINA DE QUINUA TOSTADA (HQT)				
	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Absorb. 515 nm	% de inhibicion	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Absorb. 515 nm	% de inhibicion	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Absorb. 515 nm	% de inhibicion
Control	0	2000	1000	0.349	0.00	0	2000	1000	0.350	0.00	0	2000	1000	0.330	0.00
1	200	1800	1000	0.276	20.92	40	1960	1000	0.308	12.00	220	1780	1000	0.215	34.85
2	240	1760	1000	0.25	28.37	80	1920	1000	0.294	16.00	260	1740	1000	0.220	33.33
3	280	1720	1000	0.245	29.80	120	1880	1000	0.297	15.14	300	1700	1000	0.209	36.67
4	320	1680	1000	0.236	32.38	160	1840	1000	0.258	26.29	340	1660	1000	0.205	37.88
5	360	1640	1000	0.223	36.10	200	1800	1000	0.246	29.71	380	1620	1000	0.192	41.82
6	400	1600	1000	0.211	39.54	240	1780	1000	0.233	33.43	420	1580	1000	0.169	48.79
7	440	1560	1000	0.212	39.26	280	1720	1000	0.218	37.71	460	1540	1000	0.162	50.91
8	480	1520	1000	0.192	44.99	320	1680	1000	0.210	40.00	500	1500	1000	0.170	48.48
9	520	1480	1000	0.186	46.70	360	1640	1000	0.200	42.86	540	1460	1000	0.137	58.48
10	560	1440	1000	0.179	48.71	400	1600	1000	0.180	48.57	580	1420	1000	0.145	56.06
11	600	1400	1000	0.162	53.58	440	1560	1000	0.169	51.71	620	1380	1000	0.135	59.09
12	640	1360	1000	0.15	57.02	480	1520	1000	0.160	54.29	660	1340	1000	0.121	63.33
13	680	1320	1000	0.152	56.02	520	1480	1000	0.146	58.59	700	1300	1000	0.118	64.24
14	720	1280	1000	0.14	59.88	560	1440	1000	0.136	61.14	740	1260	1000	0.114	65.45
15	760	1240	1000	0.126	63.89	600	1400	1000	0.124	64.57	780	1220	1000	0.099	70.00

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 25. Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de los productos de cañihua.**

Tubo	GRANO DE CAÑIHUA (GC)					GRANO DE CAÑIHUA TOSTADA (GCT)					HARINA DE CAÑIHUA TOSTADA (HCT)				
	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Absorb. 515 nm	% de inhibicion	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Absorb. 515 nm	% de inhibicion	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Absorb. 515 nm	% de inhibicion
CONTROL	0	2000	1000	0.349	0.00	0	2000	1000	0.349	0.00	0	2000	1000	0.330	0.00
1	100	1900	1000	0.198	43.27	10	1990	1000	0.324	7.16	40	1960	1000	0.230	30.30
2	110	1890	1000	0.183	47.56	20	1980	1000	0.275	21.20	50	1950	1000	0.191	42.12
3	120	1880	1000	0.165	52.72	30	1970	1000	0.247	29.22	60	1940	1000	0.185	43.94
4	130	1870	1000	0.140	59.88	40	1960	1000	0.220	36.96	70	1930	1000	0.172	47.88
5	140	1860	1000	0.156	55.30	50	1950	1000	0.209	40.11	80	1920	1000	0.135	59.10
6	150	1850	1000	0.153	56.16	60	1940	1000	0.178	48.99	90	1910	1000	0.147	57.58
7	160	1840	1000	0.141	59.60	70	1930	1000	0.176	49.57	100	1900	1000	0.141	57.27
8	170	1830	1000	0.135	61.32	80	1920	1000	0.165	52.72	110	1890	1000	0.130	60.61
9	180	1820	1000	0.126	63.90	90	1910	1000	0.144	58.74	120	1880	1000	0.122	63.03
10	190	1810	1000	0.117	66.48	100	1900	1000	0.141	59.60	130	1870	1000	0.119	69.94
11	200	1800	1000	0.105	69.91	110	1890	1000	0.112	67.90	140	1860	1000	0.117	64.55
12	210	1790	1000	0.093	73.35	120	1880	1000	0.110	68.48	150	1850	1000	0.078	76.36
13	220	1780	1000	0.092	73.64	130	1870	1000	0.107	69.34	160	1840	1000	0.098	70.30
14	230	1770	1000	0.089	74.50	140	1860	1000	0.090	71.63	170	1830	1000	0.075	77.27
15	240	1760	1000	0.076	78.22	150	1850	1000	0.081	76.70	180	1820	1000	0.069	79.09

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 26. Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de los productos de kiwicha**

Tubo	GRANO DE KIWICHA (GK)					GRANO DE KIWICHA TOSTADA (GKT)					HARINA DE KIWICHA TOSTADA (HKT)				
	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Abs. 516 nm	% de inhibición	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Abs. 516 nm	% de inhibición	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Abs. 516 nm	% de inhibición
CONTROL	0	2000	1000	0.333	0	0	2000	1000	0.333	0.00	0	2000	1000	0.333	0.00
1	140	1860	1000	0.267	19.82	150	1850	1000	0.164	50.75	150	1850	1000	0.164	50.75
2	160	1840	1000	0.252	24.32	160	1840	1000	0.155	53.45	160	1840	1000	0.155	53.45
3	180	1820	1000	0.244	26.73	170	1830	1000	0.134	59.76	170	1830	1000	0.134	59.76
4	200	1800	1000	0.233	30.03	180	1820	1000	0.142	57.34	180	1820	1000	0.142	57.34
5	220	1780	1000	0.224	32.73	190	1810	1000	0.134	59.76	190	1810	1000	0.134	59.76
6	240	1760	1000	0.216	35.14	200	1800	1000	0.148	55.56	200	1800	1000	0.148	55.56
7	260	1740	1000	0.204	38.74	210	1790	1000	0.130	60.96	210	1790	1000	0.130	60.96
8	280	1720	1000	0.193	42.04	220	1780	1000	0.113	66.01	220	1780	1000	0.113	66.01
9	300	1700	1000	0.198	40.54	230	1770	1000	0.118	64.56	230	1770	1000	0.118	64.56
10	320	1680	1000	0.185	44.44	240	1760	1000	0.108	67.56	240	1760	1000	0.108	67.56
11	340	1660	1000	0.170	48.95	250	1750	1000	0.074	77.77	250	1750	1000	0.074	77.77
12	360	1640	1000	0.167	49.85	260	1740	1000	0.080	75.98	260	1740	1000	0.080	75.98
13	380	1620	1000	0.154	53.75	270	1730	1000	0.067	79.88	270	1730	1000	0.067	79.88
14	400	1600	1000	0.151	54.65	280	1720	1000	0.079	76.28	280	1720	1000	0.079	76.28
15	420	1580	1000	0.130	60.96	290	1710	1000	0.080	75.98	290	1710	1000	0.080	75.98

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 27. Muestras de la determinación del porcentaje de inhibición al 50%

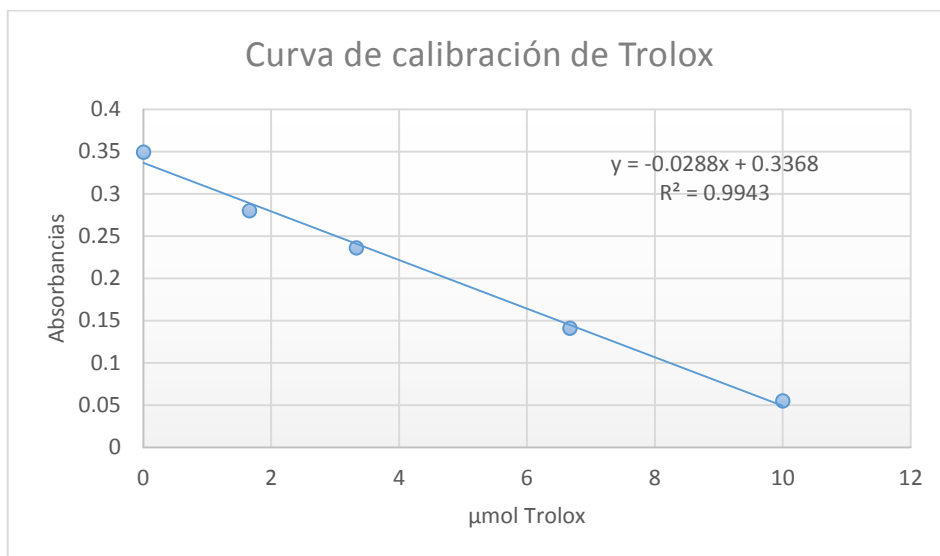


Fuente: Elaboración propia

### Anexo 28. Lecturas de absorbancias de la solución de Trolox

<b>Tubo</b>	<b>TROLOX (<math>\mu\text{mol}</math>)</b>	<b>Absorbancia a 518 nm</b>
Blanco	0	0.00
Control	0	0.349
1	1.66	0.28
2	3.33	0.236
3	6.67	0.141
4	10	0.055

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 29. Curva de calibración de Trolox**

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 30. Pruebas preliminares para la determinación del volumen del extracto de cada producto de quinua, cañihua y kiwicha**

Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM (uL)	Abs. 518 nm				GQD		
				1°	2°	3°	Promedio	Control	% de inhibición	
Control	0	2000	1000					0.325	0.00	
1	480	1520	1000	0.190	0.192	0.17	0.184		43.38	
2	520	1480	1000	0.184	0.17	0.17	0.175		46.15	
3	560	1440	1000	0.166	0.166	0.158	0.163		49.85	
4	600	1400	1000	0.157	0.145	0.151	0.151		53.54	
5	640	1360	1000	0.152	0.144	0.144	0.147		54.77	
Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Abs. 518 nm				GQT		
				1°	2°	3°	Promedio	Control	% de inhibición	
Control	0	2000	1000					0.341	0.00	
1	400	1600	1000	0.172	0.172	0.17	0.171		49.85	
2	410	1590	1000	0.169	0.168	0.168	0.168		50.73	
3	420	1580	1000	0.167	0.166	0.164	0.166		51.32	
4	430	1570	1000	0.165	0.165	0.164	0.165		51.61	
5	440	1560	1000	0.163	0.164	0.163	0.163		52.20	
Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Abs. 518 nm				HQT		
				1°	2°	3°	Promedio	Control	% de inhibición	
Control	0	2000	1000					0.349	0.00	
1	380	1620	1000	0.217	0.217	0.214	0.216		38.11	
2	420	1580	1000	0.213	0.213	0.215	0.214		38.68	
3	460	1540	1000	0.201	0.202	0.202	0.202		42.12	
4	500	1500	1000	0.184	0.182	0.182	0.183		47.56	
5	540	1460	1000	0.177	0.177	0.174	0.176		49.57	
Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM uL	Abs. 518 nm				GC		
				1°	2°	3°	Promedio	Control	% de inhibición	
Control	0	2000	1000					0.349	0.00	
1	90	1910	1000	0.183	0.181	0.180	0.181		48.13	
2	100	1900	1000	0.178	0.175	0.174	0.176		49.57	
3	110	1890	1000	0.172	0.171	0.168	0.170		51.29	
4	120	1880	1000	0.164	0.165	0.170	0.166		52.44	
5	130	1870	1000	0.155	0.152	0.153	0.153		56.16	



Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM (uL)	Abs.518 nm			GCT		% de inhibición
				1°	2°	3°	Promedio	Control	
Control	0	2000	1000					0.341	0.00
1	50	1950	1000	0.169	0.165	0.171	0.168		50.73
2	60	1940	1000	0.155	0.148	0.150	0.151		55.72
3	70	1930	1000	0.134	0.132	0.134	0.133		61.00
4	80	1920	1000	0.120	0.113	0.120	0.118		63.40
5	90	1910	1000	0.110	0.106	0.111	0.109		68.04
Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM (uL)	Abs. 518 nm			HCT		% de inhibición
				1°	2°	3°	Promedio	Control	
Control	0	2000	1000					0.376	0.00
1	70	1930	1000	0.223	0.221	0.22	0.221		41.22
2	80	1920	1000	0.216	0.215	0.212	0.214		43.09
3	90	1910	1000	0.203	0.203	0.201	0.202		46.28
4	100	1900	1000	0.192	0.19	0.187	0.19		49.47
5	110	1890	1000	0.187	0.19	0.185	0.187		50.27
Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM (uL)	Abs. 518 nm			GK		% de inhibición
				1°	2°	3°	Promedio	Control	
Control	0	2000	1000					0.349	0.00
1	320	1680	1000	0.213	0.209	0.206	0.209		40.11
2	340	1660	1000	0.212	0.193	0.192	0.199		42.98
3	360	1640	1000	0.187	0.185	0.177	0.183		47.56
4	380	1620	1000	0.180	0.175	0.168	0.174		50.14
5	400	1600	1000	0.174	0.174	0.164	0.171		51
Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM (uL)	Abs.s 518 nm			GKT		% de inhibición
				1°	2°	3°	Promedio	Control	
Control	0	2000	1000					0.325	0.00
1	300	1700	1000	0.215	0.19	0.193	0.199		38.77
2	320	1680	1000	0.177	0.172	0.178	0.176		45.85
3	340	1660	1000	0.176	0.177	0.166	0.173		46.77
4	360	1640	1000	0.164	0.162	0.161	0.162		50.15
5	380	1620	1000	0.152	0.153	0.152	0.152		53.23
Tubo	Extracto ul	Metanol uL	DPPH 0.096 mM (uL)	Abs. 518 nm			HKT		% de inhibición
				1°	2°	3°	Promedio	Control	
Control	0	2000	1000					0.382	0.00
1	150	1850	1000	0.199	0.196	0.195	0.197		48.43
2	160	1840	1000	0.189	0.186	0.182	0.186		51.31
3	170	1830	1000	0.182	0.179	0.179	0.18		52.88
4	180	1820	1000	0.175	0.175	0.172	0.174		54.45
5	190	1810	1000	0.158	0.159	0.159	0.159		58.38

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 31. Determinación de la CA de los productos de quinua, cañihua y kiwicha

Nº	Producto	Abs. nm	Volumen aforo mL	mm (g)	CE umol ET	VC uL	VEL (uL)	VEL (mL)	CAED umol ET	FD	CAE umol ET	CA u mol ET/g muestra	FC	CA µg ET/g ms
1	GQD-1	0.166	25	1	5.930555556	3000	560	0.56	31.77083333	44.64	1418.25	0.79	0.879	224.95
2	GQD-2	0.166	25	1	5.930555556	3000	560	0.56	31.77083333	44.64	1418.25	0.79	0.8789	224.97
3	GQD-3	0.158	25	1	6.208333333	3000	560	0.56	33.25892857	44.64	1484.678571	0.83	0.8778	236.66
4	GQT-1	0.163	25	1	6.034722222	3000	410	0.41	44.15650407	60.98	2692.663618	1.1	0.9774	281.69
5	GQT-2	0.168	25	1	5.861111111	3000	410	0.41	42.88617886	60.98	2615.199187	1.07	0.9776	273.95
6	GQT-3	0.168	25	1	5.861111111	3000	410	0.41	42.88617886	60.98	2615.199187	1.07	0.972	275.52
7	HQT-1	0.177	25	1	5.548611111	3000	540	0.54	30.82561728	46.3	1427.22608	0.77	0.949	203.08
8	HQT-2	0.177	25	1	5.548611111	3000	540	0.54	30.82561728	46.3	1427.22608	0.77	0.9494	202.99
9	HQT-3	0.174	25	1	5.652777778	3000	540	0.54	31.40432099	46.3	1454.020062	0.79	0.9473	208.73
10	GC-1	0.178	25	1	5.513888889	3000	100	0.1	165.4166667	250	41354.16667	4.14	0.9004	1150.82
11	GC-2	0.175	25	1	5.618055556	3000	100	0.1	168.5416667	250	42135.41667	4.21	0.901	1169.5
12	GC-3	0.174	25	1	5.652777778	3000	100	0.1	169.5833333	250	42395.83333	4.24	0.8998	1179.41
13	GCT-1	0.169	25	1	5.826388889	3000	50	0.05	349.5833333	250	87395.83333	4.37	0.9456	1156.69
14	GCT-2	0.165	25	1	5.965277778	3000	50	0.05	357.9166667	250	89479.16667	4.47	0.9457	1183.04
15	GCT-3	0.171	25	1	5.756944444	3000	50	0.05	345.4166667	250	86354.16667	4.32	0.9447	1144.54
16	HCT-1	0.187	25	1	5.201388889	3000	110	0.11	141.8560606	227.27	32239.62689	3.55	0.9431	942.14
17	HCT-2	0.19	25	1	5.097222222	3000	110	0.11	139.0151515	227.27	31593.97348	3.48	0.9429	923.76
18	HCT-3	0.185	25	1	5.270833333	3000	110	0.11	143.75	227.27	32670.0625	3.59	0.9432	952.65
19	GK-1	0.18	25	2.5	5.444444444	3000	380	0.38	42.98245614	65.79	2827.815789	0.43	0.8973	119.94
20	GK-2	0.175	25	2.5	5.618055556	3000	380	0.38	44.35307018	65.79	2917.988487	0.44	0.8967	122.82
21	GK-3	0.168	25	2.5	5.861111111	3000	380	0.38	46.27192982	65.79	3044.230263	0.46	0.8965	128.42
22	GKT-1	0.164	25	2.5	6	3000	360	0.36	50	69.44	3472	0.5	0.9728	128.65
23	GKT-2	0.162	25	2.5	6.069444444	3000	360	0.36	50.5787037	69.44	3512.185185	0.51	0.9723	131.29
24	GKT-3	0.161	25	2.5	6.104166667	3000	360	0.36	50.86805556	69.44	3532.277778	0.51	0.9726	131.25
25	HKT-1	0.189	25	2.5	5.131944444	3000	160	0.16	96.22395833	156.25	15034.99349	0.96	0.952	252.39
26	HKT-2	0.186	25	2.5	5.236111111	3000	160	0.16	98.17708333	156.25	15340.16927	0.98	0.9531	257.35
27	HKT-3	0.182	25	2.5	5.375	3000	160	0.16	100.78125	156.25	15747.07031	1.01	0.9521	265.51

ms=masa seca; FC=Factor de Conversión. Fuente: Elaboración propia

### Anexo 32. Máquinas utilizadas en la obtención de harinas tostadas

1. **Tostador.-** Para granos en general, cuenta con un motor y un quemador. Las características se muestran a continuación:

Marca	Kuti
Capacidad tolva	165 kg
Capacidad	65 kg/hr
Tiempo de tostado por batch	20-40 min
Temperatura de tostado	80-120 °C



Fuente: Cusco Mara Eirl (2016).

2. **Molino de martillo.-** Para molienda en general, cuenta con mayas intercambiables de acuerdo a la finura que se desee que tenga la harina.

Marca	-
Capacidad tolva	95 kg
Capacidad	75 kg/hr
Tiempo de molido por batch	30-60 min



Fuente: Cusco Mara Eirl (2016).

3. **Cernidora.-** La máquina cuenta con sistema de doble motor, uno para controlar el sentido de giro y otro para regular la velocidad. Clasifica la harina, de acuerdo a su finura, en:

Sus características se muestran a continuación:

Marca	Kuti
Capacidad tolva	110 kg
Capacidad	150 kg/hr
Tiempo de cernido por batch	20-30 min



Fuente: Cusco Mara Eirl (2016).