

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE FITATOS, POLIFENOLES Y  
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa*  
Willd. ) CRUDA Y PROCESADA. VARIEDAD SALCEDO INIA”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. DHALY FLOR DE LA RIVA TAPIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2010**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE FITATOS, POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd. ) CRUDA Y PROCESADA. VARIEDAD SALCEDO INIA

**TESIS**

PRESENTADO POR:

**Dhaly Flor De La Riva Tapia**

PARA OPTAR EL TITULO DE: INGENIERO AGROINDUSTRIAL  
 APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE** :.....  
 Ing. M.Sc. LIZANDRO FERNÁNDEZ CASTRO

**PRIMER MIEMBRO** :.....  
 Ing. EDGAR GALLEGOS ROJAS

**SEGUNDO MIEMBRO** :.....  
 Ing. THOMAS ANCCO VIZCARRA

**DIRECTOR DE TESIS** :.....  
 Ing. M.Sc. GENNY LUNA MERCADO

**ASESOR DE TESIS** :.....  
 Ing. MARTIN CHOQUE YUCRA

PUNO - PERÚ

2010

Área: Ingeniería y tecnología  
 Tema: Propiedades físicas y estructurales

## DEDICATORIA



*A Dios, por la oportunidad de mejorar cada día y saber encontrarlo en los seres de esta vida.*

*A mis padres, en especial a mi mamá Flora por su empeño y dedicación en la formación mía y la de mis hermanos.*

## AGRADECIMIENTO

- *Un sincero y especial agradecimiento a la Ing. M.Sc. Rosario Bravo Portocarrero , por su apoyo en la ejecución y financiamiento del presente trabajo a través del Proyecto NUS IFAD*
- *A la Ing. M.Sc. Genny Luna Mercado por su apoyo y orientación durante el desarrollo de la presente investigación.*
- *Al Ing. Martín Choque Yucra por su apoyo en la ejecución de la investigación*
- *Mi agradecimiento también va dirigido a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, que durante mi formación académica impartieron sus enseñanzas y experiencias.*
- *A mis amigos de estudios con los que compartimos diferentes experiencias imborrables como parte de nuestra juventud.*
- *A todas las personas que de alguna manera estuvieron involucradas durante el desarrollo de la presente investigación, ustedes saben bien quienes son y lo que hicieron por mí, con sinceridad gracias.*

## ÍNDICE GENERAL

	Pag.
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE CUADROS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 La Quinoa.....	3
2.1.1 Origen e historia.....	3
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	4
2.1.3 Morfología.....	4
2.1.4 Variedades.....	5
2.1.4.1 Variedad Salcedo INIA.....	6
2.1.5 Composición y valor nutritivo.....	7
2.1.5.1 Proteínas.....	7
2.1.5.2 Grasa.....	8
2.1.5.3 Carbohidratos.....	9
2.1.5.4 Fibra Cruda.....	10
2.1.5.5 Minerales.....	10
2.1.5.6 Antinutrientes: saponinas.....	10
2.1.5.7 Grado de Gelatinización.....	11
2.2 Alimentos funcionales.....	12
2.2.1 Clasificación.....	12
2.3 Antioxidantes.....	15
2.3.1 Antioxidantes sintéticos.....	16
2.3.2 Antioxidantes naturales.....	16
2.3.3 Radicales libres y antioxidantes.....	18
2.3.4 Capacidad Antioxidante.....	20
2.3.4.1 Metodología para el análisis de la capacidad antioxidante.....	22
2.4 Efecto de algunos tratamientos sobre los compuestos antioxidantes.....	24

2.5 Polifenoles.....	26
2.5.1 Estructura química y clasificación.....	30
2.5.2 Función antioxidante.....	32
2.5.3 Acciones farmacológicas.....	33
2.5.4 Metodología para el análisis de compuestos fenólicos.....	33
2.6 Fitatos.....	34
2.6.1 Estructura química.....	35
2.6.2 Función antioxidante.....	39
2.6.1 Efectos farmacológicos del ácido fítico.....	40
2.6.2 Metodología para el análisis de fitatos.....	41
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1 Lugar de ejecución.....	42
3.2 Materiales.....	42
3.2.1 Materia prima.....	42
3.2.2 Equipos.....	42
3.2.3 Materiales.....	42
3.2.4 Reactivos.....	43
3.3 Métodos de análisis.....	43
3.3.1 Composición proximal.....	44
3.3.2 Polifenoles.....	45
3.3.3 Capacidad antioxidante.....	46
3.3.4 Fitatos.....	47
3.4 Metodología.....	48
3.5 Diseño experimental y análisis estadístico.....	50
3.6 Modelo matemático.....	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	53
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES.....	72
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	78

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
<b>Cuadro N° 1.</b> Detalles Morfológicos de la planta de quinua.....	5
<b>Cuadro N° 2.</b> Distribución de las diferentes variedades de quinua.....	6
<b>Cuadro N° 3.</b> Composición química de la quinua variedad Salcedo INIA.....	7
<b>Cuadro N° 4.</b> Composición general de la semilla de quinua (desaponizada).....	7
<b>Cuadro N° 5.</b> Contenido de aminoácidos (g/100g) de quinua, otros granos y la leche de vaca...8	8
<b>Cuadro N° 6.</b> Contenido de amilosa y amilopectina para dos variedades de quinua.....	9
<b>Cuadro N° 7.</b> Composición química de la quinua en 100 gramos de porción comestible.....	11
<b>Cuadro N° 8.</b> Capacidad antioxidante de algunos alimentos en base húmeda obtenidos por la metodología DPPH a 515 nm.....	23
<b>Cuadro N° 9.</b> Capacidad antioxidante en el grano de cañihua.....	24
<b>Cuadro N° 10.</b> Contenido de compuestos fenólicos totales (mg. <i>Ácido clorogénico</i> /100 g ms) en algunos vegetales.....	27
<b>Cuadro N° 11.</b> Contenido de compuestos fenolicos totales (mg. <i>Ácido gálico</i> /100 g ms) en algunos cereales y vegetales.....	28
<b>Cuadro N° 12.</b> Contenido de fenólicos totales (mg. Ac. Clorogénico/100g, bh) de algunos vegetales y frutas.....	29
<b>Cuadro N° 13.</b> Contenido de polifenoles totales en el grano de cañihua.....	29
<b>Cuadro N° 14.</b> Contenido de ácido fítico en algunos alimentos.....	37
<b>Cuadro N° 15.</b> Contenido de fitatos en el grano de cañihua.....	38
<b>Cuadro N° 16.</b> Composición química del grano de quinua crudo desaponificado Variedad Salcedo INIA.....	53
<b>Cuadro N° 17.</b> Contenido de Polifenoles de la quinua del grano de quinua crudo desaponificado.....	55
<b>Cuadro N° 18.</b> Capacidad antioxidante del grano de quinua crudo desaponificado.....	58
<b>Cuadro N° 19.</b> Contenido de fitatos del grano de quinua crudo desaponificado.....	60
<b>Cuadro N° 20.</b> Composición proximal de la quinua procesada.....	61
<b>Cuadro N° 21.</b> Grado de gelatinización del almidón de la quinua, variedad Salcedo INIA.....	62
<b>Cuadro N° 22.</b> Contenido de Polifenoles de la quinua procesada.....	63
<b>Cuadro N° 23.</b> Capacidad antioxidante de la quinua procesada.....	66
<b>Cuadro N° 24.</b> Contenido de fitatos de la quinua procesada.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura N° 1.</b> Partes de la Quinua.....	5
<b>Figura N° 2.</b> Radical estable DPPH.....	22
<b>Figura N° 3.</b> Núcleo básico de un flavonoide.....	31
<b>Figura N° 4.</b> Compuestos polifenólicos en alimentos.....	31
<b>Figura N° 5.</b> Estructura del fitato o ácido myo-inositol 1,2,3,4,5,6- hexakis(dihidrogenofosfato) (IUPAC, 1968).....	34
<b>Figura N° 6.</b> Interacciones del ácido fítico con proteínas y minerales.....	36
<b>Figura N° 7.</b> Preparación de las muestras de quinua.....	48
<b>Figura N° 8.</b> Diseño Experimental.....	52
<b>Figura N° 9.</b> Composición proximal de la quinua cruda desaponificada, sometida a cocción húmeda y a tostado-cocción (%bs).....	62
<b>Figura N° 10.</b> Polifenoles totales expresados en ácido clorogénico para la quinua sin proceso, en cocción húmeda y tostado-cocción.....	64
<b>Figura N° 11.</b> Capacidad antioxidante (CA) para la muestra de Quinua sin proceso, en cocción húmeda y tostado-cocción.....	66
<b>Figura N° 12.</b> Muestras de quinua de la variedad Salcedo INIA con capacidad antioxidante correlacionándolos con su contenido de polifenoles.....	68
<b>Figura N° 13.</b> Contenido de ácido fítico de la quinua cruda desaponificada, sometida a cocción húmeda y a tostado-cocción.....	69

## RESUMEN

La “Comparación del contenido de fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cruda y procesada, variedad salcedo INIA” se llevó a cabo en la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, tuvo como objetivos, determinar las propiedades químicas, el contenido de polifenoles, fitatos y capacidad antioxidante del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), crudo y procesado. Para lo cual el grano de quinua fue sometido a un acondicionamiento antes de la determinación de dichas propiedades químicas, que consistió en las operaciones de selección (eliminación de impurezas), desaponificado, y secado, obteniéndose el grano de quinua crudo desaponificado, seguidamente se realizó dos tratamientos térmicos: el proceso de cocción húmeda y el de tostado-cocción. El proceso de cocción húmeda se realizó a 86° C a presión atmosférica durante 45 minutos. En el proceso de tostado-cocción, se realizó un tostado a 120 °C a presión atmosférica durante 2 minutos, luego se sometió a cocción húmeda en condiciones del primer proceso. Para la quinua cruda desaponificada y procesada (cocción húmeda y tostado-cocción) se efectuaron los análisis de composición química, capacidad antioxidante, contenido de polifenoles y fitatos. El método utilizado para analizar la capacidad antioxidante es el que emplea el radical estable DPPH para medir el efecto antioxidante. Para el análisis de los polifenoles se utilizó el método de Folin-Ciocalteu que cuantifica el contenido de compuestos fenólicos totales como ácido gálico; para la cuantificación de fitatos se halló por el método de complexometría indirecta con Fe (III) cuantificado como porcentaje de ácido fítico. De los análisis realizados, se obtuvo los siguientes resultados: para el grano de quinua cruda desaponificada, proteína 16.34 %, grasa 9.12%, fibra cruda 3.83%, cenizas 2.72%, polifenoles 70,03 mg. ácido gálico/100 g ms (materia seca), capacidad antioxidante 1498.25 µg. Trolox eq. / g ms y fitatos 0.65 %, para la quinua sometida a cocción húmeda, proteína 12.64 %, grasa 7.93%, fibra cruda 3.32%, cenizas 2.37%, polifenoles 47,24 mg. ácido gálico/100 g ms, capacidad antioxidante 1128.34 µg. Trolox eq. / g ms y fitatos 0.44 % para la quinua sometida a tostado cocción: proteína 12.62 %, grasa 7.63%, fibra cruda 3.33%, cenizas 2.37%, polifenoles 53,31 mg. ácido gálico/100 g ms, capacidad antioxidante 1220.50 µg. Trolox eq. / g ms y fitatos 0.35 %. Concluyendo que la composición química del grano de quinua desaponificado, es 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. Los polifenoles se reducen después del proceso de cocción húmeda a 67 % y por el proceso tostado-cocción a 76% en relación al contenido inicial, la reducción es ocasionada por la dilución de los polifenoles en el agua de cocción, sin embargo el tostado favorece la conservación de los polifenoles debido a la reacción de Maillard. La capacidad antioxidante disminuyó a un 75 % por el proceso de cocción húmeda y a 81% por el proceso tostado-cocción respecto al contenido inicial de capacidad antioxidante del grano de quinua desaponificado, la mayor conservación de la capacidad antioxidante y los polifenoles se da por el proceso de tostado-cocción, por lo que la capacidad antioxidante fue altamente correlacionada con el contenido de polifenoles de la quinua. El contenido de fitatos del grano de quinua desaponificado es afectado por los tratamientos térmicos prolongados en agua, solubilizándolos y ocasionando una pérdida de 31% por el proceso de cocción húmeda y de 45 % por el proceso de tostado cocción.



## I. INTRODUCCIÓN

La calidad nutricional de un producto depende tanto de la cantidad como de la calidad de los nutrientes presentes además de sus componentes funcionales, es decir alimentos o ingredientes alimentarios que producen un efecto fisiológico beneficioso con independencia de su valor nutritivo (Monreal-Revuelta *et al.*, 2002), estos alimentos proporcionan protección contra enfermedades, incluyendo el cáncer y enfermedades cardiovasculares causantes de una elevada mortalidad mundial.

Se cree que los antioxidantes son esencialmente importantes para el organismo por la capacidad que tienen de proteger a las macromoléculas biológicas contra el daño oxidativo. Entre los más conocidos figuran los tocoferoles, el ácido ascórbico, los flavonoides, antocianinas, carotenoides, polifenoles y recientemente estudios sobre los fitatos. El fitato es una sustancia de origen natural. Dado que nuestro cuerpo no lo sintetiza, sólo lo podemos obtener mediante la alimentación a través de los cereales, sobre todo integrales, legumbres, frutas secas y semillas. (Grases, *et al.*, 2007).

Actualmente es importante conocer el contenido de compuestos bioactivos como son el contenido de fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de los alimentos ya que estos juegan un papel importante en la prevención y tratamiento de varias enfermedades entre ellas el cancer, además es necesario comparar la conservación de éstos componentes en la quinua antes y después de su procesamiento para evidenciar la mejor forma de tratamiento al que debe ser sometida la quinua y así aprovechar mejor sus componentes bioactivos.

Teniendo en cuenta lo expuesto los objetivos del presente trabajo fueron:

- Determinar las propiedades químicas, el contenido de polifenoles, fitatos y capacidad antioxidante del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), crudo de la variedad Salcedo INIA.

- Determinar las propiedades químicas, el contenido de polifenoles, fitatos y capacidad antioxidante de la quinua, (*Chenopodium quinoa* Willd.), variedad Salcedo INIA, sometida a cocción húmeda.
- Determinar las propiedades químicas el contenido de polifenoles totales, fitatos y capacidad antioxidante de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), variedad Salcedo INIA sometida a tostado-cocción.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 La quinua

#### 2.1.1 Origen e historia

La quinua, es una planta andina que muestra la mayor distribución de formas y diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí – Bolivia y Sicuani (Cusco) – Perú (FAO, 2001).

Existen pocas evidencias arqueológicas, lingüísticas, etnográficas e históricas sobre la quinua. Sin embargo, existen evidencias claras de la distribución de los parientes silvestres, botánicas y citogenéticas, lo que posiblemente demuestra que su domesticación tomó mucho tiempo, hasta conseguir la planta domesticada y cultivada a partir de la silvestre, proceso que probablemente se inició como planta usada principalmente por sus hojas en la alimentación y luego por las semillas. Posteriormente, la especie fue adaptada a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y culturales, haciendo que la planta presente una amplia adaptación desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm. y usos diversos en las diferentes comunidades étnicas de acuerdo a sus necesidades alimentarias (Giusti, 1970).

En el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarco en Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las Islas de Chiloé en Chile. La quinua fue cultivada y utilizada en las civilizaciones prehispánicas, y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población de ese entonces. También fue cultivada por aztecas y mayas en los valles de México, denominando la Huauzontle, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia. Wilson (1976), considera que la quinua se habría originado en el hemisferio norte (México y Estados Unidos), en base a estudios de los *Chenopodium* cultivados. (FAO, 2001).

### 2.1.2 Clasificación taxonómica

Gonzáles (2003) menciona que la quinua es considerada un pseudo-cereal porque pertenece a la familia Chenopodiáceas (familia de las espinacas y la remolacha) y no a la familia de las gramináceas (como el trigo). El género *Chenopodium* es el principal dentro de esta familia y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies y según el sistema descrito por Giusti, (1970), la quinua pertenece a la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Vegetal
Sub reino	: Phanerogamae
División	: Angiospermae
Clase	: Dicotyledoneae
Sub clase	: Archychlamydeae
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiáceae
Género	: <i>Chenopodium</i>
Sección	: Chenopodia
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow.

### 2.1.3 Morfología

La quinua es una planta herbácea. Alcanza una altura que varía entre los 100 cm y 230 cm. La planta puede tener diferentes colores, naranja, rojo vivo, rojo oscuro y verde. Las características se detallan en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N° 1. Detalles Morfológicos de la planta de quinua**

<p><b>RAÍZ.</b> Es pivotante con muchas ramificaciones alcanza una profundidad hasta los 60 cm.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Fig. 1 partes de la quinua</b></p>
<p><b>TALLO.</b> Es cilíndrico a la altura del cuello y angular a partir de las ramificaciones. El número de ramificaciones depende del tipo de entrada y puede variar mucho</p>	
<p><b>HOJAS.</b> Tipo lanceolada, grande en la parte inferior y pequeñas en la parte superior de la planta. Son dentadas, el número de dientes es una característica importante para su clasificación, cubiertas de un polvo fino farináceo.</p>	
<p><b>FLOR.</b> Pequeña y carece de pétalos; puede ser hermafrodita o pistilada. La inflorescencia se da en dos tipos: amarantiforme y glomerulada.</p>	
<p><b>FRUTO.</b> Pequeño aproximadamente de 2 mm de diámetro y 1mm de espesor. El color de la semilla (hito maduro) puede ser amarillo, café, crema, blanco o translúcido</p>	

Fuente: FAO,2001

### 2.1.4 Variedades

La quinua en la actualidad tiene distribución mundial, en América desde Norteamérica y Canadá, hasta en Chiloé en Chile, en Europa. Asia y el África. Existe gran cantidad de variedades y cultivares utilizados comercialmente la producción de quinua con resultados aceptables así como en su adaptación. Entre estas tenemos principalmente del Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina, Colombia, Chile, México, Holanda, Inglaterra y Dinamarca (Cuadro N° 2).

**Cuadro 2. Distribución de las diferentes variedades de quinua**

<b>País</b>	<b>Variedades</b>
Perú	Amarilla Marangani, Kancolla, Blanca de Juli, Cheweca, Witulla, Salcedo-INIA, Quillahuaman-INIA, Camacani I, Camacani II Huariponcho, Chullpi, Roja de Coporaque, Ayacuchana-INIA, Huancayo, Hualhuas. Mantaro. Huacataz, Huacariz, Rosada de Yanamango, Namora
Bolivia	Sajama, Sayafia. Chucapaca, Kamiri, Huaranga, Ratuqui, Samaranti, Robura, Real, Toledo, Pandela, Utusaya. Mariqueña, Señora. Achachino, Limeña.,
Ecuador	INIAP-Tunkahuan, INIAP-Ingapirca INIAP-lmbaya, INIAP-Cochasqui, ECU-420, Másal 389
Argentina	Jujuy cristalina y Jujuy amilacea.
Colombia	Nariño
Chile	Canchones, Faro, Lito, Baer II, Atacara
México	Huatzontle blanco, Huatzontle rojo, Huatzontle amarillo
Holanda	NL-6, Carmen, Atlas
Inglaterra	RU-2 , RU-5
Dinamarca	G-205-95, E-DK-4.

Fuente: FAO, 2001

**2.1.4.1 Variedad Salcedo INIA**

Origen : Cruce de las variedades Real Boliviana con Sajama

Típica : Altiplano

Altitud : 3800 a 3900 msnm

Color de grano : Blanco

Tamaño de grano : 1.8 a 2.0 mm

Contenido de saponina : Bajo

Tolerante : Mildeu y heladas

Periodo vegetativo : 160 días

Rendimiento : 2.5 Tm/Há..

Fuente: MINAG (2004)

**Cuadro N° 3. Composición Química de la quinua variedad Salcedo  
INIA en 100g**

Componentes	% en base húmeda	% en base seca
Humedad	7.94	
Grasas	8.08	8.78
Proteína	14.5	15.75
Cenizas	2.36	2.56
Fibra	3.34	3.61
Carbohidratos	63.80	69.30

Fuente: FAO (1970)

### 2.1.5 Composición y valor nutritivo

En el Cuadro N° 4, se observa los resultados del análisis proximal recopilado por Latinreco (1990) sobre la base del estudio de varios autores, obteniéndose un valor promedio para cada componente nutricional

**Cuadro N° 4. Composición general de la semilla de quinua (desaponizada)**

Contenido	Rango (g/100g)	N° de muestras	Promedio(g/100g)
Humedad	6.20 - 14.09	127	9.61
Grasas	4.26 - 9.50	92	7.16
Proteína	10.83 - 21.86	127	15.72
Cenizas	1.98 - 6.13	73	3.29
Fibra	1.22 - 4.78	69	2.91
Carbohidratos	53.24 - 67.17	69	61.70

Fuente: Latinreco (1990)

#### 2.1.5.1 Proteína

El contenido de proteína de quinua varía entre 2.8 g/100 g de porción comestible en la quinua cocida y 19.5 g/100g en la sémola de quinua, con un promedio ponderado de 12.3 g/100g.

En el Cuadro N° 5 se observa como la quinua supera a los cereales en el contenido de aminoácidos en comparaciones realizadas en base a materia seca.

**Cuadro N° 5. Contenido de aminoácidos (g/100g) de quinua, otros granos y la leche de vaca.**

<b>Aminoácido</b>	<b>Quinua</b>	<b>Trigo</b>	<b>Cebada</b>	<b>Maíz</b>	<b>Arroz</b>	<b>Leche (3.5 % grasa)</b>
<b><i>Esenciales:</i></b>						
Isoleucina	0,88	0,53	0,50	0,46	0,35	0,21
Leucina	0,98	0,9	0,86	1,32	0,71	0,31
Lisina	0,91	0,37	0,41	0,31	0,31	0,26
Metionina	0,33	0,22	0,19	0,2	0,17	0,08
Fenilalanina	0,48	0,63	0,64	0,5	0,43	0,17
Treonina	0,63	0,42	0,46	0,42	0,34	0,15
Triptofano	0,15	0,15	0,16	0,08	0,09	0,05
Valina	0,55	0,64	0,06	0,55	0,51	0,23
<b><i>Esenciales para bebés y niños:</i></b>						
Argidina	1,02	0,61	0,6	0,45	0,62	0,12
Histidina	0,37	0,27	0,23	0,28	0,19	0,09
<b><i>Semiesenciales</i></b>						
Tirosina	0,39	0,4	0,42	0,41	0,33	0,17
Cistina	0,33	0,28	0,24	0,15	0,1	0,03

Fuente: Jacobsen y Sherwood (2002)

En relación al patrón establecido por la FAO, la quinua proporciona 67 % de fenilalanina, 123 % de isoleucina, 94 % o de leucina, 109 % de lisina, 66 % de metionina. 93 % treonina y 90 % de triptófano y valina. Estos datos representan comparaciones hechas en base a los análisis químicos sobre la fracción proteica e indican que los aminoácidos limitantes de las proteínas de la quinua son los azufrados y el déficit deberá suplirse en la alimentación con proteínas de otros alimentos que sean ricos en estos alimentos. Su complejo de aminoácidos muestra que no sólo se destaca por su cantidad de proteína, sino también por la alta calidad de la misma.

### 2.1.5.2 Grasa

Del Cuadro N° 4, se desprende que la quinua contiene entre 4,26 a 9,50 %, en 92 evaluaciones por diversas variedades, de quinua con un promedio de 7,16 % g de grasa/ 100 g de quinua.

Según Repo-Carrasco (1998), la semilla de quinua posee un contenido de lípidos relativamente alto, por lo que se puede considerar una buena fuente de este nutriente. Además de lo expresado, esta presenta un alto contenido de ácido oleico, linoleico y linolénico, siendo los dos últimos esenciales.

Tapia *et al.*, (1979) mencionan que una muestra de aceite de quinua puede llegar a presentar 48,0% de ácido oleico, 50,7% de ácido linoleico, 0,8% de ácido linolénico y 0,4% de ácidos grasos saturados. De la misma manera, mencionan que el alto contenido de grasas en la quinua, puede ser la causa de una digestión más lenta.

Por último, Repo-Carrasco (1998), afirma que, el aceite de quinua tiene antioxidantes naturales como tocoferoles que protegen a los ácidos grasos contra la oxidación.

### 2.1.5.3 Carbohidratos

Según Ayala *et al.* (2001), citados por FAO (2001) el almidón es el componente más abundante del grano de quinua (61%) puesto que se encuentra ampliamente distribuido en diferentes órganos de la planta de quinua como carbohidrato de reserva que constituye una fuente importante de este componente para la alimentación humana.

Zapata *et al.*, (1983) reportan que el almidón de quinua posee 21.25% de amilosa, mientras que Tapia *et al.* (1979) reportan valores que van desde 20 a 27 % de amilasa. Raygada (2001) evaluó la cantidad de amilosa y amilopectina en 2 variedades de quinua semejantes a los anteriores (Cuadro N° 6). Con respecto al contenido de amilosa de otros almidones como el almidón de maíz (27%), el almidón de papa (22%) (Fennema, 2000). Los valores de quinua se asemejan a esos valores.

**Cuadro N° 6. Contenido de amilosa y amilopectina para dos variedades de quinua**

Variedad de quinua	Amilosa (%)	Amilopectina (%)	Relación
Kcancolla	25.94	74.06	1: 2.9
Chullpi	27.30	72.70	1: 2.7

Fuente: Raygada, 2001.

Además del almidón, la quinua presenta azúcares como sacarosa (2-3 % b.s.) y en menores proporciones azúcares como: -galactosa (0.23 % b.s.), glucosa (0.19 % b.s.), rafinosa (0.15 % b.s.), estaquirosa (0.08 % b.s.) lo cual favorece a la digestibilidad de los carbohidratos (Gross *et al.*, 1989).

#### **2.1.5.4 Fibra cruda**

En la mayor parte de la literatura, se reporta al contenido fibra, como fibra cruda. Esta constituye la determinación del residuo libre de componentes solubles (como grasas, proteínas, azúcares y almidón) realizado por ebullición alternada de la muestra en ácido débil y después en un álcali. Del Cuadro N° 4 se desprende que el contenido de fibra cruda promedio en diferentes variedades es 2.91 % con un rango de 1.22 - 4.78 % en 100 g de muestra.

#### **2.1.5.5 Minerales**

Tapia *et al.* (1979) destacan dentro de la quinua como los principales al fósforo y mencionaron que el contenido de potasio en la quinua es de 0.42 % frente al 0.40 % del trigo, 0.33 % de la cebada, y contenido en el arroz. El potasio en la quinua es de 0.94 %, en el trigo 1.03 %, en la cebada 0.59, en el maíz 0.20 % y en el arroz 0.12 %.

#### **2.1.5.6 Antinutrientes: Saponinas**

Un constituyente problemático de la quinua es la saponina. Las saponinas son compuestos glucósidos del tipo esterol o triterpenoide, que se encuentra en unos 500 géneros de plantas que pertenecen a más de 90 familias (Latinreco, 1990).

La estructura de un número mayor de las saponinas de quinua no ha sido identificada, pero es conocido que la semilla de quinua tiene una diversidad de saponinas, que incluyen los ácidos, hederagenina, oleanol, fitolaccagen y spergulageno metil ester. Se puede encontrar saponinas en muchos vegetales, como por ejemplo la espinaca, espárrago, remolacha y las leguminosas. Esta tiene la propiedad de formar espuma al disolverse con agua (Jacobsen y Sherwood, 2002).

La función biológica de las saponinas en la quinua parece ser la de repelente de plagas y enfermedades. Como las saponinas están en la superficie de semilla y son solubles

en agua, son relativamente fáciles de lavarlas con agua o sacarlas a través de escarificación (Jacobsen, 2000 citados por Jacobsen y Sherwood, 2002 ).

**Cuadro N° 7. Composición química de la quinua en 100 gramos de porción comestible.**

		<b>Afrecho de quinua</b>	<b>Harina de quinua</b>	<b>Hojuelas de quinua ( flakes )</b>	<b>Sémola de quinua</b>	<b>Quinua Will de Perú</b>	<b>Quinua Cocida</b>
<b>Energía</b>	Kcal	347	341	374	376	374	<b>101</b>
<b>Agua</b>	g	14.1	15.7	7	12.6	11.5	<b>79</b>
<b>Proteína</b>	g	10.7	9.4	8.5	19.5	13.6	<b>2.8</b>
<b>Grasa</b>	g	4.5	3.4	3.7	10.7	5.8	<b>1.3</b>
<b>Carbohidratos</b>	g	65.9	77.1	78.6	53.8	66.3	<b>16.3</b>
<b>Fibra</b>	g	8.4	3.1	3.8	8.3	1.9	<b>0.7</b>
<b>Ceniza</b>	g	2.7	2.5	2.2	3.4	2.5	<b>0.6</b>
<b>Calcio</b>	mg	573	161	114	76	56	<b>27</b>
<b>Fosforo</b>	mg	342	161	160	0	242	<b>61</b>
<b>Hiero</b>	mg	4	3.7	4.7	3.6	7.5	<b>1.6</b>
<b>Retinol</b>	mg	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Tiamina</b>	mg	0.21	0.19	0.13	0.21	0.48	<b>0.01</b>
<b>Riboflavina</b>	mg	0.22	0.24	0.38	0.25	0.03	<b>0</b>
<b>Niacina</b>	mg	1	0.66	1.1	1.84	1.4	<b>0.26</b>
<b>Ac. ascórbico</b>	mg	-	-	-	-	0.5	<b>0</b>

FUENTE: FAO (2001).

### 2.1.5.67 Grado de Gelatinización

Ott (1992) citado por Raygada (2001), menciona que el tipo de almidón de la materia prima influye en las diferentes características de gelatinización y gelificación del almidón presente. Este autor considera que las concentraciones de amilosa/amilopectina y la pureza del almidón son factores a considerar en la variabilidad del grado de gelatinización de los almidones.

El mismo autor menciona que el grado de calentamiento es otro factor que afecta el grado de gelatinización del almidón. La viscosidad máxima depende de un calentamiento suficiente para lograr la máxima gelatinización del gránulo de almidón. La máxima fuerza del gel de almidón depende que se efectúe un calentamiento suficiente para liberar algunas moléculas de amilasa con una mínima fragmentación de los gránulos.

## 2.2 Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales son, sin ninguna duda, aquellos con mayores perspectivas de desarrollo en los próximos años. El concepto de alimento funcional se produjo originariamente en Japón y se refiere a aquel alimento o ingrediente alimentario que produce un efecto fisiológico beneficioso con independencia de su valor nutritivo. Cada vez más, los consumidores son conscientes del papel que cumplen los alimentos funcionales en la prevención de las enfermedades y en la mejora de la salud en general. (Monreal – Revuelta *et al.*, 2002)

Algunos autores llegan incluso a postular que el futuro alimentario estará en los alimentos como medicina. Si bien, no debe entenderse como una acción de choque, sino por el efecto moderado que conlleva el consumo habitual de aquellos con características más saludables. (Monreal – Revuelta *et al.*, 2002)

Según Tojo *et al.*, (2001), citan las siguientes condiciones que debe cumplir un alimento funcional:

- Producir efectos fisiológicos beneficiosos sobre el estado de salud y reducir el riesgo de enfermedad.
- Los efectos benéficos sobre la salud deben estar demostrados con una sólida base científica.
- Los componentes responsables de los efectos fisiológicos deben ser caracterizados por sus propiedades físicas y químicas, así como cuantificados e identificado por métodos analíticos disponibles.
- El componente citado tendrá que haber sido evaluado *in vivo*, en relación con su absorción, distribución, metabolismo, excreción y mecanismos de acción.

### 2.2.1 Clasificación

De acuerdo a los japoneses los “alimentos funcionales” pueden clasificarse en tres categorías:

1. Alimentos en base a ingredientes naturales
2. Alimentos que deben consumirse como parte de la dieta diaria

3. Alimentos, que al consumirse cumplen un papel específico en las funciones del cuerpo humano, incluyendo:

- Mejoramiento de los mecanismos de defensa biológica
- Prevención o recuperación de alguna enfermedad específica
- Control de las condiciones físicas y mentales
- Retardo en el proceso de envejecimiento

Según Larondelle (2001) citado por Ríos (2004) existen diferentes tipos de alimentos funcionales, entre los que destacan:

- a. Alimentos naturales
- b. Alimentos enriquecidos con un componente externo
- c. Alimentos a los que se le disminuye un componente negativo
- d. Alimentos con una biodisponibilidad mejorada

Según Muñoz (2005), citado por Vásquez (2006) Otra forma de clasificar los alimentos funcionales es la siguiente:

**a.- Alimentos de bajo valor nutritivo**

Este grupo de alimentos son la cebolla y el ajo, alimentos utilizados como condimentos o especias en guisos y ensaladas. Ambos productos se justifican como saludables por su alto aporte de flavonoides, compuestos polifenólicos con propiedades antioxidantes y compuestos organoazufrados, respectivamente, se asocia en estudios epidemiológicos y experimentales con disminución de riesgos de enfermedad cardiovascular, stress oxidativo y además posee un efecto anticancerígeno.

**b.- Alimentos con buen valor nutritivo**

Está el frijol, que presenta un contenido alto de proteínas, almidones de velocidad de digestión intermedia, un alto contenido de fibra dietética, fitatos, taninos y oligosacaridos no digeribles. El yogur es un alimento funcional con buen valor nutritivo por su aporte de calcio, proteínas de buena calidad, alto contenido de riboflavina y aporte de prebióticos, que le otorgan el sello de alimento funcional.

**c- Alimentos saludables no convencionales**

No son consumidos habitualmente en la dieta de gran parte de países. La linaza contiene elevados porcentajes de ácidos grasos, flavonoides, tocoferoles y mucílagos.

**d.- Alimentos saludables condicionados**

Por ejemplo el cacao contiene catequina, epicatequina, quercetina, antocianidinas, cianidinas, sin embargo presentan gran contenido de grasa saturada.

**e.- Alimentos controvertidos**

A este grupo se encuentran el vino y la cerveza, que provocan una gran discusión en cuanto a la recomendación que propende a un aumento de su consumo. Aunque contiene flavonoides y otros fitoquímicos saludables, el consumo de estas bebidas alcohólicas debe moderarse en países en que el alcoholismo es un riesgo para la salud.

**f- Alimentos probióticos**

El consejo europeo sobre alimentos funcionales define al alimento probiótico como aquel que incorpora microorganismos vivos. *Lactobacillus* y *bifidobacterias*, que consumidos en cantidades suficientes deben producir efectos benéficos para la salud y bienestar más allá de los efectos nutricionales habituales.

**g.- Alimentos prebióticos**

El consejo europeo sobre alimentos funcionales define a los prebióticos como aquellos alimentos que incorporan ingredientes o sustancias no digeribles, carbohidratos que consumidos en cantidades suficientes deben producir efectos beneficiosos sobre la salud y el bienestar más allá de los efectos nutricionales habituales.

La administración de hidratos de carbono no digeribles y la fermentación bacteriana a los mismos favorece el crecimiento selectivo de *bifidobacterias* y *lactobacillus* en detrimento del crecimiento de patógenos en la flora colónica.

El aporte de prebióticos en la dieta se realiza bien por medio de alimentos naturales o incorporados a alimentos como productos lácteos, bebidas, pastelería, cereales.

#### **h.- Alimentos simbióticos**

Son alimentos a los que se han incorporado componentes probióticos y prebióticos. Están representados fundamentalmente por los productos lácteos fermentados. Esta simbiosis mejora la supervivencia e implantación de los microorganismos prebióticos y los efectos sobre la salud y el bienestar, con la prevención del riesgo de enfermedades. El efecto debe ser aditivo o hasta sinérgico

### **2.3 Antioxidantes**

Los antioxidantes son ingredientes importantes que protegen la calidad de los alimentos retardando la oxidación (Helliwell, *et al.*, 1995 citado por Pérez-León, 2005). Se conceptualizó a un antioxidante como una sustancia que encontrándose en pequeñas concentraciones comparada a la de un sustrato oxidable, retrasa o previene significativamente la oxidación de dicho sustrato. El término de sustrato oxidable hace referencia a cualquier compuesto encontrado en el alimento y en tejidos vivos (proteínas, lípidos, carbohidratos y DNA) (Fki *et al.*, 2005, citado por Calsin, 2007). A partir de esta definición se considera que las defensas antioxidantes incluyen:

- Los agentes que remueven catalíticamente las especies reactivas.
- Las proteínas que minimizan la disponibilidad de prooxidantes como iones de hierro o cobre.
- Las proteínas que protegen biomoléculas por otros mecanismos.
- Agentes de bajo peso molecular que reducen las especies reactivas.

La importancia antioxidante de estas biomoléculas dependen de la especie reactiva sobre la que actúan, donde y como se genera este, así como el daño que produce. Los antioxidantes pueden actuar en los diferentes procesos de la secuencia oxidativa y tener más de un mecanismo de acción (Helliwell *et al.*, 1995; citado por Pérez-Leon, 2005).

Se ha confirmado que el consumo de frutas y vegetales ha sido asociado a la menor incidencia de sufrir enfermedades crónicas y por ende una menor mortalidad. La protección que brindan contra las enfermedades degenerativas como cáncer y enfermedades

cardiovasculares y cerebrovasculares, ha sido atribuida a su alto contenido de varios antioxidantes (Pineda *et al.*, 1999 citado por Tememoché, 2003).

Los antioxidantes son sustancias que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación. Éstos pueden clasificarse en naturales o sintéticos, estando estos últimos en desuso debido a estudios que les atribuyen efectos carcinógenos (Martínez-Valverde y col., 2000 citado por Gamarra, 2003)

### 2.3.1 Antioxidantes Sintéticos

Se han desarrollado una gran cantidad de antioxidantes sintéticos los más usados son los compuestos fenólicos como el hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) y los ésteres del ácido gálico.

Los antioxidantes sintéticos contienen sustituciones alquílicas para mejorar su solubilidad en grasas y aceites. Son muy estables al calor y se usan a menudo para estabilizar las grasas de los productos cocinados y fritos. Pero desde el punto de vista de la seguridad alimentaria están sujetos a constantes cuestionamientos y restricciones dado a que se ha reportado que serían carcinogénicos (Ito *et al.*, 1996, citado por Calsin, 2007). De acuerdo a las normas el uso de estos cuatro antioxidantes sintéticos están limitadas al 0.02% del contenido de grasa o aceite del alimento para suprimir el desarrollo de peróxidos durante el almacenamiento. La toxicología de los antioxidantes sintéticos se ha estudiado con gran profundidad, aconsejan mantener cierta precaución. En este caso los antioxidantes naturales se presentan como sustancias más saludables.

### 2.3.2 Antioxidantes naturales

Es difícil de poder definir a los antioxidantes naturales principalmente se refiere a los que se presentan en la mayoría de los vegetales, microorganismos, hongos e incluso tejidos animales.

Las plantas producen una variedad de antioxidantes contra daño molecular de especies reactivas y ciertos productos naturales podrían desempeñar un papel preventivo debido a

sus características antioxidantes. La mayoría de los antioxidantes naturales son compuestos fenólicos, y su eficacia depende de:

- La reacción del hidrogeno fenólico con los radicales libres,
- De la estabilidad de los radicales antioxidantes formados durante la reacción con los radicales libres
- De las sustituciones químicas presentes en su estructura básica, que probablemente es el factor que contribuye la actividad de los antioxidantes naturales estables (Pokorny *et al.*, 2004).

Entretanto investigaciones de la actividad antioxidante de varias fuentes naturales demuestran que son eficaces y seguros, así extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos despiertan un interés en la industria alimenticia por que retardan la degradación oxidativa de lípidos y mejoran las cualidades de los alimentos. Además se están estableciendo metodologías de extracción, identificación de compuestos activos, y evaluación de su eficacia de estos compuestos activos en la oxidación de aceites y alimentos, constatándose que la actividad antioxidante de una fuente natural es influenciada por diferentes factores como: región en donde la planta es cultivada, el solvente o técnica de extracción empleados, o el sustrato lipídico utilizado en el ensayo (Frankel, 1993, citado por Calsin, 2007).

La oxidación de las macromoléculas biológicas, lípidos, proteínas, carbohidratos y ADN en diferentes tejidos y órganos pueden generar un daño irreversible que, si es muy extenso, produce enfermedades y lleva incluso a la muerte celular. Esto ocurre por acción de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que tienen un electrón desapareado en sus orbitas externas, y que provienen de diversas y numerosas fuentes tanto internas como externas al organismo. Los radicales libres oxidan las macromoleculas cuando les quitan un electrón oxidativo que constituye una cadena y que es, en si mismo dañino (Lighton *et al.*, 1998 citado por Tememoche, 2003)

Los radicales libres han sido implicados por jugar un rol en más de 100 enfermedades, incluyendo cáncer, artioesclerosis, artritis reumatoidea, enfermedades inflamatorias del intestino y cataratas (Parr and Bowell,2000 citado por Vázquez, 2005)

Frente al daño que produce la oxidación, el organismo despliega sistemas antioxidantes. Estos operan, en parte, a través de moléculas que protegen las estructuras biológicas, en parte a través de moléculas que protegen las estructuras biológicas impidiendo que sean oxidativas. Vitamina E, vitamina C y flavonoides, son algunas de estas moléculas de bajo peso molecular que entregan sus electrones a los radicales libres, poniendo fin a la cadena de oxidación. Cuando el equilibrio que existe entre antioxidantes y oxidantes se pierde a favor de los radicales libres, se cae en un estrés oxidativo y se produce una enfermedad (Lighton *et al.*, 1998 citado por Tememoche, 2003)

### 2.3.3 Radicales libres y antioxidantes

Un radical libre (RL) es una especie que contiene uno o más electrones desapareados y es capaz de existir independientemente (Halliwell *et al.*, 1995 citado por Sánchez- Moreno, 2002)

Desde el punto de vista químico los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo, dándole una configuración especial que genera gran estabilidad, señalado por el punto situado a la derecha del símbolo.

Según Prior (1998) citado por Ojeda (2003), entre los radicales producidos en los sistemas biológicos se encuentran:

- Radical peroxilo ( $\text{ROO}\bullet$ ), el cual es el radical más común en los sistemas biológicos.
- Radical hidroxilo ( $\bullet\text{OH}$ ) el cual es siempre dañino.
- Radical superoxido ( $\text{O}_2\bullet$ ), el cual es producido por células fagocitos y puede ser benéfico por la inactivación de virus y bacterias.
- Oxido nítrico ( $\text{NO}\bullet$ ), el cual tiene efectos benéficos como agente vasodilatador, puede funcionar como un neurotransmisor y puede ser producido por macrófagos y actuar como asesino de parásitos. El oxido nítrico puede también ser dañino cuando reacciona con superoxido para formar el anión poroxinitrito.

- Peroxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), el cual no es un radical libre, pero puede causar daño oxidativo eventual en células.

Un radical libre se produce como producto del metabolismo celular a través del siguiente proceso metabólico:



El daño celular producido por los Radicales Libres ocurre sobre diferentes macromoléculas.

- Lípidos: Es aquí donde se produce el daño mayor en un proceso que se conoce como peroxidación lipídica, afecta a las estructuras ricas en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), ya que se altera la permeabilidad de la membrana celular produciéndose edema y muerte celular.
- Proteínas: hay oxidación de un grupo de aminoácidos como la fenilalanina, tirosina, histidina y metionina, además se forman entrecruzamiento de cadenas peptídicas, y por último hay formación de grupos carbonilos.
- ADN: Ocurren fenómenos de mutaciones y carcinogénesis, hay pérdida de expresión o síntesis de una proteína por daño a un gen específico, modificaciones oxidativas de las bases.

El concepto básico de la actividad antioxidante de varios compuestos naturales y sintéticos comprende una transición redox mediante la cual la molécula antioxidante dona un electrón (o átomo de hidrogeno, equivalente a la donación de un electrón y un  $H^+$  al radical libre  $R^{\bullet}$ ). Durante el transcurso de esta transferencia de electrones, el carácter radical (inestabilidad) es transferido al antioxidante, formándose un antioxidante radical derivado (Cadenas, 2001 citado por Ojeda, 2003). En la siguiente ecuación se muestra la acción de un flavonoide sobre un radical libre:



Cualquiera sea el mecanismo inherente a los flavonoides, estos compuestos, al igual que todos los antioxidantes, deben reunir dos requisitos básicos para ser considerados como tales:

1° Aun en bajas concentraciones deben proteger los compuestos contra la oxidación o el daño de radicales libres.

2° El radical flavonoide (aroxil radical) así formado debe ser lo suficientemente estable para que la función antioxidante sea efectiva. La falta de estabilidad que pueda tener el radical aroxilo está en base del efecto prooxidante de algunos flavonoides. A su vez, el radical aroxilo puede ser recuperado por otros antioxidantes, como el ascorbato (Cadenas, 2001 citado por Ojeda, 2003)



Muchos flavonoides presentan un alto potencial reactivo, por presentar una capacidad de transferir moléculas de hidrógenos y mantener estables a los radicales libre. Sin embargo, presentan un rol de quelar metales con hierro y cobre inducido por reacciones de los radicales libres.

#### 2.3.4 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 las moles, de un radical libre dado reducido por una solución prueba, independientemente de la actividad antioxidante de cualquier antioxidante presente en la mezcla (Ghiselli *et al.*, 2000 citado por Tememoche, 2003).

El concepto básico de actividad antioxidante de varios compuestos naturales y sintéticos comprende una transición redox mediante la cual la molécula antioxidante dona un electrón o átomo de hidrógeno, equivalente a la donación de un electrón y un H<sup>+</sup> al radical libre R<sup>•</sup> (Cadenas, 2000 citado por Gamarra, 2003).

La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en él. La mayoría de los compuestos antioxidantes de las frutas y verduras se deben a ciertos compuestos como la vitamina C, vitamina E, o B-caroteno, además de los recientes estudiados y caracterizados compuestos fenólicos (Flavones, isoflavonas, flavonones, antocianinas, catequinas e isocatequinas), estos últimos son frecuentes de la dieta humana y han demostrado tener una alta capacidad antioxidante (Wang *et al.*, citado por Tememoche, 2003)

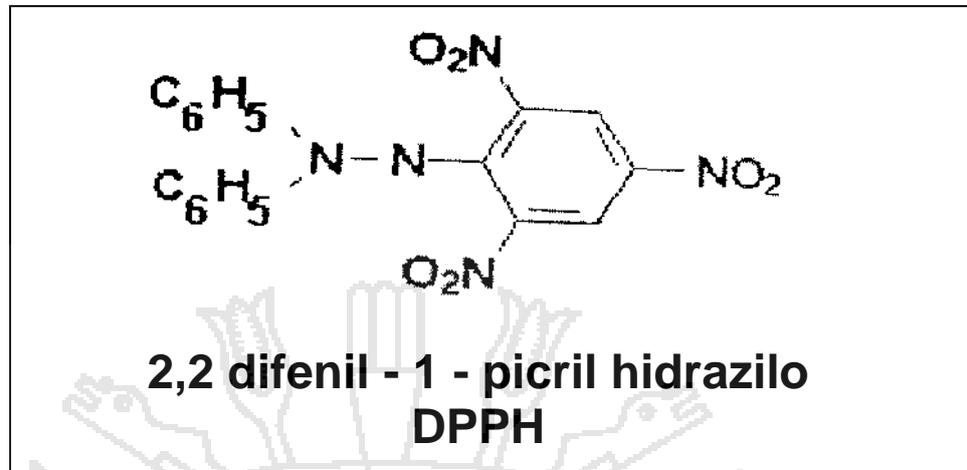
Los extractos vegetales frescos muestran un efecto antioxidante diferente y su actividad depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en el alimento. La medición de los antioxidantes individuales por separado no permite conocer con certeza la capacidad antioxidante total de un fluido biológico por los efectos sinérgicos que puedan establecerse entre los antioxidantes presente en él (Pineda y col., 1999 citado por Gamarra, 2003)

Los compuestos bioactivos, como polifenoles, carotenoides y fitoesteroles, que se hallan frecuentemente asociados a los alimentos ricos en fibra, poseen capacidad antioxidante (Saura-Calixto y Jiménez-Escrig, 2001, citado por Vázquez, 2006 )

La capacidad antioxidante varía en función del grupo de compuesto estudiado y de su solubilidad en la fase acuosa o lipídica. Además, la gran diversidad de métodos empleados proporcionan resultados numéricos distintos difíciles de comparar. Para solventar este problema en la mayoría de estudios científicos se utiliza el Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) como patrón, sustancia que se caracteriza por ser un análogo hidrosoluble de la vitamina E (Martínez- Valverde. y col 2000 citado por Gamarra, 2003).

Para evaluar la actividad antioxidante de los radicales de los compuestos o extractos, estos se hacen reaccionar con el radical estable DPPH (Figura N° 2). La reducción del DPPH es entendida por el monitoreo del decrecimiento en sus características de longitud de onda durante la acción. En su forma radical, el DPPH absorbe a 517 nm. pero luego de la reducción por efecto de un antioxidante la absorción desaparece.

Figura 2. Radical estable DPPH



Fuente: Chávez *et al.*, (2003) citado por Vásquez (2006)

#### 2.3.4.1 Metodología para el análisis de la capacidad antioxidante

Radicales libres como triclorometil ( $\text{CCl}_3^\bullet$ ), superóxido ( $\text{O}_2^\bullet$ ), hidroxil ( $\text{HO}^\bullet$ ), peróxil ( $\text{ROO}^\bullet$ ) y óxido nítrico ( $\text{NO}^\bullet$ ), son conocidos por ser producidos metabólicamente en organismos vivos. Además algunos derivados no-radicales de moléculas de oxígeno (peróxido de hidrógeno  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ), puede ser generado en alimentos y sistemas biológicos. Todas estas especies reactivas participan en la reacción en la cadena de radicales libres, así los métodos utilizados para determinar la capacidad antioxidante están relacionados al tipo de radical libre que puede atrapar. Entre estos métodos se encuentran los que utilizan azo-compuestos para la generación de radicales libres, tales como el método del “TRAP” (Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter) o (Oámetro antioxidante para atrapar Radical Total) y el método “ORAC” (Oxigen-Radical Absorbance Capacity) o (Capacidad de Absorbancia de Radical- Oxígeno); el secuestro de catión radical 2,2 – azinobis-(3-etilbenzotiazolino-6-sulfonato) o el ABTS o del “TEAC” (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) o (Capacidad Antioxidante Equivalente Trolox); secuestro del radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazil o método del DPPH u secuestro del radical catión N,N-dimetil-p-fenilenediamina o método del DMPD (Sánchez-Moreno, 2002).

Desde el punto de vista de la metodología del DPPH, este método es recomendado como fácil y exacto con consideración de 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 ABTS (Gil *et al.*, 2000 citado por Sánchez-Moreno, 2002)

El método de DPPH no es usado para medir la actividad antioxidante del plasma, porque la proteína es precipitada en el medio de reacción alcohólica. Sin embargo el método del DPPH fue usado para medición de la capacidad antioxidante de aceites vegetales y fracciones de aceites según lo reportado por Espin *et al.*, (2000). Este ensayo ha sido aplicado a diferentes alimentos procesados, tales como alimentos de granos procesados (Minamiyama *et al.*, 1994 citado por Sánchez-Moreno, 2002)

La capacidad antioxidante de algunos alimentos en base húmeda obtenidos por la metodología DPPH a 515 nm se muestra en el Cuadro N° 8.

**Cuadro N° 8. Capacidad Antioxidante de algunos alimentos en base húmeda obtenidos por la metodología DPPH a 515 nm**

Alimento	Capacidad Antioxidante ( $\mu\text{g. Trolox eq. / g bh}$ )
Tunas <sup>1</sup>	4.20-5.31
Fresa <sup>2</sup>	15.36
Ciruela <sup>2</sup>	9.49
Uva <sup>2</sup>	7.39
Naranja <sup>2</sup>	7.50
Kiwi <sup>2</sup>	6.02
Platano <sup>2</sup>	2.21
Tomate <sup>2</sup>	1.89
Te verde <sup>3</sup>	5.2
Aceite de semilla de Uva <sup>3</sup>	2.4
Arandalo <sup>3</sup>	2.7
Avellana de la Bruja <sup>3</sup>	1.7
Propolio EPID <sup>3</sup>	0.9
Ayrampo <sup>4</sup>	26.24
Colorante en polvo de Ayrampo <sup>4</sup>	31.53
Semillas de Ayrampo <sup>5</sup>	6946.01
Cáscara de Manzana Delicia Goleen <sup>6</sup>	4.64
Vinos Rojos <sup>7</sup>	3294.4-3821.5

Fuente : <sup>1</sup>Butera *et al.* (2002) citado por Sarmiento (2003), <sup>2</sup>Hong *et al.* (1996) citado por Sarmiento (2003), <sup>3</sup>Pietta *et al.* (1998) citado por Sarmiento, <sup>4</sup>Sarmiento (2003), <sup>5</sup>Gamarra (2003) , <sup>6</sup>Chinnici *et al.*, (2004), <sup>7</sup>De Beer *et al.* (2003).

La capacidad antioxidante hallada para residuos de naranja fue de 5,00 expresada en mMoles. Trolox eq./g , la cáscara de camote 5,12 mMoles. Trolox eq./g y el salvado de cebada 2.61 mMoles. Trolox eq./g (Aguilar, 2002).

**Cuadro N° 9. Capacidad antioxidante en el grano de cañihua**

Variedad	(mM. Trolox eq. / g ms)	(µg. Trolox eq. / g ms)
Cupi	16.71	4178.65
ILLPA INIA 406	16.26	4064
Ramis	14.75	3686.92

Fuente: Luna (2005)

De acuerdo al Cuadro N° 9, la cañihua presenta una capacidad antioxidante de 3686,92 - 4178,65 µg. Trolox eq. / g ms , (Luna ,2005). La mora (1784 µg. Trolox eq. / g ms) , la ciruela (3244 µg. Trolox eq. / g ms) , Maiz Morado (4720 µg. Trolox eq. / g ms), Camote Morado (3167 µg. Trolox eq. / g ms) (Cisneros y Cevallos , 2002 citado por Ojeda,2003).

La reducción del DPPH (ver reacción abajo), es seguida por monitoreo de la disminución de la absorbancia en la longitud de onda característica durante la reacción. El radical en forma de DPPH absorbe a 515 nm y por reducción con un antioxidante (AH) o una especie radical (R) disminuye la absorbancia. La reacción es la siguiente:



#### 2.4 Efecto de algunos tratamientos sobre los compuestos antioxidantes

Las frutas y vegetales después de ser procesados sufren cambios físicos y químicos, que podrían afectar el contenido de sus fitonutrientes y sus antioxidantes, generalmente son consumidos después de una cocción, varias son las formas de procesamiento con fines de

comercialización entre ellos , deshidratados y congelados (Howard *et al.*, 1997 citado por Dávila, 2003).

El tostado favorece el incremento de polifenoles (Vásquez, 2006), reporta datos de incremento en el contenido de polifenoles de 1.07% a 23.29 %, en caso del amaranto, después del tostado, debido a la reacción de Maillard.

Saura-Calixto y Jiménez-Escrig (2001) menciona que compuestos fenólicos (lignina), se desdoblan y se forman otros compuestos fenólicos unidos a carbohidratos y proteínas lo que hace aumentar el porcentaje de compuestos fenólicos totales.

El tratamiento térmico en agua, afecta el contenido de polifenoles, causando su reducción debido a la solubilización de los polifenoles en el agua de cocción (Martínez – Valverde *et al.*, 2000).

Laurri (1999) citado por Vásquez (2006) menciona que por efecto de la temperatura de secado puede ocurrir una descomposición significativa de los compuestos dando un número de productos fraccionados.

La cocción de las verduras, es un proceso que disminuye en diferentes porcentajes el poder antioxidante, de acuerdo al tipo de alimentos elaborados; siendo menor en la espinaca y cercana a un 50 % en el ajo y la cebolla . Las explicaciones propuestas para este hecho son: la sensibilidad de los polifenoles a la temperatura y la solubilización de los mismos en el agua de cocción. (Agostini *et al.*,2004 )

Recientes investigaciones sugieren que los productos de la Reacción de Maillard (MRPs) formados como consecuencia del tratamiento de calor intenso o almacenamiento prolongado, generalmente exhiben fuertes propiedades antioxidantes, por que al romper la cadena, la actividad secuestrante de Oxígeno aumenta (Kaur & Kapoor, 2001, citado por Vásquez 2006).

Un aspecto positivo de la reacción de Maillard es que alguno de sus productos, especialmente la reductonas tienen actividad antioxidante. Se debe a su poder reductor y a

su capacidad de quelar metales como Cu y Fe, que son prooxidantes. Las aminorreductonas formadas en la reacción de las triosarreductonas con aminoácidos como glicina, metionina y valina tienen gran actividad antioxidante (Fenema, 2000)

Kaur & Kapoor, 2001 citado por Vazquez, (2006) observaron que un decrecimiento en el potencial antioxidante fue encontrado para tratamientos de calor corto, una mejoría de estas propiedades fue encontrado durante tratamientos de calor prolongados debido a que la actividad antioxidante de los productos de la Reacción de Maillard puede ser principalmente atribuido al alto peso molecular de los compuestos pardos, los cuales se va formando cuando avanza la reacción.

## 2.5 Polifenoles o Compuestos Fenólicos

Los fenoles son compuestos químicos que se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad, englobando más de 8000 compuestos distintos. Su forma más frecuente es la de polímeros o lignina insoluble, mientras que su presencia en los tejidos animales está relacionada con el consumo e ingestión de alimentos vegetales. La distribución de los compuestos fenólicos en los tejidos y células vegetales varía considerablemente de acuerdo al tipo de compuestos químico que se trate, situándose en el interior de las células o en la pared celular (Ojeda, 2003).

Los fenoles protegen a las plantas contra los daños oxidativos y llevan a cabo la misma función en el organismo humano, actúa como metabolito esencial para el crecimiento y reproducción de las plantas, dar pigmentación a las flores y frutos y favorecer la producción nodular. Además actúan como agentes protectores frente a la acción de patógenos, radiación UV y enfermedades, siendo secretados en estos casos como mecanismos de defensa (Bimis *et al.*, 2001 citado por Segura, 2004).

La característica principal de los compuestos fenólicos es su habilidad para bloquear la acción de enzimas específicas que causan inflamación en las plantas. Los fenoles también modifican los pasos metabólicos de las prostaglandinas y por lo tanto protegen la aglomeración de plaquetas. En base a los datos obtenidos de estudios experimentales, parece que existen algunos posibles mecanismos para acción de los fenoles. Estos

inhiben la activación de carcinógenos y por tanto bloquean iniciación del proceso de carcinogénesis. Los fenoles son también antioxidantes como tales atrapan radicales libres, previniendo que estos se unan y dañen las moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA), un paso crítico en la iniciación de los procesos carcinogénicos. Como antioxidantes, los fenoles también previene la peroxidación de lípidos, los cuales, siendo radicales libre pueden causar daño estructural a la células normales.

En el reino animal podemos citar el p-cresol, una secreción de defensa de algunos insectos; la luciérnaga, responsable de la bioluminiscencia de las luciérnagas. Es un compuesto fenólico azufrado, que debe oxidarse enzimáticamente para su luminiscencia (Hosegawa, 2001 citado por Tememoche, 2003).

También se les asocia con la astringencia que presentan muchas frutas comestibles antes de la maduración (Martínez-Valverde *et al.*, 2000 citado por Ojeda, 2003). En el Cuadro N° 10 se puede observar el contenido de compuestos fenólicos en algunos vegetales expresados en ácido clorogénico.

**Cuadro N° 10. Contenido de compuestos fenólicos totales (mg. Acido clorogénico/100 g) en algunos vegetales.**

Vegetal	Fenólicos Totales mg. Acido clorogénico/100 g
Brócoli	83.1
Zanahoria	40.2
Coliflor	35
Papas amarilla liofilizadas	38.3
Papas moradas liofilizadas	41.8
Cebolla	66.8
Lechuga-hoja roja	182
Lechuga-corazon	24.4
Tomate	28.8
* Soja	10-300
* Amaranto	200-400
* Quinoa	200

Fuente: Lister y Podivinsky (1998) \* Mazza (2000) no especifica referido a que ácido, ni en que base húmeda o seca.

El valor del contenido de polifenoles para el amaranto es de 39.17 a 56,08 mg. de ácido gálico /100g de muestra (Klimezak, Malecka y Pacholek, 2002, citado por Vazquez 2006)

En el Cuadro N° 11 se muestra el contenido de fenólicos totales en algunos cereales y vegetales expresados en ácido gálico.

**Cuadro N° 11. Contenido de compuestos fenólicos totales (mg. Acido gálico/100 g ms) en algunos cereales y vegetales.**

Alimentos	Nombre científico	Fenolicos totales(mg. Acido gálico/100 g ms)
Grano de avena	<i>Avena sativa</i>	0.03
Salvado de avena	<i>Avena sativa</i>	0.04
Hojuela de avena	<i>Avena sativa</i>	0.03
Salvado de centeno	<i>Secale cereale</i>	0.13
Harina de centeno	<i>Secale cereale</i>	0.05
Salvado de trigo	<i>Triticum aestivum</i>	0.1
Grano de trigo	<i>Triticum aestivum</i>	0.02
Cebada perlada	<i>Hordeum sativum</i>	0.03
Grano de Cebada	<i>Hordeum sativum</i>	0.04
<b>Vegetales</b>		
Cáscara de betarraga	<i>Beta vulgaris</i>	0.43
Hoja de pepino	<i>Cucumber sativus</i>	0.38
Pulpa de zanahoria	<i>Daucus Sativus</i>	0.06
Hoja de zanahoria	<i>Daucos carota</i>	0.74
Cáscara de zanahoria	<i>Daucos carota</i>	0.66
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	0.04
Cascara de papa	<i>Solanum sativum</i>	0.43
Cáscara de remolacha	<i>Beta vulgaris altissima</i>	0.42

Fuente: Kähkönen *et al.*, (1999)

Awika *et al.* (2003) citado por Vázquez (2006), menciona que analizaron los compuestos fenólicos en diferentes variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) obteniéndose valores desde 1 hasta 13 expresados en mg de ácido gálico / g de muestra. Estas diferencias las atribuyen a la variabilidad en la composición entre cultivares de una misma especie, también ligadas a su pigmentación, por ejemplo una variedad conocida como grano blanco presentó 1 mg de ácido gálico/g muestra, mientras que otra conocida como grano rojo 5 mg de ácido galico/g muestra, la variedad Bk 2002 (grano negro) tuvo 6 mg de ácido gálico /g muestra y la variedad HT 2001 (Hi tañí), obtuvo el mayor contenido de fenoles de 13 mg de ácido gálico/g muestra.

En el Cuadro N° 12, se muestran el contenido de fenólicos totales (mg. Ac. Clorogénico/100g. bh) de algunos vegetales y frutas:

**Cuadro N° 12. Contenido de fenólicos totales (mg. Ac. Clorogénico/100g. bh) de algunos vegetales y frutas**

<b>Alimento</b>	<b>Fenolicos Totales mg. Acido clorogenico/100 g bh)</b>
Arándano <sup>1</sup>	574
Camote morado <sup>1</sup>	945
Maíz Morado <sup>1</sup>	1756
Cáscara de 3 variedades de camote morado <sup>2</sup>	1099-1247
Borra de hoja de coca <sup>3</sup>	234
Fresa <sup>4</sup>	339.45
10 genotipos de mashua <sup>4</sup>	91.60-331.48
Semillas de ayrampo <sup>5</sup>	1695.51

<sup>1</sup>Cevallos-Cassals y Cisneros-Zevallos (2003) citado por Segura (2004), <sup>2</sup>Ojeda (2003), <sup>3</sup>Document (2004), <sup>4</sup>Ríos (2004), <sup>5</sup>Gamarra (2003)

Bressani (1993) citado por Vázquez (2006) menciona que el contenido de compuestos fenólicos varía de acuerdo a la coloración de la cáscara. Encontrando en sus análisis a frijoles marrones, negros, rojos y blancos, valores de 7,8; 6,6; 12,6 y 2,3 mg/g de equivalentes de catequina respectivamente.

**Cuadro 13. Contenido de Polifenoles Totales en el Grano de Cañihua**

<b>Variedad</b>	<b>Polifenoles Totales (mg. Acido gálico/100 g ms)</b>
Cupi	253.8
ILLPA INIA 406	242.8
Ramis	233.13

Fuente: Luna (2005)

Luna (2005) reportó un contenido de fenoles totales en tres variedades de cañihua (Cuadro N° 13) en los que se puede observar que el contenido de fenoles totales expresados en mg. Acido gálico/100 g materia seca, varían de 233.13 - 253.8, menciona que el contenido de polifenoles podría atribuirse la coloración del grano de cañihua.

El contenido de fenólicos totales de fibra dietaria de residuos de naranja fue de 70 mg ac. Clorogenico/100 g en base seca, para los residuos de camote (231 mg ác. Clorogenico/100 g en base seca) (Aguilar, 2002). El análisis realizado para 30 clones de

mashua comprende de 585,46-8057,26 mg ac Clorogénico/100 g en base seca como lo reporta Tememoche (2003).

No todos los compuestos fenólicos tienen la misma capacidad antioxidante, algunos son mas poderosos y otros más débiles puesto que pueden desarrollar antagonismos o sinergismo con otros componentes presente en el alimento (Zielinski y Kozłowska, 2000, citado por Vásquez 2006).

### 2.5.1 Estructura química y clasificación

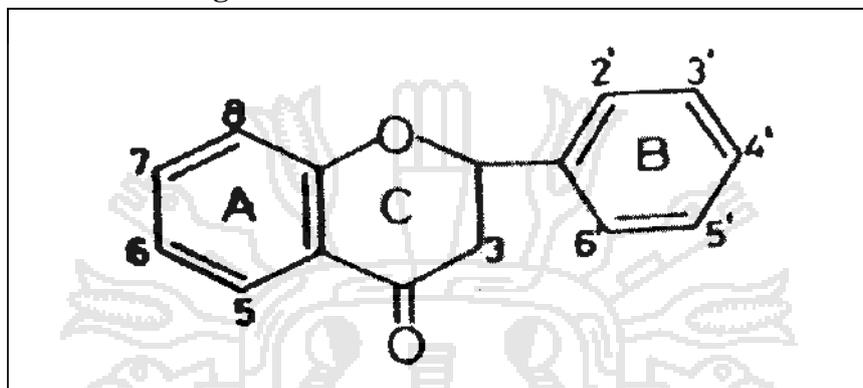
Químicamente, los compuestos fenólicos son sustancias que poseen un anillo aromático, un anillo benceno, con uno o más grupos hidroxilos incluyendo derivados funcionales (ésteres, metil ésteres, glicócidos, etc). La naturaleza de los polifenoles varía desde moléculas simples como ácidos fenólicos hasta compuestos altamente polimerizados, como los taninos. Se presentan en las plantas en forma conjugada con uno o más residuos de azúcar unidos a los grupos hidroxilos, aunque en algunos casos se pueden producir uniones directas entre una molécula de azúcar y un carbono aromático. Por ello la forma más común de encontrarlos en la naturaleza es en forma de glucósidos, siendo solubles en agua y solventes orgánicos. Los azúcares asociados a los polifenoles pueden ser monosacáridos, disacáridos o incluso oligosacáridos. Los compuestos a los que se encuentran unidos con más frecuencia son: glucosa, galactosa, arabinosa, ramnosa, xilosa y ácidos glucorónicos y galacturónicos. También pueden encontrarse unidos a ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminas, lípidos y otros compuestos fenólicos (Martínez-Valverde *et al.*, 2000 citado por Ojeda 2003).

Los polifenoles o compuestos fenólicos son un gran grupo de compuestos en la naturaleza que poseen anillo aromático con sustituyentes hidroxilos. Estos compuestos son en su mayoría potentes antioxidantes necesarios para el funcionamiento de las células vegetales, que se encuentran en frutas y verduras. La estructura química de los polifenoles es especialmente adecuada para ejercer una acción antioxidante (donador de hidrógeno o electrones, o atrapador de radicales libres) (Leighton *et al.*, 1997).

Las sustancias fenólicas o polifenoles constituyen un grupo muy numeroso de sustancias que incluyen familias de compuestos con estructura diversas. Los flavonoides

con estructura básica C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> (Figura N° 3), en el cual dos anillos aromáticos llamados A y B están unidos por una unidad de tres carbonos que pueden o no formar un tercer anillo, que en caso de existir es llamado anillo C (Lock,1994)

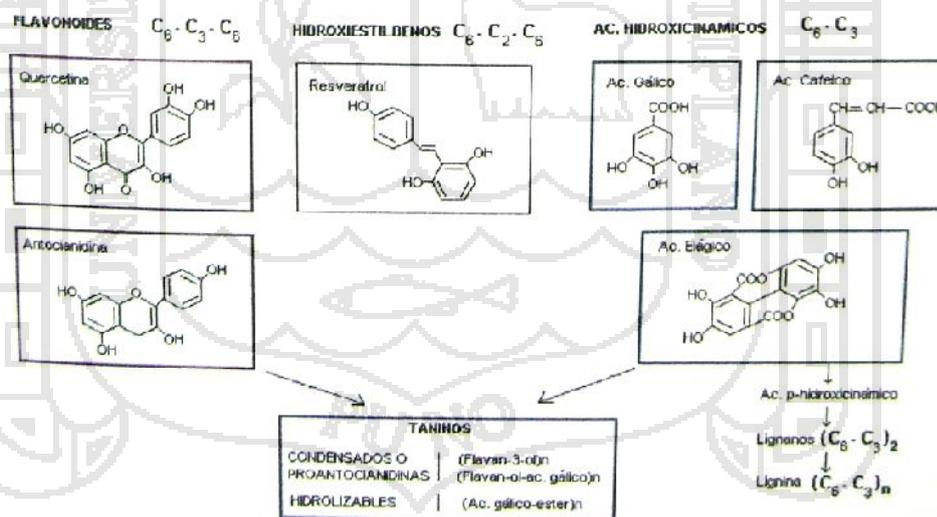
Figura N° 3. Núcleo básico de un flavonoide



Fuente : Lock (1994)

Presentan una estructura muy variada, encontrándolos en moléculas muy simples, como fenoles, a sustancias de alto grado de polimerización, como taninos condensados.

Figura N° 4. Compuestos polifenolicos en alimentos



Fuente : Saura-Calixto y Jiménez (2001)

Los polifenoles pueden ser divididos de acuerdo a su estructura básica en al menos 10 clases diferentes. Entre ellos están los fenoles simples, ácidos y aldehídos fenolicos, fenilpropanoides, estilbenos, flavonoides (flavones, flavonoles, flavanonas, flavandioles, antocianidinas, isoflavonoides), taninos y lignina. En la Figura N° 4, se muestra los grupos

de compuestos polifenólicos más comunes en alimentos de nuestra dieta, junto con algún compuesto concreto representativo (Saura-Calixto y Jiménez , 2001)

### 2.5.2 Función Antioxidante

Los compuestos fenólicos son biológicamente activos, son antioxidantes y pueden poseer propiedades preventivas de enfermedades.

El comportamiento antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y captar radicales libres, aunque en ocasiones puede también promover reacciones de oxidación “*in vitro*” (Martínez-Valverde *et al.*, 2000 citado por Ojeda, 2003).

Se ha reportado que compuestos fenólicos como el ferúlico pueden reducir el riesgo de cáncer por su acción neutralizadora de radicales libres (Consejo Latinoamericano de Información Alimentaria, 2001 citado por Segura, 2004).

La reactividad de este tipo de molécula se debe por una parte a la presencia del grupo fenol, que por la movilidad de su átomo de hidrogeno presenta un carácter ácido, y por otra al anillo bencénico que puede sufrir sustituciones electrofílicas debido a una deslocalización de sus electrones (Cadenas, 2001 citado por Segura, 2004).

Para que un compuesto fenólico sea clasificado como antioxidante debe cumplir con dos condiciones básicas, la primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado pueda retrasar, hacer más lenta o prevenir la autooxidación o la oxidación medida por un radical libre y la segunda es que el radical formado tras el secuestro sea estable y no pueda actuar en oxidaciones posteriores. Entre los compuestos fenólicos con una recomendada actividad antioxidante destacan los flavonoides, los ácidos fenólicos (principalmente hidroxicinámico, hidroxibenzoico, cafeico y clorogénico), taninos (alliginatos), calconas y cumarinas, los cuales constituyen la fracción polifenólica de una gran diversidad de alimentos (Martínez-Valverde *et al.*, 2000 ).

### 2.5.3 Acciones farmacológicas

Según Muñoz (2005), presentan una serie de actividades farmacológicas, dependiendo de ciertas características de su molécula, entre los que destacan:

- Conducen a una disminución de la fragilidad capilar y previene la formación de varicosidades mejorando la circulación periférica.
- También favorecen la solubilidad y estabilidad así como la formación de muchos precursores de enlaces entre fibrillas. Lo que explica la fortificación del tejido conectivo.
- Previene la formación de placas de ateroma, siendo beneficioso en la prevención de la arteriosclerosis y el infarto del miocardio.
- Activación de la hidroxilación del alfa benzo piereno en los meciosomas hepáticos, por la alfa benzo piereno hidroxilasa inducida por flavonoides, que conducen a la metabolización de las sustancias cancerígenas, que de otra forma sería difícil eliminar, acumulándose en los pulmones produciéndose el edema pulmonar.
- Acción estrogenica esta catalizada exclusivamente en el grupo de isoflavonas, que presentan una actividad y estructura similar al estibestrol.
- Los flavonoides como constituyentes de los alimentos, también tienen su importancia al contribuir a determinadas propiedades de estos, como son el color (pigmentos antocianos), sabor amargo de determinadas flavanonas y dulce de determinadas dihidroxicalconas) y la astringencia (de los taninos catequínicos)
- Contribuyen a la estabilidad de los alimentos por sus propiedades inhibitoras de enzimas responsables del ablandamiento de algunos vegetales y por su actividad antioxidante.

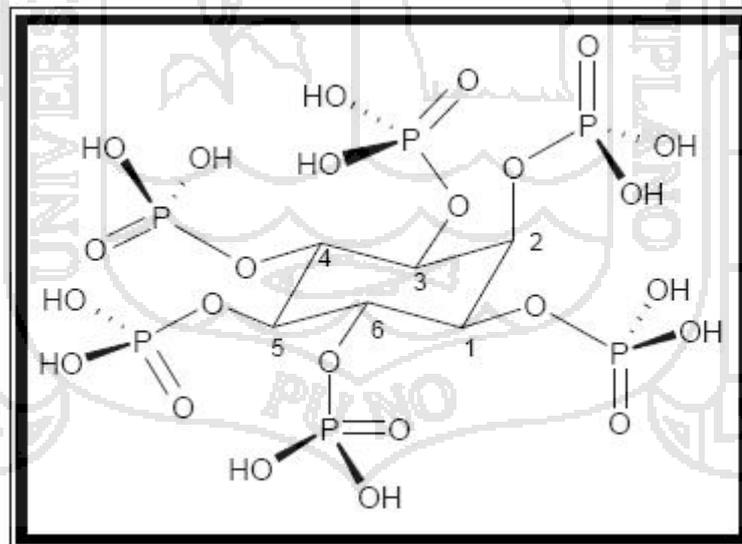
### 2.5.4 Metodología para el análisis de compuestos fenólicos

El método de Swain y Hillis, (1959) citado por Repo-Carrasco, (2008), es usado para la determinación de compuestos fenólicos mediante una extracción con etanol, separación por centrifugación el sobrenadante se diluye con agua pura y se determina espectrofotométricamente con el reactivo de folin, y usando como patrón una solución de ácido clorogénico. (Aguilar 2002)

## 2.6 Fitatos

A partir de diferentes estudios se creó y difundió la falsa idea de que el fitato poseía propiedades antinutritivas, proponiéndose su eliminación de la dieta con el fin de evitar los problemas de biodisponibilidad de determinados metales. Por ello, hasta no hace mucho tiempo, la importancia del fitato parecía reducirse a su condición de antinutriente. Sin embargo, trabajos recientes demuestran que sólo en el caso de ingerir grandes cantidades de alimentos ricos en fitato junto con dietas pobres en contenido mineral se pueden producir problemas de biodisponibilidad mineral. De hecho, consumiendo cantidades moderadas de fitato junto con dietas equilibradas desde el punto de vista mineral no se observan problemas de biodisponibilidad. Así, incluso la ingesta de 2 g de fitato por día no afecta al balance mineral, cuando el consumo de minerales es adecuado (Grases *et al.*, 2007). Fue Anderson quién en 1914 describió correctamente la estructura del fitato (Figura N° 5).

**Figura N° 5. Estructura del fitato o ácido myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis(dihidrogenofosfato)**



Fuente: UPAC (1968) citado por Grases *et al.*, (2007).

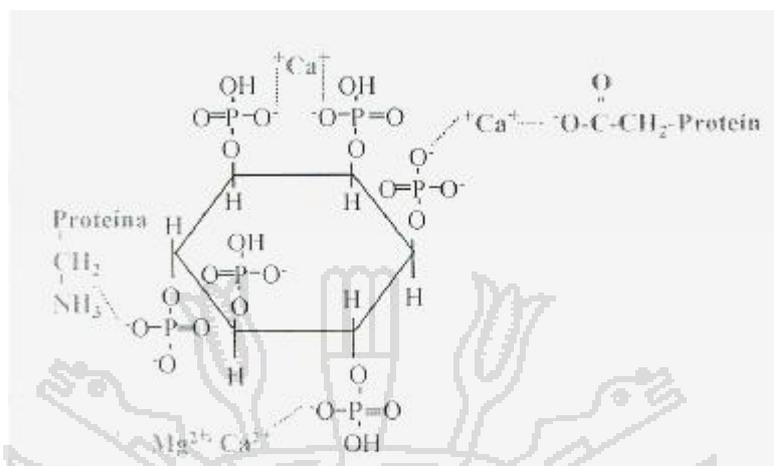
Se encuentran distribuidos en los granos, legumbres, nueces, vegetales, raíces y frutas, constituyen alrededor del 1 al 2% del peso en estos alimentos, y el 75% del ácido fítico (hexafosfato de mioinositol), se encuentra asociado a componentes de la fibra

soluble (Allen,1997). El ácido fítico y sus sales constituyen la principal forma de almacenamiento de fósforo (P) en semillas de cereales y leguminosas. Sin embargo, en esta forma el P permanece no disponible para el hombre y animales monogástricos, debido a que éstos no están provistos de suficiente actividad de fosfatasas endógenas (fitasas) que sean capaces de liberar el grupo fosfato de la estructura del fitato. El ácido fítico es además un compuesto con actividad antinutricional, debido a su capacidad de formar complejos insolubles con minerales y proteínas convirtiéndolos en no asimilables por el organismo bajo condiciones fisiológicas. Paradójicamente, el ácido fítico, a bajas dosis, presenta también efectos positivos sobre la salud como son su acción protectora frente al cáncer, reducción de la formación de cálculos renales y prevención de enfermedades cardiovasculares (Szkudelski, 1997, citado por Martínez-Domínguez *et al.*, 2002).

### 2.6.1. Estructura química y propiedades

Se han propuesto varios modelos para la estructura del ácido fítico. Según el modelo propuesto por Anderson, el ácido fítico sería una molécula con seis grupos ortofosfato (InsP<sub>6</sub>), de nombre químico myo-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6 - hexaquis (dihidrógeno fosfato) Figura N° 5. Según esta estructura, el ácido fítico, a pH neutro y al pH que normalmente presentan los alimentos, es una molécula cargada negativamente y por tanto muy reactiva, por lo que presenta una elevada capacidad para formar complejos o unirse a moléculas cargadas positivamente como cationes o proteínas. La interacción del ácido fítico con las proteínas es pH-dependiente, mientras que con los cationes la interacción es debida exclusivamente a sus numerosos grupos fosfato: éstos pueden unirse bien a un sólo grupo fosfato, a dos grupos fosfato de una misma molécula o a grupos fosfato de distintas moléculas de ácido fítico (Figura N° 6) . En la semilla el AF se encuentra como una mezcla de sales con varios cationes como K, Mg, Ca, Mn, Zn y Fe ; el término fitina se ha empleado para designar una mezcla de sales de Ca y Mg del AF (Yoshida,1999 citado por Martínez, *et al.*, 2002 ).

**Figura N° 6. Interacciones del ácido fítico con proteínas y minerales**



Fuente : Yoshida,1999 citado por Martinez, *et al.*, 2002 ).

El ácido fítico se encuentra ampliamente distribuido en el reino vegetal. En la mayoría de las plantas una gran proporción de P (80%) está presente en forma de fitato, especialmente en aquellas semillas en las que el ácido fítico se encuentra en concentraciones elevadas, desde 1-7%. Así, en las semillas de cereales, oleaginosas y leguminosas los niveles de ácido fítico son elevados y constituyen el mayor porcentaje (60-82%) del fósforo total; varias raíces y tubérculos presentan cantidades moderadas de ácido fítico, siendo el fósforo fítico el 21-25% del total, mientras que en verduras las cantidades de ácido fítico encontradas son muy pequeñas (Walsh, 1994, citado por Martínez-Domínguez *et al.*, 2002).

En cereales el fósforo fítico constituye el 64-85% del P total, localizándose la mayoría del ácido fítico en aleuronas celulares. Los niveles de ácido fítico (g/100g) encontrados en el arroz entero (*Oryza sativa*) oscilan desde un 0,86-0,99%, localizándose el 80% del fitato en la capa externa del salvado; en el trigo (*Triticum aestivum*) la localización es similar a la del arroz y los valores mayores: 1,13%; en el maíz (*Zea mays*) el ácido fítico representa de 0,77-0,99%, y de éste más del 90% se encuentran en el germen

En el sorgo (*Sorghum vulgare*) se han encontrado valores de 0,82-0,96% siendo los niveles de ácido fítico mayores en las variedades coloreadas. En la cebada (*Hordeum vulgare*) y en la avena (*Avena sativa*) los niveles de ácido fítico obtenidos son del 0,99% y 0,77%, respectivamente (Cheryan, 1980, citado por Martínez-Domínguez *et al.*, 2002). En

habas (*Vicia faba*) los niveles de ácido fítico oscilan entre 0,71-1,15% , localizándose fundamentalmente en el cotiledón, mientras que la cáscara contiene tan sólo del 0,06-0,20% del ácido fítico .

En el Cuadro N° 14. se muestra el contenido de ácido fítico en algunos alimentos:

**Cuadro N° 14. Contenido de ácido fítico en algunos alimentos**

Alimentos		% Ac fítico	Alimentos		%Ac. Fítico
Cereales (solo grano seco)	Cebada	1.02	Frutas y semillas secas	Almendra	1.42
	Maíz	0.86		Castaña	0.11
	Mijo	0.92		Cocoa	1.04
	Avena	1.02		Coco	0.26
	Arroz	0.90		Café	0.47
	Centeno	0.97		Algodón	2.94
	Sorgo	1.06		Avellana	0.92
	Triticale	0.89		Mostaza	2.0
	Trigo	1.02		Nueces de Brasil	1.8
Legumbres (solo semillas secas)	Haba	1.41		Nuez de palma	0.26
	Garbanzo	0.55		Pistacho	1.38
	Lentejas	0.70		Canola	2.50
	Maní	1.70		Cártamo	0.70
	Arveja	1.00		Ajonjolí	4.71
	Soya	1.55	Girasol	2.10	
Pulpa de frutas con semilla	Manzana	1.37	Semillas inmaduras	Habas verdes	0.42
	Albaricoque	0.70		Arveja verde	0.42
	Palta	0.05		Choclo	0.25
	Arandino agrio	0.01	Pulpa de frutas con semillas	Melón	1.79
	Cereza	0.27		Aceituna	0.12
	Naranja	0.72		Papaya	1.44
	Tangarine	0.72		Durazno y nectarines	0.40
	Lima	0.72		Peras	1.29
	Pepino	1.07		Pimiento	1.39
	Pepinillo	1.07		Ciruela	0.12
	Berenjena	1.42		Frambuesa	0.42
	Higo	0.80		Fresa	1.12
	Uva	0.18		Tomate	1.66
	Kivi	1.34		Sandía	1.30
	Mango	0.24			

Fuente : Lott *et al.*, (2000)

**Cuadro N° 15. Contenido de Fitatos en el Grano de Cañihua**

<b>Variedad</b>	<b>Fitatos % de ácido fítico (b.s)</b>
Cupi	0.825
ILLPA INIA 406	0.783
Ramis	0.837

Fuente: Luna (2005)

De acuerdo al Cuadro 15, Luna (2005), no hallo cambios significativos en el contenido de fitatos por el proceso de cocción extrusión para la cañihua, las diferencias son atribuidas a la variedad de cañihua. Una cuestión clave a tener en cuenta para entender el efecto antinutricional del ácido fítico sería conocer cuanto fitato está aun disponible tras el procesado. Si consideramos la fuerte afinidad del ácido fítico hacia varios cationes y el tipo de interacciones que supone su asociación con proteínas de la dieta, así como el efecto del procesado de los alimentos, la degradación térmica de los ésteres inositol y el pH, habría que esperar que quedara poco fitato libre que interaccionara con enzimas y sistema digestivos para causar una influencia significativa. Por otro lado hay que tener en cuenta que estudios anteriores han mostrado que en presencia de minerales como  $Ca^{2+}$  o  $Mg^{2+}$ , la inhibición *in vitro* de las enzimas podría ser mucho menor. Existen también evidencias de que el complejo fitato-proteína es menos susceptible a la digestión proteolítica que la proteína sola, sin embargo es lógico que las proteínas en las cuales alguna cadena lisil o arginil están queladas por el fitato, no sean efectivamente hidrolizadas por la tripsina, en estas condiciones serían más efectivas enzimas como la quimotripsina que muestra gran afinidad por las cadenas hidrofóbicas. Dado que la interacción fitato-proteína y su efecto en la digestibilidad proteica se produce bajo una amplia gama de condiciones, y tanto las condiciones simuladas *in vivo* como los resultados obtenidos son limitados, el estudio de los efectos adversos de los fitatos en la nutrición debería ser dirigido exclusivamente hacia el punto de vista de la biodisponibilidad mineral (Deshpande, 1989, citado por Martínez-Domínguez *et al.*, 2002).

VTT (2001) citado por Grases *et al.* (2007), menciona que el tratamiento térmico prolongado en agua solubiliza el fitato y se pierde en el agua de cocción, los métodos de procesamiento de alimentos que requieren calor, como el que se emplea para obtener cereales de desayuno a base de salvado, destruye casi todos los fitatos. Para la mayoría de

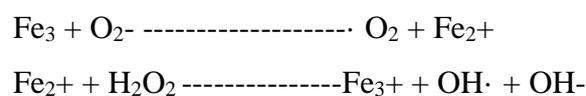
la gente, las dosis de fitatos presentes en su dieta no representan un problema, pero aquellas personas que ingieren grandes cantidades de cereales integrales pueden necesitar complementos de minerales, debido a su alto potencial quelante que forma sales insolubles a pH neutros con numerosos cationes di y trivalentes (Ca, Mg, Zn, Cu, Co, Fe, Mn) Así la ingesta de 2 g de fitatos por día no afecta el balance mineral cuando el consumo de minerales es adecuado.

La fitasa, enzima presente en la quinua, se activa a un pH de 4-7,5 y a 45-60°C , realiza la hidrólisis del fitato a Inositol tetrafosfato (IP4), Inositol trifosfato (IP3), Inositol difosfato (IP2) e Inositol monofosfato (IP1), los cuales no quelan tanto los minerales , por lo que estos compuestos no se unirían al Fe , lo que haría que disminuya el contenido de fitato a 100 °C. ( Phillippy *et al.*, 1988 citado por Grases *et al*, 2007)

### 2.6.2 Función antioxidante

Los radicales libres son esenciales para el mantenimiento de muchos procesos biológicos. Obviamente, debido a su elevada reactividad son altamente destructivos (poseen gran capacidad oxidante) si se producen en exceso con respecto a los requerimientos celulares. En condiciones normales existe un balance entre la producción de radicales libres y la cantidad de agentes antioxidantes. Cuando este balance se desplaza hacia la formación de radicales libres se produce en el organismo el llamado estrés oxidativo, que puede alterar de modo irreversible muchos procesos celulares. Como consecuencia del proceso de respiración celular, se generan especies parcialmente reducidas del oxígeno tales como: el radical superóxido  $O_2^-$ , el anión radical superóxido  $O_2^{\cdot-}$ , el peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$ , etc. Los cationes hierro son capaces de catalizar la formación de radicales hidroxilo a partir del anión radical superóxido y del peróxido de hidrógeno (Graf,1984, citado por Grases *et al.*, 2007).

Formación de radicales hidroxilo catalizada por el hierro (III).



Existen diversas pruebas que ponen de manifiesto una interacción específica entre los inositol polifosfatos y el hierro como inhibidores de la formación de radicales hidroxilo. Ahora bien, aunque todos los inositol polifosfatos interaccionan con el hierro inhibiendo la formación de radicales hidroxilo, sólo los inositol polifosfatos que poseen los grupos fosfato en las posiciones 1, 2, 3 (ecuatorial-axial-ecuatorial) inhiben completamente la formación de estos radicales. El fitato es el único inositol polifosfato identificado en las células eucariotas que posee dicha conformación espacial y que se une con una gran afinidad al  $Fe_3^+$ . También es evidente que las células animales poseen una reserva importante de hierro ligado a moléculas de bajo peso molecular que pueden tener un papel relevante en la movilización de hierro desde la transferrina (proteína de transporte de hierro a nivel plasmático) o la ferritina (el principal depósito de hierro a nivel celular), hasta otros destinos celulares (por ejemplo enzimas que contengan el grupo hemo). Estas moléculas de bajo peso molecular, que sirven de reserva de hierro, podrían ser moléculas como el citrato, el fosfato, los aminoácidos y/o el ATP. Considerando la alta afinidad y labilidad cinética de los complejos de hierro-fitato y la capacidad que presentan los grupos fosfato para intercambiar el hierro unido a proteínas, es lógico pensar que el fitato sea también uno de estos compuestos celulares de bajo peso molecular que actúe en la movilización del hierro. Por tanto el fitato resulta ser un potente inhibidor de la formación de radicales hidroxilo, de modo que puede actuar como un antioxidante natural protegiendo a las células de posibles daños ocasionados por los radicales hidroxilo lo que induce a pensar que la acción antioxidante pueda ser una de sus funciones biológicas de evidente importancia (Hawkins, 1993, citado por Grases, *et al.*, 2007).

### **2.6.3 Efectos farmacológicos del ácido fólico**

El ácido fólico disminuye el riesgo de cáncer a través de varios mecanismos:

- (a) al unirse al Fe disminuye la formación de radicales libres durante la oxidación de los lípidos, ya que ésta es catalizada por dicho ión,
- (b) al unirse al Zn, que es necesario para la síntesis de ADN, reduce indirectamente la proliferación celular,
- (c) al retardar la digestión del almidón, éste puede llegar al colon y ser fermentado por las bacterias produciéndose ácidos grasos de cadena corta cuya actividad protectora frente al cáncer es conocida. han revisado el papel del ácido fólico sobre el cáncer, llegando a la

conclusión de su papel no solo en la prevención sino también como agente terapéutico ya que los InsP6 incrementan la diferenciación de células malignas que a menudo resulta en una reversión al fenotipo normal. (Shamsuddin,1999 , citado por Martínez- Domínguez *et al.*, 2002)

No obstante, el efecto del ácido fítico no es igual en todos los órganos: aunque se ha encontrado una reducción en la incidencia de nódulos hiperplásicos en el hígado, de carcinoma hepatocelular y de cáncer de mama, estudios realizados con distintos carcinógenos en esófago, intestino delgado, colon, riñones y tiroides muestran un efecto nulo del AF en la incidencia de cáncer en estos órganos (Horose, 1991, citado por Martínez – Domínguez *et al.*, 2002).

#### 2.6.4 Metodología para el análisis de fitatos

En cuanto a las condiciones de extracción, algunos autores han indicado que el uso de altas temperaturas (60 °C) implica extracciones más satisfactorias, obteniéndose extractos más claros, y además se previene el desarrollo de gas durante la formación del complejo fítico férrico en los métodos de precipitación con cloruro de hierro. No obstante, en la mayoría de los estudios la extracción se realiza a temperatura ambiente y con agitación continua, durante tiempos que oscilan de 0,5-3 horas, tras lo cual la suspensión obtenida es centrifugada y filtrada. La mayor parte de ellos incluyen la precipitación a bajo pH y la formación, en presencia de un exceso de ion férrico de un complejo Fe-fítico y la subsiguiente cuantificación del P, Fe o del inositol en el precipitado. En los casos en que la cuantificación final se realiza sobre el Fe, la concentración de P fítico es calculada usando una razón teórica Fe:P de 4:6, en estos métodos es importante el lavado del precipitado obtenido ya que la presencia de  $\text{SO}_4^{=}$  o  $\text{Cl}^-$  en la extracción puede alterar la razón Fe:P . Una vez obtenido el valor del P fítico, el cálculo del contenido de ácido fítico se realiza considerando el valor teórico 28,2% de P en la molécula de ácido fítico. Existen métodos indirectos en los que la cuantificación, ya sea del P o del Fe residual se realiza en el sobrenadante, y el ácido fítico es calculado por diferencia. (Reddy *et al.* 1989 )

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

Los análisis y evaluaciones se efectuaron en instalaciones del Laboratorio de Control Ambiental y Análisis de los Alimentos de la Universidad Nacional del Altiplano en la ciudad de Puno y en los laboratorios de Calidad Total de la Molina en la ciudad de Lima

#### 3.2 Materiales

##### 3.2.1 Materia Prima

Para el presente trabajo se utilizó la quinua variedad Salcedo INIA que se adquirió del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA-PUNO).

##### 3.2.2 Equipos

- Centrifuga Becton Dickinson . Germany 15000 RPM
- Espectrofotómetro Shimadzu UV-1203 UV-VIS
- Balanza analítica OAUS Corporatium. Made in USA
- Agitador magnético Muszeripan Muveck Esztergon
- Titulómetro electrónico 715 Dosimatu Metrohm
- Estufa de aire caliente VWR Vacuum Oven 1400 E
- Mufla GALLENKAMP. FR 520
- pH-metro Modelo 420 A

##### 3.2.3 Materiales

- Probetas 10, 100, 250 ml
- Pipetas de 1, 5, 10 ml
- Vasos de precipitación 50, 100, 250, 500 ml
- Tubos de ensayo 10,12 ml
- Micropipetas 10-50  $\mu$ L
- Fiolas de 20, 50, 100, 500 y 1000 ml

- Matraces 100, 500 ml
- Erlenmeyer 250 ml
- Placas petri
- Vasos precipitados 50, 100, 250, 500 ml
- Termómetro de 150 ° C
- Cronómetro
- Baguetas, embudos, bombilla, gradillas, etc.
- Papel filtro marca Watman N° 40.
- Papel aluminio
- Otros materiales recomendados para el análisis de los métodos específicos

#### 3.2.4 Reactivos

- DPPH 2,2 Diphenyl – 1- picrylhydrazyl
- Metanol
- Etanol al 95 %
- Folin Ciocalteu 0.25 N
- Carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- Ac. Clorhídrico
- Sulfato de sodio  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (Sodio Sulfato anhidro)
- Persulfato sulfato ferroso amoniacal oxidado
- Acido Sulfosalicilico al 20%
- EDTA- $\text{Na}_2$  0.01 M (ácido etilendiaminotetraacético disódico)
- $\text{H}_2\text{O}_2$
- Persulfato amonico
- glicina

### 3.3 Métodos de Análisis

#### 3.3.1 Composición química

La determinación del contenido de humedad, materia grasa, carbohidratos, fibra, ceniza, proteína se realizó de acuerdo a los métodos citados por AOAC (Association of Oficial Analytical Chemists.1995).

### 1. Determinación de Humedad

La determinación de humedad se hizo siguiendo el método gravimétrico por la pérdida de peso de la muestra al someterse a calentamiento en estufa en condiciones determinadas, hasta peso constante, método 925.23 de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists.1995). Los cálculos se hicieron como sigue:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P 1 - P 2) * 100}{P}$$

### 2. Determinación de Cenizas

Según el método 942.05 de la AOAC (1995). Método gravimétrico, basado en la incineración de la materia orgánica, y obtención de residuo a una temperatura de 600° C, hasta peso constante. Los cálculos se hicieron como sigue:

$$\% \text{ de Ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza} * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

### 3. Determinación de Grasa

Según el método 963.1 5 de la AOAC (1995). Método de Soxhlet, de extracción de grasas, para lo cual se hidrolizó la muestra con ácido clorhídrico diluido. La masa seca obtenida conteniendo las materias grasas se extrajo con éter, el solvente es evaporado y el residuo pesado. Los cálculos se hicieron como sigue:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{\text{Peso de mat. con grasa} - \text{peso matraz vacío} * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

#### 4. Determinación de fibra cruda

Según el método 962.09 de 1a AOAC (1995), la muestra exenta de grasa se trata con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio de concentraciones conocidas. El residuo se separa por filtración, lavar, desecar y pesar el residuo insoluble, determinado posteriormente su pérdida de masa por calcinación a 550°C. Los cálculos se hicieron como sigue:

$$\% \text{ de Fibra} = \frac{(M1 - Mf) - M2}{M} * 100$$

#### 5. Carbohidratos

Por diferencia de 100 y la suma de los otros componentes.

##### 3.3.2 Polifenoles

Se preparó la muestra (Anexo 1) para la cuantificación de polifenoles por el método de Swain y Hillis (1959) citado por Repo-Carrasco, (2008), mediante una extracción con etanol, separación por centrifugación. El método se describe en el Anexo 2.

Con una micropipeta se tomaron 0,5 mL de la muestra (sobrenadante claro) y 8 mL de agua ultrapura y se mezcló; Al mismo tiempo, se preparó un blanco con 0.5 mL metanol (etanol 95%), se añadió 0,5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu 0,25 N; se mezcló y dejó de reaccionar por 3 minutos; Se añadió 1 mL de carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 1N con una micropipeta; seguidamente se mezcló y dejó reaccionar por 10 minutos; Se procedió a centrifugar por 15 minutos a 29 000 xg; Se llevó al espectrofotómetro a "cero" con una solución blanco de etanol al 95 %, se colocó la alícuota del sobrenadante en una cubeta de vidrio. Se llevó al espectrofotómetro a una lectura de 725 nm; se guardaron las lecturas de las absorbancias cada 30 minutos hasta que no existieron cambios significativos en la absorbancia observada.

Se estimó la cantidad de fenoles totales a partir de la curva estándar desarrollada para ácido gálico.

$$Y = 0.001586 + 0.22407447X$$

Donde: y: mg de ácido gálico/ml muestra,

x : Absorbancia a 725 nm

$$\text{Eq. Acido Galico} = (\text{curva estandar}) \left( \frac{\text{ml de extracto total}}{\text{gr de muestra}} \right) \left( \frac{0.5 \text{ ml de muestra reactante}}{\text{ml extracto de muestra}} \right) 100$$

Curva estándar

$$Y = 0.001586 + 0.22407447 (\text{Absorbancia estable a } 725 \text{ nm})$$

Donde:

Y=mg de ácido gálico/ml de muestra

### 3.3.3 Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante se determinó por el método de Brand-Williams *et al*, (1995) donde los compuestos con actividad antioxidante reaccionan con el radical estable 2,2-difenil-1-picrylhidrazil (DPPH\*) en una solución de metanol. El método completo se describe en el Anexo 2 y la preparación de la muestra en el Anexo 1.

Se llevó al espectrofotómetro a cero con metanol; aseguramos una absorbancia inicial a 515 nm de la solución diluida de DPPH alrededor de  $1,1 \pm 0,02$ ;

Con una micropipeta se añadió una alícuota de 150 uL de la muestra (en este caso, fase acuosa) con 2850 uL de la solución diluida de DPPH dentro de un vial de plástico limpio; se corrió un blanco con 150 uL del solvente puro (de acuerdo a la solución de extracción) hasta obtener un factor de corrección (debido a la dilución); Se dejó que la muestra y el DPPH reaccionen en un agitador en la oscuridad y se cerraron los viales. La temperatura ambiental fue de 20 °C; en diferentes intervalos de tiempo (15 min) se transfirió la solución a una cubeta de vidrio limpia.

Repetir las lecturas a través del tiempo hasta que no haya cambios significativos en la absorbancia.

$$t_{roloxEq.} = (a + bX)(0.25) \left( \frac{ml \text{ de extracto tal}}{gr. de muestra} \right) \left( \frac{150 \text{ } \sim L \text{ de muestra reac tan te}}{\sim L \text{ extracto de muestra}} \right)$$

### 3.3.4 Fitatos

Se determinó por el Método de complexometría indirecta con Fe (III), reportado por Schmidt-Hebbel (1986) citado por Vázquez (2006) en la que el ácido fítico es extraído de la muestra de harina de cereal con una solución de HCL y N.

En un matraz con tapa se agregó 5 g de muestra, 40 ml de una solución que contiene 34 ml de HCL concentrado y 50 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por litro. Se dejó durante 90 min. Agitando fuerte y vigorosamente. Después de sedimentar se colocaron 20 ml del líquido sobrenadante (filtrado en caso de que sea necesario) en un tubo de 100 ml.

Se agregaron 20 ml de la misma solución de HCL y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 20 ml. de la siguiente solución: 7.8432 g de FeSO<sub>4</sub> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 6 H<sub>2</sub>O en agua y 14 ml de HCL concentrado se oxidan con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en caliente y luego se agregó persulfato amónico y luego se agregó al tubo 20 ml de ácido sulfosalicílico al 20% en agua y se cerró con tapón de goma atravesado por un tubo estrecho de vidrio de 30 cm de largo. Se calentó a baño maría en ebullición por 15 minutos. Luego se enfrió a chorro de agua y se dejó en posición vertical. Comprobada la formación de un precipitado blanco de fitato férrico, se miden 20 ml de sobrenadante limpio que se completan a 200 ml con agua. Se ajustó el pH a 2.5 mediante 0,75 g de glicina y se calienta a 70°C.. Se tituló en caliente y con agitador magnético el exceso de Fe<sup>3+</sup> con EDTA -Na<sub>2</sub> 0.01 M (3.7214 g por 1000) hasta viraje del color rojo-marrón a amarillo claro El porcentaje de ácido fítico se expresó como:

$$\% \text{ AcidoFítico} = \frac{0.66(10 - V)}{P}$$

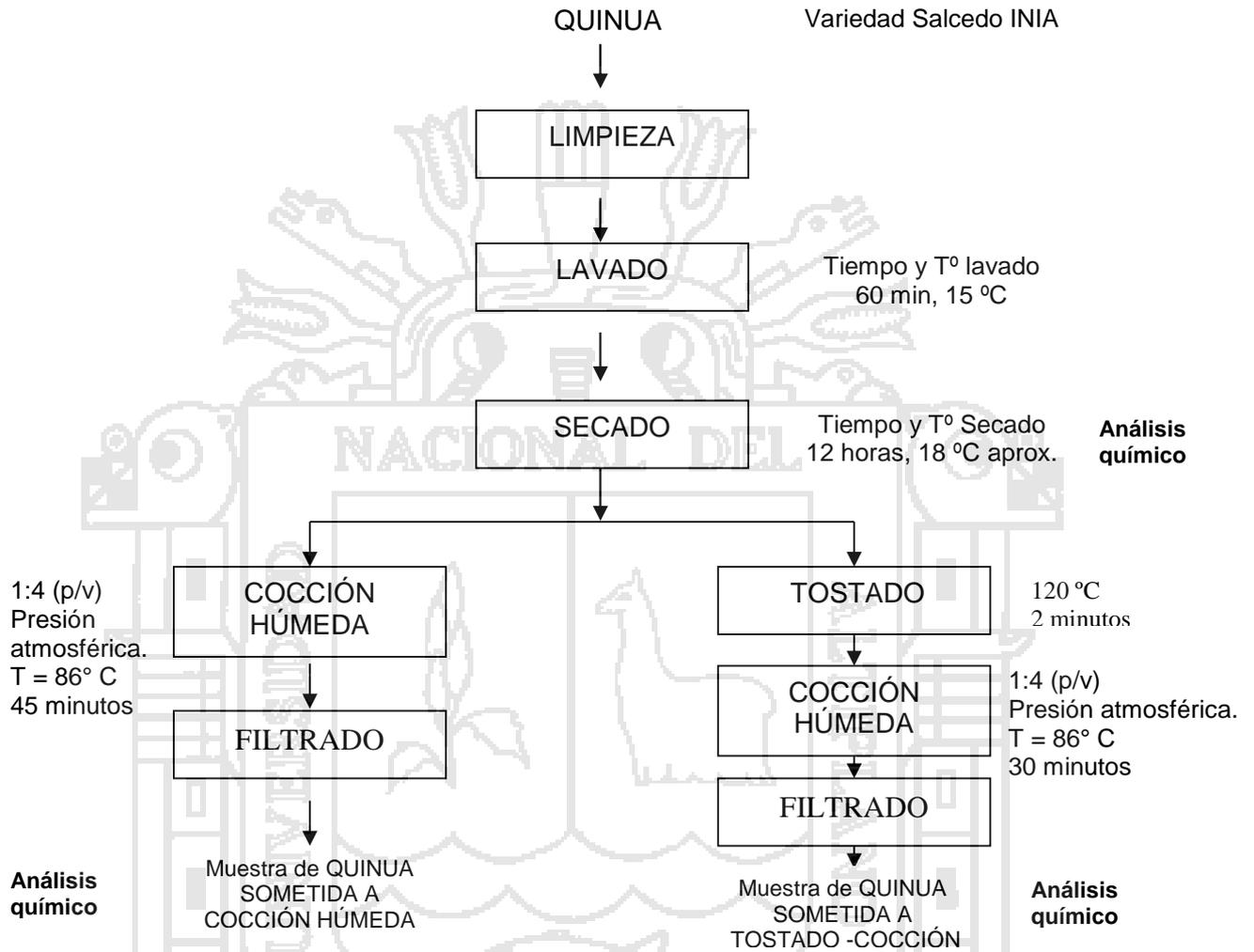
V = ml de EDTA-Na<sub>2</sub>

P = g de muestra

### 3.4 Metodología experimental

Se prepararon las tres muestras de quinua de la siguiente manera:

**Figura 7. Preparación de las muestras de quinua**



Fuente: Elaboración propia (2009)

## PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE QUINUA

- **LIMPIEZA:**

Esta se efectuó tamizando las semillas de quinua utilizando zarandas con la finalidad de separar las impurezas presentes ( pajas, hojas, pedazos de tallo, inflorescencias y perigonio, etc.)

- **DESAPONIFICADO**

Se realizó el lavado con la finalidad de separar la saponina e impurezas de la quinua para ello, se realizo manualmente por un tiempo de 60 min. y a 15 °C..

- **SECADO**

Los granos de quinua se secaron a temperatura ambiente Tiempo y T° Secado 12 horas, 18 °C aprox.

- **COCCIÓN**

Una vez secados los granos enteros se llevaron a cocción en una proporción de 1:4 (p/v) por 45 minutos a presión atmosférica. La ebullición del agua y cocimiento de la quinua se efectuó a 86° C; una vez cocida se procedió a separar la parte sólida del líquido por decantación.

- **TOSTADO – COCCIÓN**

Una vez luego de secado, se realizó el tostado en una paila a 120 °C. Durante 2 min. a presión atmosférica ; una vez cocida se procedió a separar la parte sólida del líquido por decantación. Se procedió a analizar la quinua.

### 3.5 Diseño Experimental y análisis estadístico

El análisis estadístico empleado para evaluar las propiedades químicas de las muestras de quinua cruda desaponificada y procesada, fue el Diseño Completo al Azar (DCA). Sometiéndose a análisis de variancia al 99 % de probabilidades, se realizaron pruebas de comparaciones de promedio de DUNCAN a un nivel de significancia de 95%, y la prueba de Contrastes ortogonales. Además se realizó el análisis de correlación entre la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles de todas las muestras de quinua a un nivel de significancia del 99%. El programa empleado fue SAS System V9.

### 3.6 Modelo matemático

La evaluación de la influencia de los procesos de transformación de la quinua en la capacidad antioxidante, contenido de polifenoles, y fitatos. En su parte experimental se realizó bajo el modelo siguiente:

$$Y_{ij} = \bar{\mu} + S_i + v_{ij} \quad i=1, \dots, t \quad j=1, \dots, r$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es la variable de respuesta de la j-ésima observación, sujeto al i-ésimo tratamiento.

$\bar{\mu}$  = Constante media de la población a la cual pertenecen las observaciones

$S_i$  = Efecto de i-ésimo tratamiento

$v_{ij}$  = Efecto del error experimental

t= 3 tratamientos

r= 3 repeticiones (numero de repeticiones por tratamiento)

Se realizó la prueba de Contrastes ortogonales:

C1: T1 vs T2

C2: T1 vs T3

C3: T2 vs T3

Donde :

T 1 = Sin proceso

T 2 = Cocción húmeda

T 3 = Tostado - Cocción húmeda

### 3.6.1 FACTORES EN ESTUDIO

#### Factor o variable en estudio:

Tipo de proceso: { T 1. Sin proceso (Grano crudo desaponificado)  
T 2. Cocción húmeda del grano  
T 3. Tostado - Cocción del grano

#### VARIABLES de respuesta:

1. Contenido de Polifenoles (mg.ac. gálico / 100 g)
2. Capacidad Antioxidante (ug Trolox /g muestra)
3. Contenido de Fitatos (mg/ac. fitico)
4. Composición Química Proximal (%)

Fibra

Cenizas

Carbohidatos

Grasas

Proteínas

Figura 8. Diseño Experimental

OPERACIÓN	RECEPCIÓN	DESAPONIFICADO	SECADO	COCCIÓN HÚMEDA	TOSTADO	COCCIÓN HÚMEDA
MATERIA PRIMA	R1					
	R2					
	R3					
	R4					
	R5					
	R6					
	R7					
	R8					
	R9					
	QUINUA variedad Salcedo INIA					
ANÁLISIS			<ul style="list-style-type: none"> <li>Químico proximal</li> <li>Polifenoles</li> <li>Capacidad antioxidante</li> <li>Fitatos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Químico proximal</li> <li>Polifenoles</li> <li>Capacidad antioxidante</li> <li>Fitatos</li> <li>Grado de gelatinización</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Químico proximal</li> <li>Polifenoles</li> <li>Capacidad antioxidante</li> <li>Fitatos</li> <li>Grado de gelatinización</li> </ul>
CONTROLES	Lavado a 60 min. y a 15°C		12 horas, 18°C aprox.	T = 86 °C Tiempo: 45 min	T = 120 °C Tiempo: 2 min	T = 86 °C Tiempo: 45 min
ANÁLISIS ESTADÍSTICO			<ul style="list-style-type: none"> <li>DCA</li> <li>Dúncan</li> <li>Contrastes ortogonales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DCA</li> <li>Dúncan</li> <li>Contrastes ortogonales</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>DCA</li> <li>Dúncan</li> <li>Contrastes ortogonales</li> </ul>

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA QUINUA CRUDA DESAPONIFICADA

#### 4.1.1 Composición proximal de la quinua cruda desaponificada

Los resultados del análisis proximal de la quinua cruda desaponificada variedad salcedo INIA en base húmeda y en base seca se presenta en el Cuadro N° 16.

**Cuadro N° 16. Composición química del grano de quinua crudo desaponificado.**  
**Variedad Salcedo INIA**

Componente	Quinua cruda desaponificada	
	% (bh)	% (bs)
	X	X
Humedad	11,24	
Grasa	8,11	9,13
Proteína	14,27	16,34
Ceniza	2,42	2,73
Fibra Cruda	3,41	3,83
ELN	60,6	68,28

X : Promedio de 3 repeticiones

Fuente: Elaboración propia

El contenido de humedad obtenido fue de 11,24 % y la humedad reportada por Latinreco (1990) para 127 muestras de quinua desaponizada fueron de 6,20 – 14,09 %. El resultado obtenido se halla dentro del rango. El contenido de humedad promedio del grano de quinua es de 12%, el cual es una ventaja para su conservación.( Nieto, 1984)

Volhios (1963) citado por Chávez (1992), dice que la variación de los componentes de la quinua puede deberse a varios factores como variedad, clima, suelo, etc.

El valor hallado en el presente trabajo fue de 14.27% de proteína, cercano al valor de proteína 14.50 %, obtenido por la FAO (1970) para la variedad de quinua cruda desaponizada Salcedo INIA. La diferencia puede deberse a factores de cultivo, suelo, entre otros. Según Mazza (2000) el contenido de proteína total de las semillas de quinua varia

entre 11,0 y 15,0 % , ubicándose en un lugar privilegiado en contenido de proteína respecto al arroz (8,5%) y el maíz (10,3%), la cebada (11,9%) y el trigo (12,3%). El grano de quinua no es un alimento excepcionalmente alto en proteína, aunque supera en este nutriente a los cereales más importantes. Su verdadero valor esta en la calidad proteica que presenta, es decir, en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación (Tapia *et al.*, 1979). En análisis realizados por la FAO (2001), 120 líneas de quinua halló un promedio de 12 % de proteína cruda, con un rango entre 10-17 % Como se observa los resultados de esta investigación se encuentra dentro de estos valores. El amplio rango del contenido de proteína cruda es resultado de las variaciones de cultivo de la materia prima, los cuales son afectados por factores genéticos y del medio ambiente.

El contenido de grasa obtenida para la variedad de quinua Salcedo INIA fue de 8,11 (% b.h). El valor reportado por la FAO (1979) para la misma variedad fue de 8.08 %. Según Repo-Carrasco (1999), cercano al valor al hallado. La semilla de quinua posee un contenido de lípidos relativamente alto por lo cual se la puede considerar como buena fuente de este nutriente. Posee además un alto porcentaje de ácido oleico, linoleico y linolénico, siendo los dos últimos esenciales.

En cuanto al contenido de fibra cruda obtenido en el presente trabajo para la variedad Salcedo INIA fue de 3,41 % (% b.h.) que según Latinreco (1990) se encuentra dentro del rango 1,22-4,78 %. Y según la FAO (1970) el contenido de fibra cruda para la variedad Salcedo INIA fue de 3.34 % estando cerca al valor hallado.

El porcentaje ceniza encontrado fue de 2,42 % (% b.h) lo cual es inferior al valor al reportado por Tapia (1997) de 3,36 % para el grano de quinua. Para la FAO (1970) el porcentaje de ceniza para la variedad Salcedo INIA fue de 2,36 % ligeramente mayor al obtenido en el presente trabajo.

El porcentaje de carbohidratos reportado por Latinreco (1990) muestran un rango de 53,24 - 67,17 %. El resultado hallado 60,6 % está dentro de lo establecido. Para la FAO (1970) el porcentaje de carbohidratos para la variedad Salcedo INIA fue de 63,80 % obtenido en el presente trabajo en dicha variedad. Esta variación de los componentes en la

quinua se explica por factores como variedad, clima, suelo, etc. (Volhios ,1963 citado por Chávez, 1992).

#### 4.1.2 Contenido de Polifenoles de la quinua cruda desaponificada

Los resultados del contenido de polifenoles para la quinua cruda desaponificada, variedad Salcedo INIA se presentan en el Cuadro N° 17, expresado en ácido gálico y en ácido clorogénico. Estos resultados son el promedio de tres determinaciones. En el anexo 7 se muestran los valores obtenidos.

**Cuadro N° 17. Contenido de Polifenoles del grano de quinua cruda desaponificada**

Contenido de polifenoles		Quinua cruda desaponificada
		variedad Salcedo INIA
mg. ácido gálico/100 g ms	$x \pm s$	70,03 $\pm$ 5,18
mg. ácido clorogénico/100 g ms	$x \pm s$	165,83 $\pm$ 12,74

x : Promedio de 3 repeticiones

s: desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia

Según Martínez –Valverde *et al.* (2000) las principales funciones de los compuestos fenólicos, en las células vegetales, consisten en actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas, y como agentes protectores frente a la acción de patógenos, siendo secretados como mecanismos de defensa.

El valor del contenido de polifenoles para la quinua cruda desaponificada variedad Salcedo INIA según el cuadro 17, se encuentra dentro del rango hallado por Repo-Carrasco (2008) para 15 variedades de quinua (35.29-139.94 mg. ácido gálico/100 g ms). El resultado es mayor que el encontrado para el amaranto con un total de 39.17 a 56,08 mg. de ácido gálico /100g de muestra (Klimezak, Malecka y Pacholek, 2002 , citado por Vázquez, 2006)

El contenido de fenólicos totales obtenidos en dicha variedad de quinua expresado en ácido gálico en base seca (0,070%) resultó ser mayor que el grano de avena (0,03%),

que el grano de trigo (0,02 %) y que el grano de cebada (0,04%). Sin embargo el salvado de trigo (0,1%) y el salvado de centeno (0,13%) resultaron ser mayores (Kähkönen *et al.*, 1999), como se puede apreciar en el Cuadro N° 11.

Awika *et al.*, (2003) citado por Vázquez (2006), menciona que analizaron los compuestos fenólicos en diferentes variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) obteniéndose valores desde 1 hasta 13 expresados en mg de ácido gálico / g de muestra. Estas diferencias las atribuyen a la variabilidad en la composición entre cultivares de una misma especie, también ligadas a su pigmentación, por ejemplo una variedad conocida como grano blanco presentó 1 mg de ácido gálico/g muestra, mientras que otra conocida como grano rojo 5 mg de ácido gálico/g muestra, la variedad Bk 2002 (grano negro) tuvo 6 mg de ácido gálico /g muestra y la variedad HT 2001 (Hi tañí), obtuvo el mayor contenido de fenoles de 13 mg de ácido gálico/g muestra. Dichos valores son similares al contenido de polifenoles para la quinua variedad salcedo INIA y considerando que el sorgo constituye un cereal con alto contenido de polifenoles (poliflavonoides, ácidos fenólicos, antocianinas, y otros compuestos). Podemos decir que la quinua se encuentra en un lugar privilegiado en el contenido de polifenoles, pues los valores de polifenoles totales para la variedad Salcedo INIA de quinua cruda son de 70,03 mg. ácido gálico/100 g m.s (165,83 mg. ácido clorogénico/100 g ms)

Otros autores como Bressani (1993) citado por Vázquez (2006) menciona que el contenido de compuestos fenólicos varía de acuerdo a la coloración de la cáscara. Encontrando en sus análisis a frijoles marrones, negros, rojos y blancos, valores de 7,8; 6,6; 12,6 y 2,3 mg/g de equivalentes de catequina respectivamente, dichos valores no pueden ser comparados con los de este estudio, ya que están expresados en forma diferente al reporte realizado, pero sirven para tener una idea de los polifenoles totales en la diversidad de granos de cereales, además son útiles también para confirmar que la pigmentación del grano influye en la variabilidad de los polifenoles totales entre una misma especie como fue demostrado en el contenido de polifenoles para el sorgo obteniendo mayores valores los granos con pigmentación más oscura. Por lo que el autor atribuye que las diferencias del contenido de polifenoles totales en las variedades de los vegetales puede estar relacionada con su pigmentación. Podríamos decir entonces que

probablemente la quinua se vería afectada por la coloración, donde las variedades oscuras tendrían un mayor contenido de polifenoles que las variedades blancas.

Luna (2005) reportó un contenido de fenoles totales en tres variedades de cañihua en los que se puede observar que el contenido de fenoles totales expresados en mg. Acido gálico/100 g materia seca, varían de 233.13 - 253.8, resultando ser mayores al de la quinua de la variedad analizada (165,83) y las diferencias se atribuyen a la coloración del grano de cañihua.

El resultado obtenido para la quinua cruda desaponificada, variedad Salcedo INIA que es de 165,83 mg. ac. clorogénico /100 g en base seca fue mayor en comparación al contenido de fenólicos totales de fibra dietaria de residuos de naranja (70 mg ac. Clorogenico/100 g en base seca), pero menor al contenido de fenólicos totales de fibra dietaria de residuos de camote (231 mg ác. Clorogenico/100 g en base seca) (Aguilar, 2002). Para 30 clones de mashua que comprenden de 585,46-8057,26 mg ac Clorogénico/100 g en base seca como lo reporta Tememoche (2003), siendo éstos valores mucho mayores al de la quinua.

La importancia de la cuantificación de polifenoles en los alimentos radica en que estos además de sus propiedades biológicas, se le atribuyen propiedades farmacológicas y médicas que están relacionadas como la prevención y/o mejora del estado de salud, destacando sus efectos anticarcinogénicos, antiinflamatorios, antivirales, vasodilatadores, bactericidas, etc. De manera que algunos de los compuestos fenólicos, tanto los polifenoles extraíbles o los solubles son metabolizados en el tracto gastrointestinal. Las agliconas y los compuestos fenólicos simples libres, los flavonoides (quercitina y geisteina) y los ácidos fenólicos pueden ser directamente absorbidos a través de la mucosa del intestino delgado (Martínez – Valverde *et al.*, 2000).

Lister y Podivinsky (1998) presentan el contenido de fenólicos totales en algunos vegetales en base húmeda (Ver Cuadro N° 10), en el se puede observar que el contenido de ácidos fenólicos totales en base húmeda expresados en (mg de ac. Clorogenico/100 g) de brócoli (83.1), cebolla (66.8), tomate (28.8), papas amarillas liofilizadas (38,3), papas

moradas liofilizadas (41.8), coliflor (35) y zanahoria (40.2), resultaron ser menores a variedad de quinua analizada (165.83).

#### 4.1.3 Capacidad antioxidante del grano de quinua crudo desaponificado

Los resultados de capacidad antioxidante expresados en  $\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g de muestra se presentan en el Cuadro N° 18. Estos resultados son el promedio de 3 determinaciones. En el Anexo 9 se muestran los valores obtenidos.

**Cuadro N° 18. Capacidad antioxidante del grano de quinua crudo desaponificado, variedad Salcedo INIA**

Capacidad Antioxidante		Quinua cruda desaponificada variedad Salcedo INIA
$\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g ms	$x \pm s$	1498,25 $\pm$ 9,18
mM Trolox eq. / g ms	$x \pm s$	5,99 $\pm$ 0,037

x : Promedio de 3 repeticiones

s: desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia

La capacidad antioxidante de la quinua cruda desaponificada , variedad Salcedo INIA, fue de 1498,25  $\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g ms , el resultado se encuentra dentro del rango hallado por Repo-Carrasco (2008) para 15 variedades de quinua de 117,49-2400,55  $\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g ms . En relación a otros productos es inferior a la cañihua (3686,92 - 4178,65  $\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g ms ), la mora (1784  $\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g ms ), la ciruela (3244  $\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g ms ), maiz morado (4720  $\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g ms), camote Morado (3167  $\mu\text{g}$ . Trolox eq. / g ms). (Cisneros y Cevallos , 2002 citado por Ojeda ,2003)

La capacidad antioxidante de la quinua cruda desaponificada 5,991 mMoles. Trolox eq. /g ms, es comparable con la capacidad antioxidante hallada para residuos de naranja 5,00 expresada en mMoles. Trolox eq. / g , con la cáscara de camote 5,12 mMoles. Trolox eq. / g y superior al del salvado de cebada 2.61 mMoles. Trolox eq. / g (Aguilar, 2002).

Cabe resaltar que la capacidad antioxidante obtenida sólo representa a los compuestos hidrofílicos como son los compuestos fenólicos contenidos en la quinua y no los lipofílicos (como los carotenoides y tocoferoles), ya que el solvente de extracción fue el metanol, reactivo polar que no disuelve los compuestos lipofílicos. Para extraer los compuestos lipofílicos se suele utilizar el diclorometano. Las antocianinas (compuesto lipofílico) que proporciona la coloración también proporcionan una alta capacidad antioxidante en algunos vegetales.

Los fotoquímicos responsables de la capacidad antioxidante probablemente son los ácidos fenólicos, antocianinas y otros compuestos flavonoides (Prior y Cao, 2000).

Cao *et al.*, (1996), reportaron valores de capacidad antioxidante (CA) en algunos alimentos, así el brócoli presentó un valor de 59  $\mu\text{moles. Trolox eq. / g ms}$ , algunos autores atribuyen la CA de este vegetal a un compuesto conocido como Isocianatos, las coles de Bruselas presentaron 70  $\mu\text{moles. Trolox eq. / g ms}$ , en este caso los ácidos fenólicos son los responsables de la CA, estos compuestos los encontramos también en granos de soya y en cereales; el té verde presentó 814  $\mu\text{moles. Trolox eq. / g ms}$ , CA atribuida a los flavonoides presente también en muchas frutas y en vino; en la cebolla se reportó un valor de 40  $\mu\text{moles. Trolox eq. / g ms}$ , CA atribuida a órganos sulfurados.

Según Martínez-Valverde *et al.*, (2000) los antioxidantes son compuestos que inhibe o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación. Así, los autores consideran a los compuestos fenólicos como compuestos naturales con características antioxidantes, que dependiendo del alimento contribuyen a la capacidad antioxidante.

#### **4.1.4 Contenido de fitatos de la quinua cruda desaponificada**

El ácido fítico es una sustancia natural que el organismo humano obtiene de la ingesta de legumbres, semillas, frutos secos y cereales (especialmente integrales), pese a que el ácido fítico, también llamado fitatos, constituye la mayor reserva de fósforo de éstos alimentos (1%-5%), nuestro organismo no puede aprovechar al máximo este mineral, pues el aparato digestivo no contiene las sustancias necesarias para liberarlo. La capacidad de los fitatos para unirse a ciertos minerales esenciales reduce la

biodisponibilidad de éstos en el organismo, es decir, obstaculiza el aprovechamiento nutricional, por lo que hasta hace algunos años se le consideraba perjudiciales. Sin embargo, estudios recientes, dedicados a investigar sus propiedades, señalan que en proporciones adecuadas, estas sustancias son indispensables y benéficas dentro de una dieta sana y equilibrada, y hasta sus interacciones con otros minerales pueden resultar beneficiosas en algunos casos (Grases *et al.*, 2007).

Los resultados del contenido de fitatos se presentan en el Cuadro N° 19 Estos resultados son el promedio de 3 determinaciones. En el Anexo 11 se muestran los valores obtenidos.

**Cuadro N° 19. Contenido de fitatos de la quinua cruda desaponificada**

Muestra de quinua	% de Acido Fítico $x \pm s$
Cruda	0,65 $\pm$ 0,07

x : Promedio de 3 repeticiones

s: desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

El contenido de acido fítico de la quinua desaponificada es mayor que el reportado por Mazza (2000) para el amaranto (0,34-0,61 %), y al arroz (0,10-0,14 %) pero menor al maíz (0,86%) y trigo (1.02%). Además es mayor al garbanzo (0,55%), castaña (0,11%), coco (0,26%), café (0,47 %), nuez de palma (0,26 %), habas verde (0,42 %), arvejas verde (0,42%) y choclo (0,25%) , y a la mayoría de las pulpas de fruta con semillas excepto: manzana (1,37%), pepino (1,07%), berenjena (1,42%), melón (1,72%), papaya (1,44%), peras (1,29%), pimiento (1,39%), fresa (1,12%), tomate (1,66%), sandía (1,30%), como se puede observar en el Cuadro 15.

## 4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA QUINUA PROCESADA

### 4.2.1 Composición proximal de la quinua procesada

Los resultados de la composición proximal de la quinua procesada se presentan gráficamente en el Cuadro N° 20 y la Figura N° 13. Estos resultados son el promedio de 3 determinaciones. En el Anexo 5 se muestran los valores obtenidos.

**Cuadro N° 20. Composición proximal de la quinua sometida a cocción húmeda y a Tostado-Cocción**

Componente	Sin proceso		Cocción húmeda		Tostado-cocción	
	% (bh)	% (bs)	% (bh)	% (bs)	% (bh)	% (bs)
	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Humedad	11,24		68,67		70,03	
Grasa	8,11	9,13	2,48	7,93	2,22	7,63
Proteína	14,27	16,34	3,09	12,64	3,19	12,62
Ceniza	2,42	2,73	0,77	2,37	0,70	2,37
Fibra Cruda	3,41	3,83	1,03	3,32	1,08	3,33
ELN	60,6	68,28	23,95	73,74	22,78	74,26

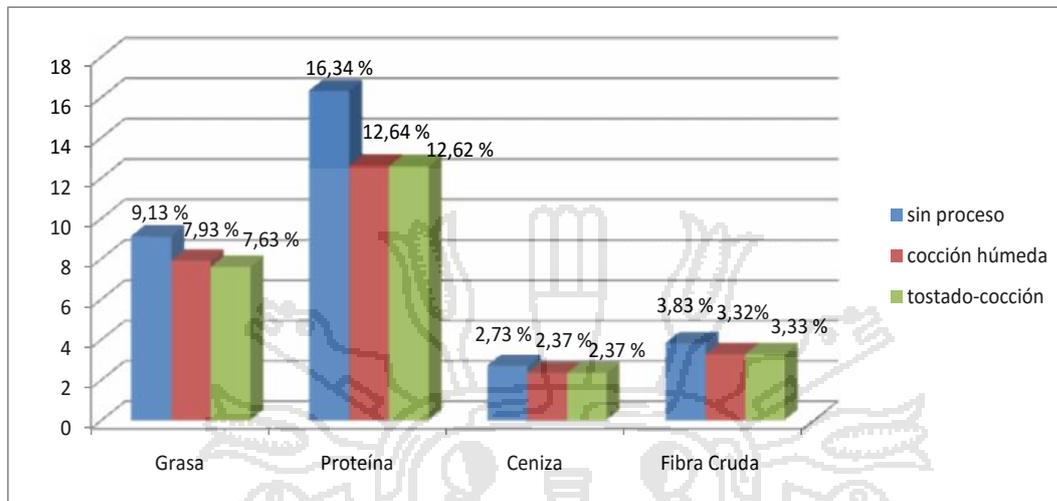
X : Promedio de 3 repeticiones  
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al los resultados obtenidos en el ANVA con DCA se puede afirmar que los componentes de la quinua son afectados por el procesamiento, ocasionando una disminución significativa en componentes como proteína, grasa, fibra cruda y ceniza, debido al tratamiento térmico prolongado y a la dilución de los componentes en agua de cocción.

La prueba de comparación de medias Dúncan (0.05%) indica que los procesos de cocción húmeda y tostado- cocción realizados a la quinua son semejantes entre si, es decir que no existen diferencias significativas entre estos dos tratamientos, afectando en igual medida a los componentes de la quinua cruda desaponificada. (Anexo 6.).

Del Cuadro N° 20 se observa que el contenido de proteínas disminuye en las muestras procesadas (cocción húmeda y tostado cocción) respecto a la quinua cruda desaponificada, esto indica la posibilidad de que se produjo la Reacción de Maillard durante el proceso, lo que podría reducir la disponibilidad de la lisina. Este aminoácido sirve como un indicador del daño proteico durante el procesamiento debido a que la lisina es el aminoácido esencial limitante en la mayoría de cereales, con excepción de la quinua y otros granos andinos. Además es probable que parte de las proteínas se hayan solubilizado en el agua de cocción.

**Figura N° 9. Composición proximal de la quinua cruda desaponificada, sometida a cocción húmeda y a Tostado-Cocción (%bs)**



#### 4.2.2 Grado de gelatinización

En el Cuadro N° 21 se reportan los resultados del grado de gelatinización del almidón de la variedad de quinua Salcedo INIA.

**Cuadro 21. Grado de gelatinización del almidón de la quinua, variedad Salcedo INIA**

Muestras de quinua	Grado de gelatinización %
Cocción húmeda	99,0
Tostado - cocción	98,8

Fuente: La Molina Calidad Total Laboratorios, 2009

Según el CENAN (2006) el porcentaje para alimentos cocidos indica, que debe ser mayor al 94%. Según el cuadro 21 los resultados muestran que el alimento corresponde a lo establecido.

Ott (1992) citado por Raygada (2001), menciona que el tipo de almidón de la materia prima influye en las diferentes características de gelatinización y gelificación del almidón presente. Este autor considera que las concentraciones de amilosa/amilopectina y la pureza del almidón son factores a considerar en la variabilidad del grado de gelatinización de los almidones.

El mismo autor menciona que el grado de calentamiento es otro factor que afecta el grado de gelatinización del almidón. La viscosidad máxima depende de un calentamiento suficiente para lograr la máxima gelatinización del gránulo de almidón. La máxima fuerza del gel de almidón depende que se efectúe un calentamiento suficiente para liberar algunas moléculas de amilasa con una mínima fragmentación de los gránulos.

#### 4.2.3 Contenido de Polifenoles de la quinua procesada

Los resultados del contenido de polifenoles para la quinua procesada, variedad Salcedo INIA se presentan en el Cuadro N° 22 y gráficamente en la Figura N° 10, expresados en ácido gálico y en ácido clorogénico. Los valores hallados se muestran en el Anexo 7.

**Cuadro N° 22 Contenido de Polifenoles de la quinua procesada**

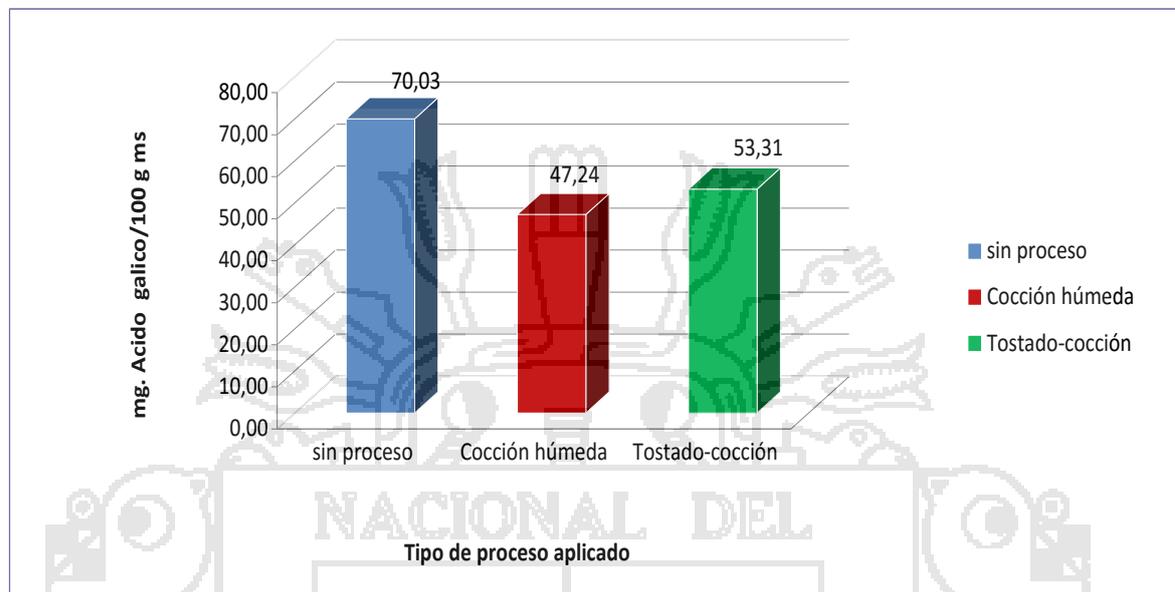
Tipo de proceso	Contenido de polifenoles	
	mg. ácido gálico/100 g ms $x \pm s$	mg. ácido clorogénico/100 g ms $x \pm s$
Sin proceso	70,03 $\pm$ 5,18	165,83 $\pm$ 12,74
cocción húmeda	47,24 $\pm$ 4,32	109,77 $\pm$ 12,74
tostado-cocción	53,31 $\pm$ 1,33	132,89 $\pm$ 4,65

x : Promedio de 3 repeticiones

s: desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 10. Polifenoles totales expresados en acido clorogénico para la muestra de quinua variedad Salcedo INIA sin proceso, sometida a cocción húmeda y tostado-cocción de la**



De acuerdo al análisis estadístico ANVA se puede afirmar que existe diferencias altamente significativas en el contenido de polifenoles de las muestras de quinua cruda y procesada, lo que indica que el contenido de polifenoles de la quinua cruda desaponificada es afectado por el procesamiento ocasionando una reducción del 33 % por el proceso de cocción húmeda y del 24% por el proceso de tostado-cocción.

Según los resultados del análisis estadístico, las pruebas de contrastes ortogonales y la comparación de medias Dúncan (0.05%), (Anexo 8), indican que existen diferencias significativas en el contenido de polifenoles entre estos dos procesos aplicados a la quinua (cocción húmeda y tostado cocción)

Se observa una mayor conservación de polifenoles de la quinua cuando es sometida a tostado-cocción (76%) que al ser sometida a cocción húmeda (67%). Esto se puede explicar a que el tostado favorece el incremento de polifenoles como lo menciona

Vásquez (2005), que reporta datos de incremento en el contenido de polifenoles de 1.07% a 23.29 %, en caso del amaranto, debido a la reacción de Maillard.

El tratamiento térmico influye positivamente en los compuestos fenólicos totales debido probablemente a que se producen productos pardos de la reacción de Maillard que incluyen polímeros solubles e insolubles mayormente azúcares reductores unidos a aminoácidos o proteínas y otros compuestos nitrogenados que hace a la lisina indisponible, además que debido al calentamiento (tostado por ejemplo) se pueden producir uniones entre los compuestos fenolicos en forma de aglicona y carbohidratos o proteínas, o que la lignina, que es un compuesto fenólico, (Saura-Calixto y Jiménez-Escrig , 2001), se desdobla y se forman otros compuestos fenólicos unidos a carbohidratos y proteínas lo que harían aumentar el porcentaje de compuestos fenólicos totales.

El tratamiento térmico en agua, afecta el contenido de polifenoles de la quinua, causando su reducción debido a la solubilización de los polifenoles en el agua de cocción como lo indica, Martínez –Valverde *et al.* (2000).

El tratamiento térmico también podría traer como consecuencia la liberación de compuestos fenólicos unidos, degradación parcial de lignina la cual podría conducir a la liberación de derivados de ácidos fenólicos y /o en inicio de degradación de los compuestos fenólicos. Laurri (1999) citado por Vásquez (2006) menciona que por efecto de la temperatura de secado puede ocurrir una descomposición significativa de los compuestos dando un número de productos fraccionados.

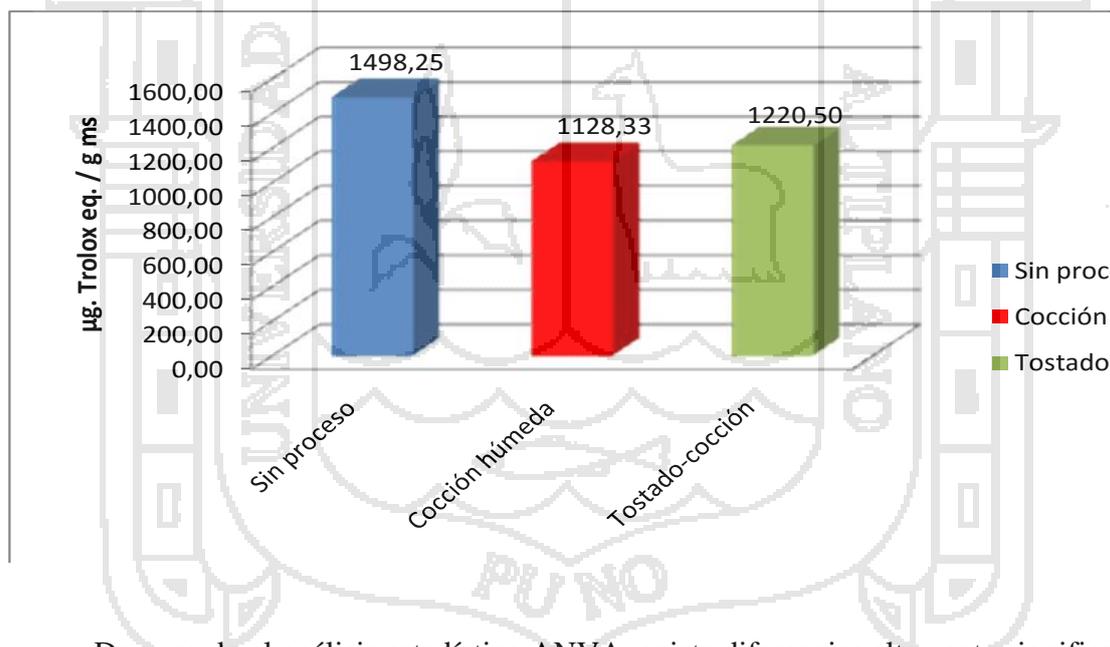
#### **4.2.4 Capacidad antioxidante de la quinua procesada**

Los resultados del contenido de capacidad antioxidante para la quinua procesada (cocción húmeda y tostado-cocción), variedad Salcedo INIA se presentan en el Cuadro N° 23, y gráficamente en la Figura N° 13 expresado en  $\mu\text{g. Trolox eq. / g ms}$  y en  $\text{mM Trolox eq. / g ms}$ . Los valores hallados se muestran en el Anexo 9

**Cuadro N° 23. Capacidad antioxidante de la quinua procesada**

Tipo de proceso	Capacidad Antioxidante	
	$\mu\text{g. Trolox eq. / g ms}$ $\bar{x} \pm s$	$\text{mM Trolox eq. / g ms}$ $\bar{x} \pm s$
<b>Sin proceso</b>	1498,25 $\pm$ 9,18	5,99 $\pm$ 0,04
<b>Cocción Húmeda</b>	1128,33 $\pm$ 6,72	4,51 $\pm$ 0,02
<b>Tostado-Cocción</b>	1220,50 $\pm$ 10,86	4,88 $\pm$ 0,43

x : Promedio de 3 repeticiones  
s: desviación estándar

**Figura N° 11 Capacidad antioxidante (CA) para la muestra de quinua, variedad Salcedo INIA sin proceso, sometida a cocción húmeda y a tostado cocción**

De acuerdo al análisis estadístico ANVA, existe diferencias altamente significativas en la capacidad antioxidante de la quinua de las muestras de quinua cruda desaponificada y procesada, lo que indica que la capacidad antioxidante es afectada por el procesamiento originando una pérdida del 25 % por el proceso de cocción húmeda y del 19 % por el de tostado-cocción.

El proceso por tostado-cocción presenta una menor reducción de la capacidad antioxidante en comparación al proceso por cocción húmeda, de acuerdo a la prueba de contrastes ortogonales y a la prueba de comparación de Duncan ( $p < 0.05$ ) existen diferencias significativas entre estos dos procesos aplicados a la quinua (cocción húmeda y tostado cocción). (Anexo 10).

Se observa una mayor conservación de la capacidad antioxidante de la quinua cruda desaponificada cuando es sometida a tostado-cocción (81%) que al ser sometida a cocción húmeda (75%) Esto se explica a que el tostado puede influir positivamente en la capacidad antioxidante de la quinua ya que reciente investigaciones sugieren que los productos de la Reacción de Maillard (MRPs) formados como consecuencia del tratamiento de calor intenso o almacenamiento prolongado, generalmente exhiben fuertes propiedades antioxidantes, por que al romper la cadena, la actividad secuestrante de Oxígeno aumenta (Kaur & Kapoor, 2001, citado por Vázquez 2006).

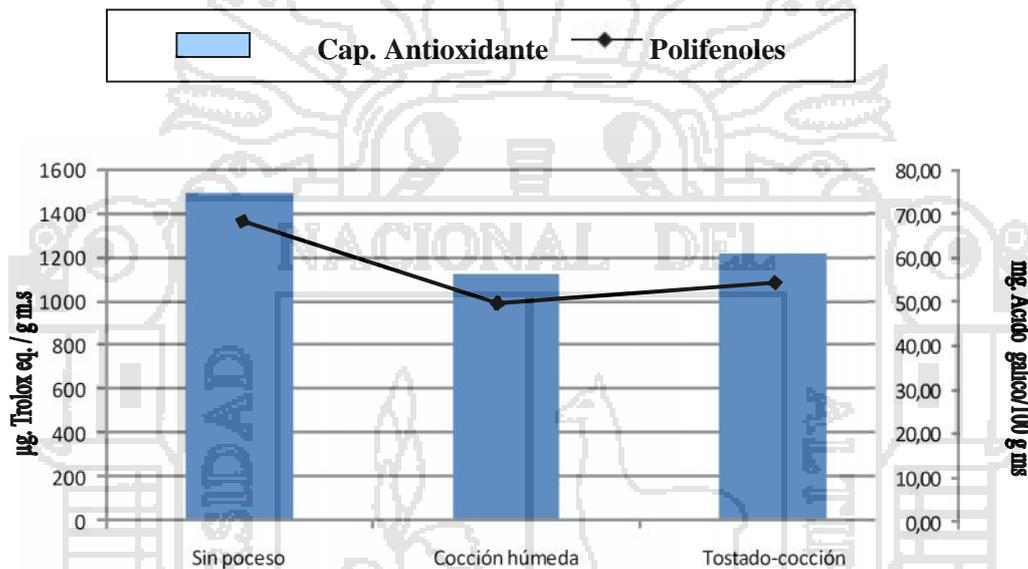
Un aspecto positivo de la reacción de Maillard es que alguno de sus productos, especialmente la reductonas tienen actividad antioxidante. Se debe a su poder reductor y a su capacidad de quelar metales como Cu y Fe, que son prooxidantes. Las aminorreductonas formadas en la reacción de las triosarreductonas con aminoácidos como glicina, metionina y valina tienen gran actividad antioxidante (Fenema, 2000)

Además la actividad antioxidante de los productos de la Reacción de Maillard puede ser principalmente atribuido al alto peso molecular de los compuestos pardos, los cuales se va formando cuando avanza la reacción (Kaur & Kapoor, 2001 citado por Vazquez 2006), observaron que un decrecimiento en el potencial antioxidante fue encontrado para tratamientos de calor corto, una mejoría de estas propiedades fue encontrado durante tratamientos de calor prolongados.

La reducción inicial en la actividad antioxidante puede ser atribuida no solamente a la degradación térmica de los antioxidantes, pero también a la formación de MRPs tempranamente con propiedades pro-oxidantes. La ganancia en actividad antioxidante coincidió con la formación de MRPs pardos (Kaur & Kapoor, 2001 citado por Vázquez 2006).

Según Martínez-Valverde *et al.*, (2000) los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación. Así, los autores consideran a los compuestos fenólicos como compuestos naturales con características antioxidantes.

**Figura N° 12. Muestras de quinua de la variedad Salcedo INIA con capacidad antioxidante correlacionándolos con su contenido de Polifenoles**



Al realizar el análisis de correlación simple mostrado en la Figura N° 12. En la cual se relaciona la capacidad antioxidante con el contenido de polifenoles, se observa una alta correlación ( $R^2=0,99$ ); lo que nos indicaría la contribución de los polifenoles en la capacidad antioxidante de las muestras de quinua en forma directamente proporcional. Esto confirma que la capacidad antioxidante depende del contenido de polifenoles puesto que ambos presentan una relación directa entre ellos, es decir que la capacidad antioxidante se ve directamente influenciada por el contenido de polifenoles totales en las muestras quinua cruda, en cocción húmeda y tostado-cocción.

Cabe mencionar que no todos los compuestos fenólicos tienen la misma capacidad antioxidante, algunos son más poderosos y otros más débiles puesto que pueden desarrollar antagonismos o sinergismo con otros componentes presente en el alimento (Zielinski y Kozłowska, 2000).

#### 4.2.5 Contenido de fitatos de la quinua procesada

En el Cuadro N° 24 y en la figura 18 ,se muestra los resultados del contenido promedio de fitatos de la quinua, variedad Salcedo INIA. Los valores se presentan en el Anexo 12.

**Cuadro N° 24. Contenido de fitatos de la quinua procesada**

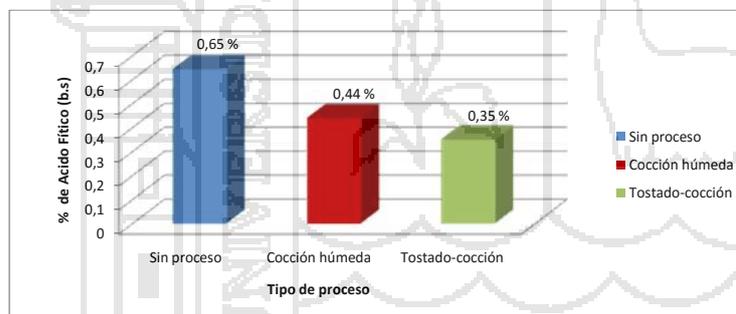
Tipo de proceso	% de Acido Fítico $x \pm s$
Sin proceso	0,65± 0,07
cocción húmeda	0,44 ± 0,02
Tostado-Cocción	0,35 ± 0,04

x : Promedio de 3 repeticiones

s: desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 13. Contenido de ácido fítico de la quinua cruda desaponificada, sometida a cocción húmeda y a tostado-cocción de la variedad Salcedo INIA**



De acuerdo al análisis estadístico ANVA se puede afirmar que existe diferencias altamente significativas en el contenido de fitatos de las muestras de quinua cruda y procesada, lo que indica que el contenido de fitatos de la quinua es afectado por el procesamiento ocasionando una pérdida del 31 % por el proceso de cocción húmeda y del 45% por el proceso de tostado-cocción.

La prueba de contrastes ortogonales y a la prueba de comparación de Duncan ( $p < 0.05$ ) indican que no existen diferencias significativas entre los procesamientos de cocción húmeda y tostado-cocción aplicados a la quinua (Anexo 12). Esto significa que estos dos procesamientos influyen de igual medida en el contenido de fitatos de la quinua cruda desaponificada, variedad Salcedo INIA.

Luna (2005), no halló cambios significativos en el contenido de fitatos por el proceso de cocción extrusión para la cañihua, pero en la investigación realizada si se observan cambios significativos. Esto se debe a que probablemente el contenido de fitatos no se ve afectado a altas temperaturas y por corto tiempo (cocción extrusión por ejemplo) pero si se ve afectado a bajas temperatura y largo tiempo, como se realizó en presente trabajo.

En la investigación si se encuentran variaciones en el contenido de fitatos los que se explican por que el tratamiento térmico prolongado en agua solubiliza el fitato y se pierde en el agua de cocción como lo menciona VTT (2001) citado por Grases *et al.* (2007), los métodos de procesamiento de alimentos que requieren calor, como el que se emplea para obtener cereales de desayuno a base de salvado, destruye casi todos los fitatos. Para la mayoría de la gente, las dosis de fitatos presentes en su dieta no representan un problema, pero aquellas personas que ingieren grandes cantidades de cereales integrales pueden necesitar complementos de minerales, debido a su alto potencial quelante que forma sales insolubles a pH neutros con numerosos cationes di y trivalentes (Ca, Mg, Zn, Cu, Co, Fe, Mn) Así la ingesta de 2 g de fitatos por día no afecta el balance mineral cuando el consumo de minerales es adecuado.

Se puede observar en el Cuadro N° 24 que el contenido de fitatos de la quinua cruda desaponificada fue de 0,645 %, la misma que disminuyó cuando se efectuó la cocción en un 32 % y cuando se realizó el proceso de tostado – cocción disminuyó en un 46 % esto puede deberse a que la fitasa, enzima presente en la quinua , que se activa a un pH de 4 – 7,5 y a 45- 60°C , haya realizado la hidrólisis del fitato a Inositol tetrafosfato (IP4), Inositol trifosfato (IP3), Inositol difosfato (IP2) e Inositol monofosfato (IP1), los cuales no quelan tanto los minerales como se refiere Phillippy *et al.*, (1988) citado por Grases *et al.* 2007, por lo que estos compuestos no se unirían al Fe de acuerdo al análisis que se realizó, lo que haría que disminuya el contenido de fitatos a 100 °C.

## V. CONCLUSIONES

- La composición química de la quinua cruda desaponificada, variedad Salcedo INIA en base seca fué: proteína 16,34%, grasa 9,12%, fibra 3,83 % y ceniza 2,72 %, 70,03 mg. ácido gálico/100 g ms de polifenoles totales, 1498,28 µg. Trolox eq. / g ms de capacidad antioxidante y el contenido de fitatos hallado fue de 0.65 %.
- La composición química de la quinua de la variedad Salcedo INIA, sometida a cocción húmeda en base seca fue de: proteína 12,64%, grasa 7,93%, fibra 3,32% y ceniza 2,37 %, 47,244 mg. ácido gálico/100 g ms de polifenoles totales, con una capacidad antioxidante de 1128,34 µg. Trolox eq. / g ms y el contenido de fitatos encontrado fue de 0,44 %. El proceso de cocción húmeda afecta significativamente el contenido de fitatos causando una reducción del 31 %, e influye significativamente en el contenido de polifenoles reduciéndolos a un 67 % del contenido inicial de polifenoles del grano de quinua desaponificado , atribuido su dilución en el agua de cocción. La capacidad antioxidante es afectada significativamente también por el proceso, reduciéndose a un 75 %, del contenido inicial de capacidad antioxidante del grano de quinua desaponificado.
- La composición química de la quinua variedad Salcedo INIA, sometida a tostado-cocción en base seca fue: proteína 12,62%, grasa 7,63%, fibra 3,33% y ceniza 2,37 %. El contenido de polifenoles de 56,64 mg. ácido gálico/100 g ms , la capacidad antioxidante de 1220,50 µg. Trolox eq./g ms y el contenido de fitatos de 0.35 %. El contenido de fitatos se vio afectado por el procesamiento realizado disminuyendo en un 45%. El contenido de polifenoles de la quinua se redujo a un 76% del contenido inicial de polifenoles del grano de quinua desaponificado después del proceso de tostado-cocción. El tostado favorece la conservación de los polifenoles reduciéndolos en menor medida después de la cocción. La capacidad antioxidante es influenciada significativamente por el proceso de tostado-cocción ocasionando la reducción a un 81 % del contenido inicial de capacidad antioxidante del grano de quinua desaponificado. Con este proceso se obtiene el mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.
- Existe una alta correlación entre el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante; lo que indica la contribución de los polifenoles en la capacidad antioxidante de la quinua, variedad Salcedo INIA en forma directamente proporcional.

## VI. RECOMENDACIONES

- Determinar el contenido de polifenoles, capacidad antioxidante y fitatos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) antes del desaponificado, así como en sus diferentes partes.
- Incluir el contenido de polifenoles, capacidad antioxidante y fitatos en las tablas de composición de alimentos peruanos.
- Realizar un estudio para las demás variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), dando prioridad a las variedades de colores en diferentes procesos de transformación.
- Realizar ensayos *in vivo* con animales de experimentación para evaluar los efectos fisiológicos de compuestos bioactivos de la quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) como son los polifenoles y fitatos para obtener valores comparativos y evaluar la eficiencia de los métodos *in vivo*

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C (Association of Oficial Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Análisis 16 ° Edhithion Vol 2. USA
- Aguilar, C 2002 Caracterización Físicoquímica de la fibra y mezclas de fibra dietaria obtenidas a partir de residuos de Naranja (Citrus sinesis). Salvado de cebada (*Hordeum vulgare*. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Agraria la Molina. Lima Perú )
- Agostini Lr, Moron Jiménez Mj, Ramón An, Ayalka Gomez A., 2004. Determination of the antioxidant capacity of flavonides in fruits and frsh and thermical t treated vegetables. Ardh Litinoam Nutr;54:89-92.4.7 4.20
- Allen, L.H. 1997.Improving iron status through diet the application of knowledge concerning dietary iron bioavaibility in human populations.USA:The USAID Micronutrient Program (MOST).
- Araya H, Y Lutz,M., 2003. Alimentos funcionales y saludables. *Revista Chilena de Nutrición* 1-10
- Brand-Williams 1995. Method to evaluate antioxidant activity. *Lebengm Wiss. Technol* 28:35-30
- Calsin, C.M., 2007. Obtención extracto Antioxidantes de Mashua . Tesis para obter el titulo de Ingeniero Agroindustrial UNA Puno-Perú.
- CENAN 2006 Centro Nacional de Alimentación y Nutrición del Instituto Nacional de salud. Normas Legales. Perú
- Chavez E., 1992 . Elaboración de un concentrado proteico de quinua. UNALM. LAima. Perú
- Chinnici F.;Bendini, A.; Gaiani, A. And Riponi, C. 2004. Radical scavening activites of peels and pulps from cv. Golden Delicious apples as related to their phenolic composition. *J. Agric. Food Chem.* 52
- Dávila, R., 2003. Determinación de taninos, vitamina C y capacidad antioxidante en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae. UNALM. Lima – Perú.135p
- Document 2004. Caracterización físico-química y determinación de sus propiedades físicas y fisiológicas del subproducto “borra de hoja de coca

- (*Erythroxylon novogratense cv. Truxillense*)". Tesis para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima-Perú.149p
- Espin, J.C.; Soler-Rivas,C. And Wichers,H.J. 2000. Characterization of total free Radical Scavenger Capacity of vegetable Oils Fraccións Using 2,2 – diphenyl-1-picrylhydrazil Radical. Journal Agric. Food Chem. 48
  - FAO 1970 Contenido de Aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Dirección de Nutrición de la FAO
  - FAO,2001 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Santiago- Chile
  - Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España
  - Gamarra, 2003 Extracción de betaninas de las semillas de ayrampo (*Opuntia sochrensi* Briton & Rose), evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los extractos. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima-Perú. 115p
  - Giusti, 1970 El genero *Chenopodium* en la Argentina I. Número de cromosomas. Darwiniana. Vol 16
  - Gonzales 2003 (*Chenopodium quinoa* Willd.).Cultivo andino, alimento del presente y futuro. Perú
  - Grases F.; Prieto R.M, Costa-Bauza, A. 2007. El fitato un producto natural con importantes implicaciones en la salud. Laboratorio en Litiasis Renal. Universidad de Illes Balears Palma de Mallorca - España
  - Gross, H.; Koch, L.; Malaga, A. Y Mihanda, F. 1989 “Chemical composition and protein quality of some local Andean food sources”. Food Chemistry. Vol. 34: 25-34- Elsevier Science Publisher Ud. England.
  - Jacobsen Y Sherwood 2002. Cultivo de granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, choclo y amaranto. Ediciones Abaya-Yala. 90 p. Quito-Ecuador.
  - Kähkönen, M.; Hopia. A.; Vuorela, H.; Rauha, J-P.; Pihlaja, K.; Kujala. T. And Heinonen, M. 1999 Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds J. Agric. Food Chem 47.
  - Latinreco S.A 1990. Quinoa hacia su cultivo comercial. Ediciones Larinreco S.A 206pp. Quito-Ecuador

- Leighton, F.; Urquiaga, I. Y Diez , M. 1997. propiedades antioxidantes del vino y sus componentes. Congreso Mundial de la vid y del vino. Buenos Aires Argentina.
- Lister, C. Y Podivinsky, E. 1998. Antioxidants in New Zeland grown fruit an vegetables.
- Lock, O. 1994. Investigación Fotoquímica. Pontificia Universidad Católica del Perú . Lima-Perú, 300p.
- Lott , J.; Ockenden, I.; Raboy, V. And Batten, G. 2000. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a globas estimate. Seed Science Research 10: 11-33
- Luna M. G. 2005. Efecto Del Proceso De Cocción Extrusión en la Fraccion Indigestible, Capacidad Antioxidante, Polifenoles Totales, Fitatos Y Algunas Propiedades Funcionales En 3 Variedades De Cañihua (*Chenppodium pallidicaule Aellen*) . Tesis para optar el Titulo de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Mantínez - Flores, S., Gonzales - Gallegos, J., Culebras, J.M., Tuñon, M.J. (2002) Los flavonoides: propiedades y acción antioxidante. Nutrición Hospitalaria. 17. pp. 271 - 278. España.
- Martinez- Domínguez, B., Ibáñez G.V., Rincón L.F., 2002. Acido Fítico: aspectos Nutricionales e implicancias analíticas. Universidad de Córdoba, España
- Martinez-Valverde, L; Periago, M Y ROS, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenolitos de la dieta. Archivos latinoamericanos de nutrición : 50-18. España
- Mazza, G. 2000. Alimentos funcionales. Aspectos bioquímicos y de procesado. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza-España. 457 p.
- MINAG 2004. Ministerio de Agricultura. Puno. Perú. Oficina de Información Agraria. (O.I.A). Boletín N° 1 Variedades Comerciales de Quinoa
- Monreal-Revuelta, S; Fernandez-Ginez,J.M; Fernández-Lopez,J.; Sayas-Barbera,M.E Y Perez-Álvarez J.A, 2002 Aspectos Fisiológicos y nutritivos de los alimentos funcionales. Alimentación Equipos y Tecnología.
- Muñoz, A. M. 2005. Curso : Alimentos Funcionales. Sociedad Química del Perú
- Nieto Q., 1984. Efecto del malteo sobre la composición química de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis UNALM. Perú.

- Ojeda, D 2003. Antocianinas totales, fenolitos totales y actividad antioxidante de la cáscaras de tres variedades de camote morado (*Ipomoea Batatas* (L.) Lam). Tesis para optar el título de Ingeniero En Industrias Alimentarias. UNALM. Perú
- Pérez-León, M. H., 2005. Evaluación de las características funcionales de 10 cultivares de masgua (*Tropaleum tuberosum*) en 6 estados de crecimiento y diferentes períodos de secado. Tesis UNALM. Perú.
- Pokorny, J., Yanishleva, N., Gordon, M., 2004. Antioxidantes de los Alimentos. Editorial Acribia Zaragoza, pp. 364. España.
- Prior R. y Cao G., 2000. Flanonoisds; Diet and Health relationships nutrition in clinical. USA. 3 (9): 279-228
- Raygada, M. 2001 Caracterización del almidón de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd): Kancolla y Chullpi. Tesis de la U.N.A.L.M. Lima – Perú
- Reddy NR, Pierson MD, Sathe SK, Salunke DK. Methods for análisis of phytate. En: Phytate in cereal and Legumes. CRC Pres: Florida 1989; 26-36
- Repo-Carrasco , R. 1998. Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y Granos Andinos. Editorial Agraria. Lima. Perú.
- Repo-Carrasco (2008) Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos. Rev. Soc. Química Perú
- Rios, C. 2004. Contribución al estudio de algunos compuestos bioactivos y de la capacidad antioxidante presente en diez genotipos de mashua () y a la evaluación de su estabilidad. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima – Perú. 183p.
- Schmid-Hebbel, 1986. Tóxicos químicos en alimentos editorial Universitaria. Chile
- Sánchez- Moreno, C. 2002 . Review : Methods used to Evaluate the Free radical Scavenging. Actyvity in food and Biological Systems
- Sarmiento, V. 2003 Estabilidad fisicoquímica y actividad antioxidante de las betalaínas en el extracto hidrosoluble de ayrampo ( *Opuntia soberensi*) durante el proceso de atomizado. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. UNALM. Lima-Perú. 142 p.
- Saura-Calixto, F. Y Jiménez-Escrig, A. 2001. Compuestos bioactivos asociados a la fibra dietética. En : fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Editorial Vatrela. Sao Paulo.

- Segura, 2004. Evaluación de la potencialidad funcional de 15 genotipos de papa nativa (*Solanum sp.*). Tesis para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALAM. Lima-Perú. 160 p
- Swain, T Y Hillis, W. 1959. "The phenolic constituentd of *Prunus domestica*". J. Sci. Food Agric. January. 63-68
- Tapia, M.; Gandarillas, Ii.; Alandia, S.; Cardoso, A.; Mujica, A.; Ortiz, R.; Otazu, V.; Rea, J.; Salas, B.; Y Sanabria, E. 1979. La quinua y la Kañihua. Cultivos Andinos Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Zona Andina. Lima-Perú.
- Tememoche, C. 2003. Evaluación de algunas características funcionales de 30 clones de mashua . Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias alimentarias. UNALAM. Lima-Perú. 147p.
- Tojo S.R., Leis T.R y Tojo G.R. 2001. Alimentos funcionales o nutraceuticos. Revista Española de pediatria. 57 (1) : 3-12
- Vásquez, C. 2006. Digestibilidad in Vitro de proteína y compuestos bioactivos en accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus L., 1753*) Tostada. ). Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae . UNALAM. Lima-Perú
- Wilson, H. 1976. A biosistematic study of the Chenopods and related species. Indiana. USA
- Zapata, L.; Cabrera, J.; Pardo, C.; Vela, N. Y Luna, O. 1983. Estudios sobre la utilización de la semilla de quinua en alimentos para consumo humano. En : procesamiento y conservación de alimentos en América Latina y el Caribe. Vol II. Secretaria general de la Organización de los Estados Americanos, OEA. Departamento de Asuntos Científicos y tecnológicos. Colombia .
- Zielinki, II. Y Kozłowska, II. 2000. Antioxidant Activity and Total Phenolics in selected Cereal Grains and their Different. Morphological fractions. J. Agric.Food Chem. Vol. 48

### Anexo 1: Preparación de la muestra (para cereales) para la determinación de la capacidad antioxidante y polifenoles totales

- Se molió la muestra en seco hasta obtener partículas finas.
- Se tomó 5 g. de muestra.
- Seguidamente se añadió 15 ml de metanol
- Se procedió a agitar en el Sheaker por 20 min a 50 °C
- Se Centrifugó a 1250 rpm por 5 min.
- Recuperar el líquido sobrenadante (L1)
- A los sólidos que quedaron en el capucho se le añadieron 15 ml de metanol
- Recuperar el líquido sobrenadante (L2)
- Se procedió a agitar en el Sheaker por 20 min a 50 °C
- Se Centrifugó a 1250 rpm por 5 min.
- Recuperar el líquido sobrenadante (L3)
- Se procedió a agitar en el Sheaker por 20 min a 50 °C
- Se Centrifugó a 1250 rpm por 5 min.
- Recuperar el líquido sobrenadante (L4)
- El líquido obtenido (L1 + L2 + L3 + L4) es la muestra, lista a ser evaluada. El extracto puede ser analizado inmediatamente o almacenado a 20 °C para su posterior análisis.

## Anexo 2. Determinación de polifenoles totales

### 1. Equipos

- Centrifuga
- Espectrofotómetro

### 2. Reactivos

- Carbonato de sodio
- Etanol
- Folin-Ciocalteu 0.25 N

### 3. Procedimiento

- Con una micropipeta se tomó 0,5 mL de la muestra (sobrenadante claro) y 8 mL de agua ulltrapura y se mezcló;
- Al mismo tiempo, se preparó un blanco con 0.5 mL metanol (etanol 95%), se añadió 0,5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu 0,25 N; se mezcló y dejó de reaccionar por 3 minutos;
- Se añadió 1 mL de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 1N con una micropipeta; seguidamente se mezcló y dejó reaccionar por 10 minutos;
- Se procedió a centrifugar por 15 minutos a 29 000 xg;
- Se llevó al espectrofotómetro a "cero" con una solución blanco de etanol al 95 %, se colocó la alícuota del sobrenadante en una cubeta de vidrio
- Se llevó al espectrofotómetro a una lectura de 725 nm;
- Se guardaron las lecturas de las absorbancias cada 30 minutos hasta que no existieron cambios significativos en la absorbancia observada.
- Estimar la cantidad de fenoles totales a partir de la curva estándar desarrollada para ácido gálico.

$$Y = 0.001586 + 0.22407447X$$

Donde: y: mg de ácido gálico/ml muestra, x : Absorbancia a 725 nm

Contenido de fenoles totales: Equivalente de ácido gálico (mg. Equivalente de ácido gálico/100 g. de muestra) =  $(a+bx)(\text{ml de extracto total/gr. Muestra})(0.5\text{ml de muestra reactante/ml extracto de muestra})(100)$

- El término extracto total se refiere a los ml del solvente + ml de muestra (1 g muestra=1 ml, se asume 1 la densidad)
- El término  $(0.5 \text{ ml de muestra reactante/ml de muestra extracto})$  es el factor de dilución. Si se usa 0.5 ml de muestra de extracto en el análisis entonces la proporción sería 0.5/0.5. Sin embargo, si 0.5 ml de muestra de extracto incrementa la absorbancia sobre 0.6, entonces se puede usar 0.2 ml de la muestra extracto mas 0.3 ml de metanol, dando una proporción de 0.5/0.2. El factor de dilución es de 2.5.
- El término  $a + bx$  viene de la curva estándar. La curva estándar también puede ser expresada como  $bx$ .
- X es la absorbancia a 725 nm
- El 100 es para expresar las unidades en 100 g de muestra

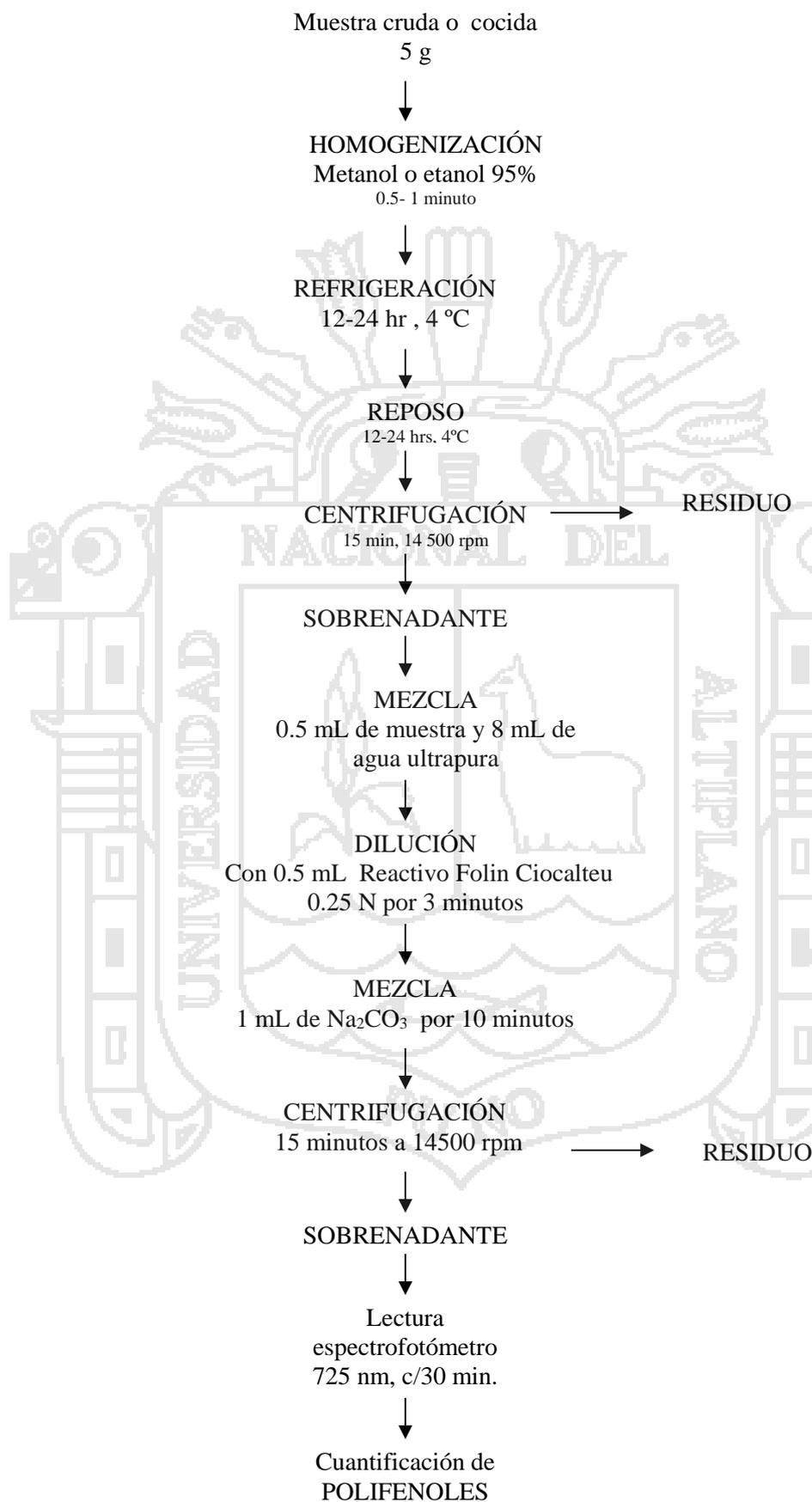
$$\text{Eq. Acido Galico} = (\text{curva estandar}) \left( \frac{\text{ml de extracto total}}{\text{gr de muestra}} \right) \left( \frac{0.5 \text{ ml de muestra reactante}}{\text{ml extracto de muestra}} \right) 100$$

Tomando como referencia la curva estándar reportada por Aguilar (2002) que es la siguiente:

$$Y = 0.5513X + 0.00904$$

Donde: y: mg de ácido clorogénico/ml muestra, x : Absorbancia a 725 nm

$$\text{Eq. Acido clorogenico} = (\text{curva estandar}) \left( \frac{\text{ml de extracto total}}{\text{gr de muestra}} \right) \left( \frac{0.5 \text{ ml de muestra reactante}}{\text{ml extracto de muestra}} \right) 100$$

**Anexo 2.a DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES DE LA QUINUA**

### Anexo 3 : Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH

#### 1. Equipos

- a. Centrifuga
- b. Espectrofotómetro

#### 2. Reactivos

- a. Metanol
- b. 2,2-difenil-1-picrylhidrazil (DPPH)

#### 3. Procedimiento

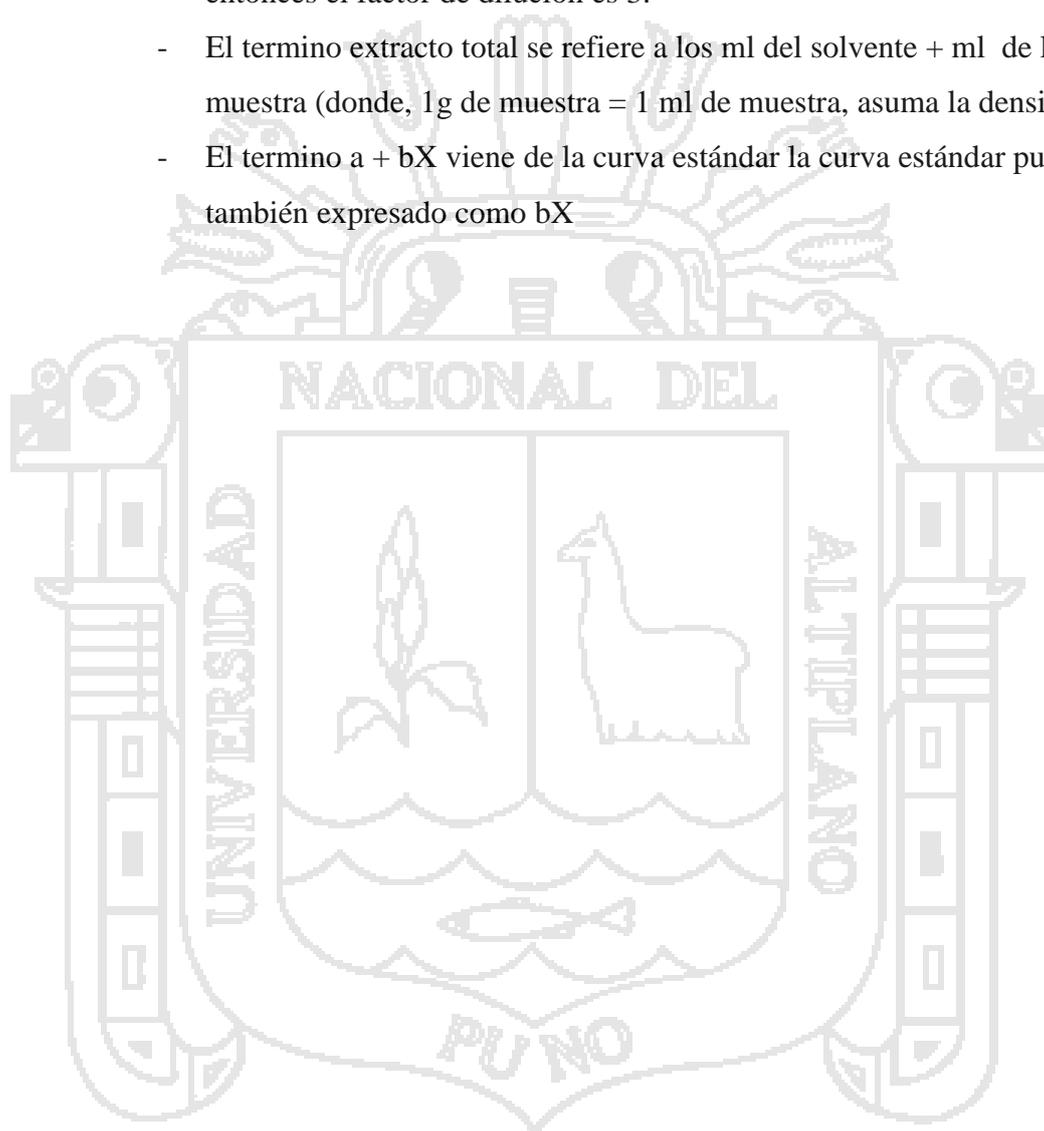
- Se llevó al espectrofotómetro a cero con metanol;
- Aseguramos una absorbancia inicial a 515 nm de la solución diluida de DPPH alrededor de  $1,1 \pm 0,02$ ;
- Con una micropipeta se añadió una alícuota de 150 uL de la muestra (en este caso, fase acuosa) con 2850 uL de la solución diluida de DPPH dentro de un vial de plástico limpio;
- Se corrió un blanco con 150 uL del solvente puro (de acuerdo a la solución de extracción) hasta obtener un factor de corrección (debido a la dilución);
- Se dejó que la muestra y el DPPH reaccionen en un agitador en la oscuridad y se cerraron los viales.
- La temperatura ambiental fue de 20 °C; en diferentes intervalos de tiempo (15 min) se transfirió la solución a una cubeta de vidrio limpia.
- En algunos casos, se golpea suavemente la cubeta hasta eliminar las burbujas y se procede a tomar la lectura del espectrofotómetro a 515 nm;
- Repetir las lecturas a través del tiempo hasta que no haya cambios significativos en la absorbancia.

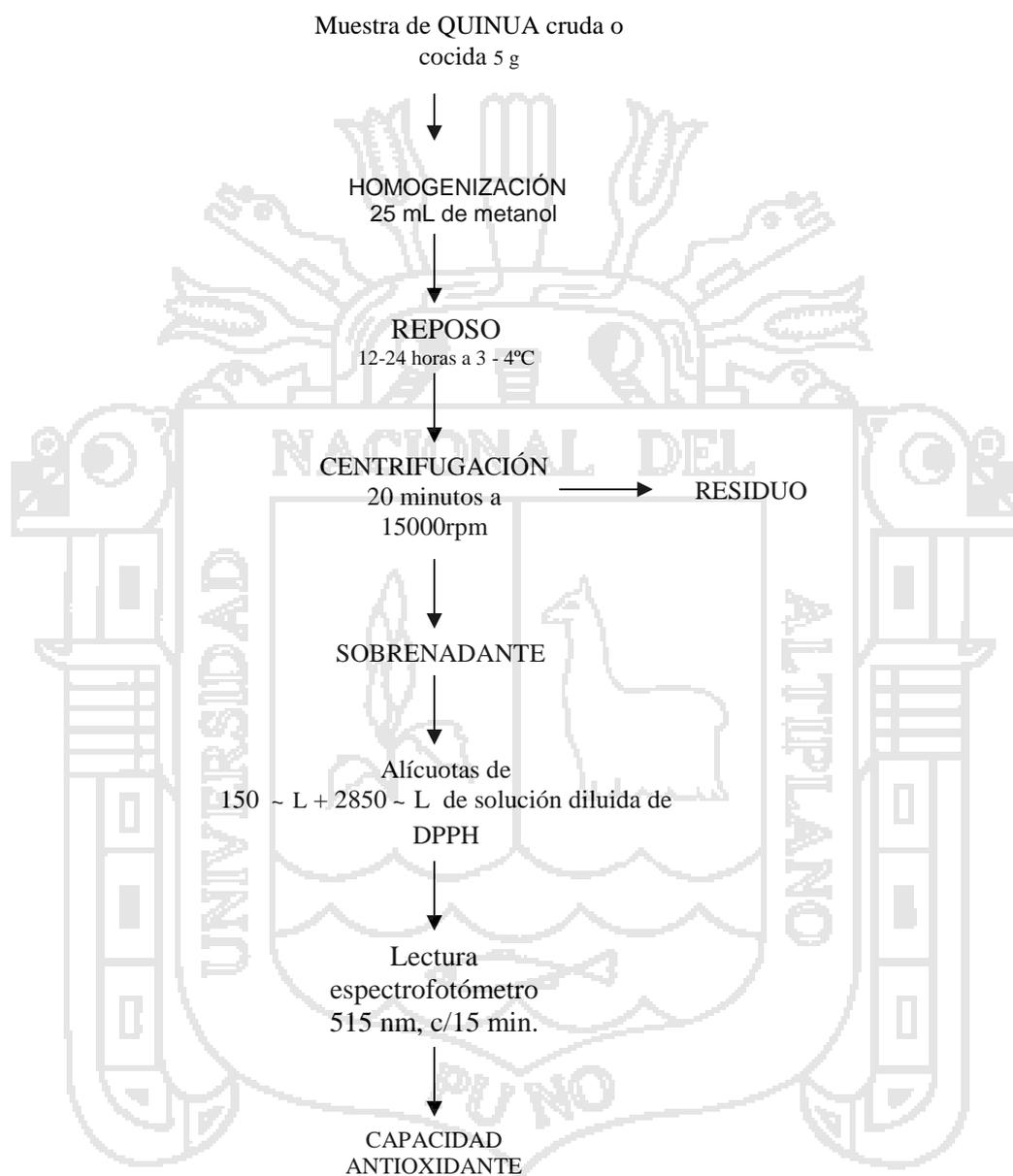
$$\text{troloxEq.} = (a + bX)(0.25) \left( \frac{\text{ml de extracto total}}{\text{gr.de muestra}} \right) \left( \frac{150 \text{ ~L de muestra reactante}}{\text{~L extracto de muestra}} \right)$$

$$\text{Curva estándar: } Y = 4.6945 + 921.81X$$

- 0.25 es usado para expresar Trolox en unidades de ug. Es obtenido a partir del peso molecular del Trolox. Por ejemplo 0.25 ug Trolox = 1 micromolar Trolox

- El termino (150ul de muestra reactante/uL extracto de muestra) es el factor de dilución. Por ejemplo si tu usas 150 ul de la muestra de extracto en los análisis entonces la proporción sería 150/150 . Sin embargo , si 150  $\mu$ L del extracto de la muestra disminuye la absorbancia por debajo de 0.1 , entonces se puede usar 50  $\mu$ L del extracto simple mas 100 del solvente, dando una proporción de 150/50, entonces el factor de dilución es 3.
- El termino extracto total se refiere a los ml del solvente + ml de la muestra (donde, 1g de muestra = 1 ml de muestra, asuma la densidad 1)
- El termino  $a + bX$  viene de la curva estándar la curva estándar puede ser también expresado como  $bX$



**Anexo 3.a determinación de la capacidad antioxidante de la quinua**

## Anexo 4 : Determinación cuantitativa de ácido fítico en cereales y derivados

### 1. Equipos

- Baño maría
- Bureta
- Agitador magnético

### 2. Reactivos

- Ac. Clorhídrico
- Sulfato de sodio  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (Sodio Sulfato anhidro)
- Persulfato sulfato ferroso amoniacal oxidado (sal de Mohr)
- Acido Sulfosalicilico al 20%
- EDTA- $\text{Na}_2$  0.01 M
- $\text{H}_2\text{O}_2$
- Persulfato amonico
- Glicina

### 3. Procedimiento

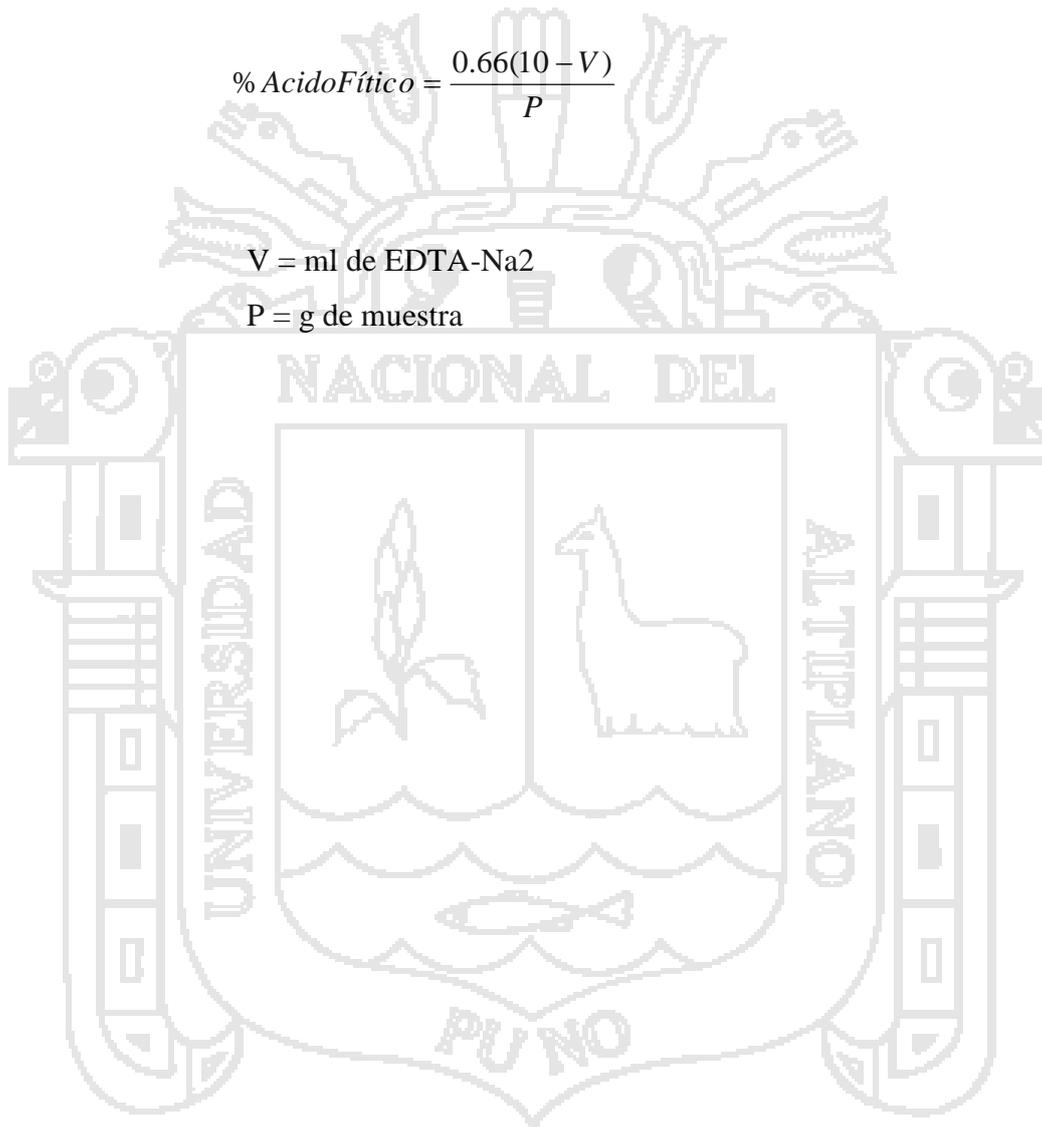
1. En un matraz con tapa se agregó 5 g de muestra, 40 ml de una solución que contiene 34 ml de HCL concentrado y 50 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  por litro. Se dejó durante 90 min. Agitando fuerte y vigorosamente.
2. Después de sedimentar se colocaron 20 ml del líquido sobrenadante (filtrado en caso de que sea necesario) en un tubo de 100 ml.
3. Se agregaron 20 ml de la misma solución de HCL y  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y 20 ml. de la siguiente solución : 7.8432 g de  $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6 \text{H}_2\text{O}$  en agua y 14 ml de HCL concentrado se oxidan con  $\text{H}_2\text{O}_2$  en caliente y luego se agregó persulfato amónico y después de frío se completó 1000 ml con agua y se comprueba el título con  $\text{Fe}^{3+}$  0,02 M
4. Luego se agregó al tubo 20 ml de ácido sulfosalicilico al 20% en agua y se cerró con tapón de goma atravesado por un tubo estrecho de vidrio de 30 cm de largo.
5. Se calentó a baño maría en ebullición por 15 minutos
6. Luego se enfrió a chorro de agua y se dejó en posición vertical

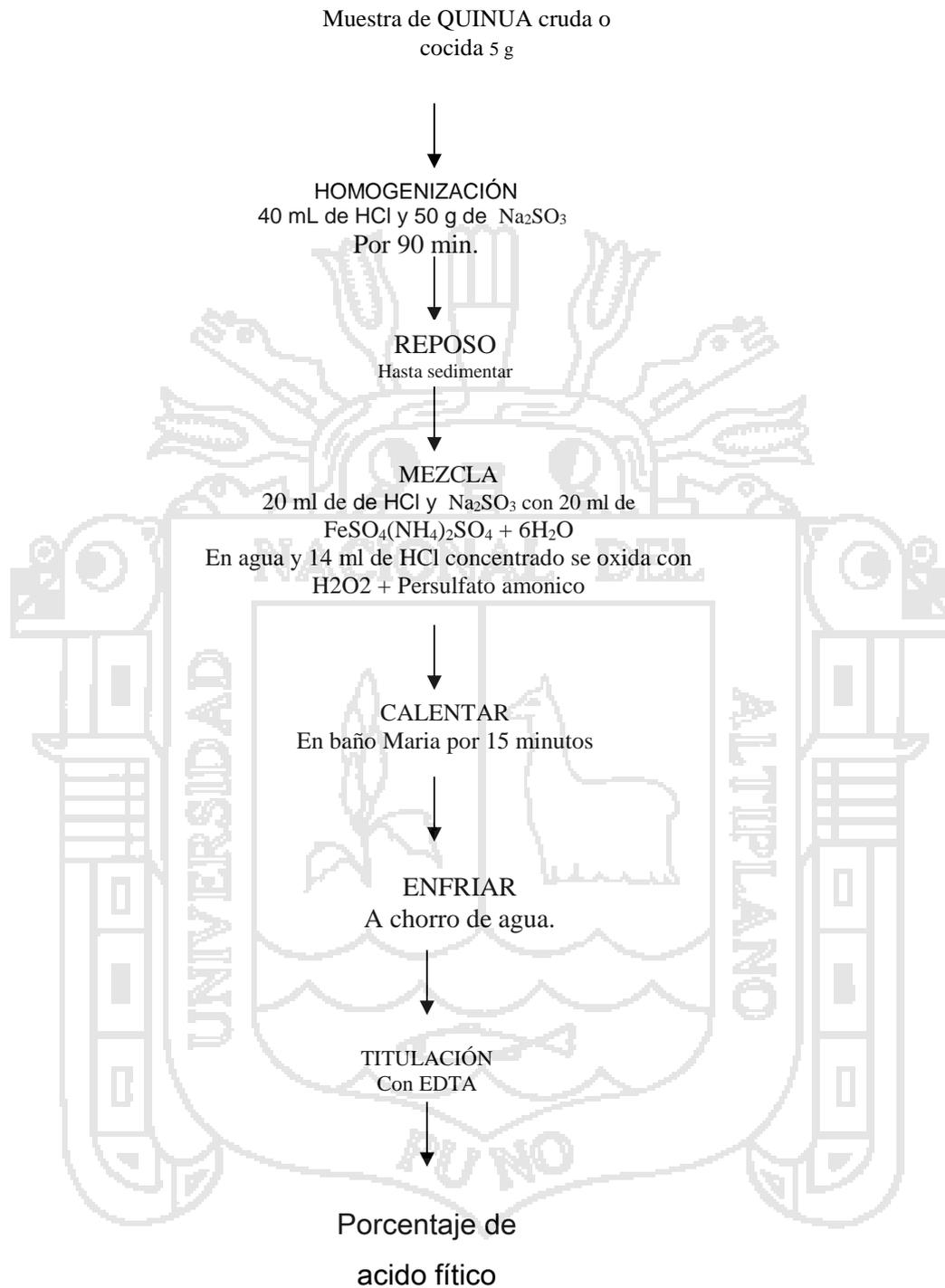
7. Comprobada la formación de un precipitado blanco de fitato férrico, se miden 20 ml de sobrenadante limpio que se completan a 200 ml con agua
  8. Se ajustó el pH a 2.5 mediante 0,75 g de glicina y se calienta a 70°C.
  9. Se tituló en caliente y con agitador magnético el exceso de  $\text{Fe}^{3+}$  con EDTA - $\text{Na}_2$  0.01 M (3.7214 g por 1000) hasta viraje del color rojo-marrón a amarillo claro
- El porcentaje de ácido fítico son expresados como:

$$\% \text{AcidoFítico} = \frac{0.66(10 - V)}{P}$$

V = ml de EDTA- $\text{Na}_2$

P = g de muestra



**Anexo 3.a Determinación de fitatos de la quinua**

**Anexo 5: Resultados para la composición proximal de tres muestras de quinua (sin proceso, en cocción húmeda y tostado-cocción) en base seca.**

		<b>grasas</b>	<b>proteína</b>	<b>cenizas</b>	<b>fibra cruda</b>
<b>sin proceso</b>	R1	8,58	16,34	2,64	3,84
	R2	9,27	16,16	2,77	3,6
	R3	9,52	16,51	2,76	4,05
	PROMEDIO	9,12	16,34	2,72	3,83
	DS	0,49	0,18	0,07	0,23
<b>cocción húmeda</b>	R1	7,95	12,58	2,23	3,41
	R2	7,96	12,78	2,35	3,34
	R3	7,87	12,57	2,54	3,21
	PROMEDIO	7,93	12,64	2,37	3,32
	DS	0,05	0,12	0,16	0,10
<b>tostado-cocción</b>	R1	8,03	12,58	2,34	3,12
	R2	7,56	12,86	2,32	3,54
	R3	7,31	12,42	2,45	3,32
	PROMEDIO	7,63	12,62	2,37	3,33
	DS	0,37	0,22	0,07	0,21

**Anexo 6: Análisis de varianza para la composición proximal de tres muestras de quinua (cruda, cocida y tostada-cocida) en base seca.**

**a) Análisis de varianza del efecto del tipo de procesamiento de la quinua en el contenido de proteína**

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
Tratamiento	2	27,4549	13,7274	436,8702	5.14	10.92	**
Error	6	0,1885	0,0314				
Total	8	27,6434					

$$R^2 = 0.9932 \quad C.V = 1.2783 \quad MSE = 0.1773 \quad Media = 13.8666$$

**a.1 Resultado de la Comparación entre las muestras de quinua en el contenido de proteína**

Contrastes	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
C1: Sin proceso Vs Cocción húmeda	1	20,4611	20,4611	651,1655	5.99	13.74	**
C2: Sin proceso Vs tostado-cocción	1	20,7204	20,7204	659,4192	5.99	13.74	**
C3: Cocción húmeda Vs tostado-cocción	1	0,0008	0,0008	0,0259	5.99	13.74	ns

**a.2 Resultado de la comparación de medias de las muestras de quinua en el contenido de proteína**

Tipo de proceso	n	Promedio	Duncan (P<0,05)
Sin proceso	3	16,34	A
Cocción húmeda	3	12,64	B
Tostado-cocción	3	12,62	B

**b) Análisis de varianza del efecto del tipo de procesamiento de la quinua en el contenido de grasa**

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
Tratamiento	2	3,73816	1,8691	15,0288	5.14	10.92	**
Error	6	0,7462	0,1244				
Total	8	4,4844					

$R^2 = 0.8336$      $C.V = 4.2862$      $MSE = 0.3527$      $Media = 8.2278$

**b.1 Resultado de la Comparación entre las muestras de quinua en base húmeda en el contenido de grasa**

Contrastes	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
C1: Sin proceso Vs Cocción húmeda	1	2,1480	2,1480	17,2716	5.99	13.74	**
C2: Sin proceso Vs tostado-cocción	1	3,3301	3,3302	26,7767	5.99	13.74	**
C3: Cocción húmeda Vs tostado-cocción	1	0,1291	0,1291	1,0378	5.99	13.74	ns

**b.2 Resultado de la comparación de medias de las muestras de quinua en el contenido de grasa**

Tipo de proceso	n	Promedio	Duncan (P<0,05)
Sin proceso	3	9,12	A
Cocción húmeda	3	7,93	B
Tostado-cocción	3	7,63	B

**c) Análisis de varianza del efecto del tipo de procesamiento de la quinua en el contenido de fibra cruda**

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
Tratamiento	2	0,5135	0,2567	7,3263	5.14	10.9	*
Error	6	0,2103	0,0350			2	
Total	8	0,7238					

$R^2 = 0.7095$      $C.V = 5.3605$      $MSE = 0.1872$      $Media = 3.4922$

**c.1 Resultado de la Comparación entre las muestras de quinua en base húmeda en el contenido de fibra cruda**

Contrastes	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
C1: Sin proceso Vs Cocción húmeda	1	0,3902	0,3902	11,1330	5.99	13.74	*
C2: Sin proceso Vs tostado-cocción	1	0,3800	0,3800	10,8438	5.99	13.74	*
C3: Cocción húmeda Vs tostado-cocción	1	0,00006	0,00006	0,0019	5.99	13.74	ns

**c.2 Resultado de la comparación de medias de las muestras de quinua en el contenido de fibra cruda**

Tipo de proceso	n	Promedio	Duncan (P<0,05)
Sin proceso	3	3,83	A
Cocción húmeda	3	3,32	A
Tostado-cocción	3	3,33	A

**d) Análisis de varianza del efecto del tipo de procesamiento de la quinua en el contenido de ceniza**

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
Tratamiento	2	0,2474	0,1237	10,7338	5.14	10.92	*
Error	6	0,0691	0,0115				
Total	8	0,3165					

$R^2 = 0.7816$       C.V. = 4.3128      MSE = 0.1073      Media = 2.4889

**d.1 Resultado de la Comparación entre las muestras de quinua en el contenido de ceniza**

Contrastes	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
C1: Sin proceso Vs Cocción húmeda	1	0,1838	0,1838	15,9474	5.99	13.74	**
C2: Sin proceso Vs tostado-cocción	1	0,1873	0,1873	16,2527	5.99	13.74	**
C3: Cocción húmeda Vs tostado-cocción	1	0,00002	0,00002	0,00144	5.99	13.74	ns

**d.2 Resultado de la comparación de medias de las muestras de quinua en el contenido de ceniza**

Tipo de proceso	n	Promedio	Duncan (P<0,05)
Sin proceso	3	2,72	A
Cocción húmeda	3	2,37	A
Tostado-cocción	3	2,37	A

**Anexo 7: Resultados de la cuantificación de polifenoles totales a 725 nm, expresados en ácido gálico/100 g ms y en ácido clorogénico/100 g ms**

Tipo de proceso	Polifenoles ácido gálico	Promedio	DE	Polifenoles ácido clorogénico	Promedio	DE
sin proceso	75,3681	70,032	5,18	178,9604	165,832	12,74
	69,6958			165,0045		
	65,0320			153,5300		
cocción húmeda	45,3218	47,244	1,76	105,0361	109,766	4,32
	47,6496			110,7632		
	48,7616			113,4992		
Tostado-cocción	54,2348	53,310	1,33	129,42539	132,891	4,65
	53,9070			131,0793		
	51,7886			138,1692		

**Anexo 8: Análisis de varianza del efecto del tipo de procesamiento de la quinua en el contenido de polifenoles totales de tres muestras de quinua (sin proceso, en cocción húmeda y en tostado-cocción) en ácido gálico**

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
Tratamiento	2	786,8730	393,4365	35,2972	5.1	10.9	**
Error	6	66,8783	11,14639		4	2	
Total	8	889,7932					

$R^2 = 0.9217$     C.V. = 5.7589    MSE = 3.3386    Media = 57.9733

**a). Resultado de la Comparación entre las muestras de quinua en el contenido de polifenoles totales**

Contrastes	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
C1: Sin proceso Vs Cocción húmeda	1	778,9155	778,9155	69,8805	5.99	13.74	**
C2: Sin proceso Vs tostado-cocción	1	268,8782	268,8782	24,1224	5.99	13.74	**
C3: Cocción húmeda Vs tostado-cocción	1	132,5158	132,5158	11,8887	5.99	13.74	*

**b). Resultado de la comparación de medias de las muestras de quinua en el contenido de polifenoles totales**

Tipo de proceso	n	Promedio	Duncan (P<0,05)
Sin proceso	3	70,0320	A
Cocción húmeda	3	56,6435	B
Tostado-cocción	3	47,2443	C

**Anexo 9: Resultados de la cuantificación de la capacidad antioxidante par tres muestras de quinua (sin proceso, en cocción húmeda y en tostado-cocción) con DPPH a 515 nm, expresado en µg. Trolox eq. / g ms y mM Trolox eq. / g ms**

Tipo de proceso	Capacidad antioxidante en µg. Trolox eq. / g ms	Promedio	DE	Capacidad antioxidante mM Trolox eq. / g ms	Promedio	DE
Sin proceso	1495,9255	1498,2543	9,1756	5.9837	5.993	0.037
	1508,3699			6.0335		
	1490,4674			5.9619		
Cocción húmeda	1120,703	1128,3304	6,7106	4,4828	4,5133	0,0268
	1130,9615			4,5238		
	1133,3267			4,5333		
Tostado - cocción	1232,9186	1220,4984	10,8592	4,9317	4,8820	0,0434
	1212,7964			4,8512		
	1215,7802			4,8631		

**Anexo 10: Análisis de varianza del efecto tipo de procesamiento de la quinua en la capacidad antioxidante de tres muestras de quinua (sin proceso, en cocción húmeda y en tostado-cocción)**

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
Tratamiento	2	222486,963	111243,4815	1350,3411	5.14	10.92	**
Error	6	494,2906	82,3818				
Total	8	222993,244					

R<sup>2</sup> = 0.9978      C.V = 0.70789      MSE = 9.0778      Media = 1282.381

**a). Resultado de la Comparación entre las muestras de quinua en la capacidad antioxidante**

Contrastes	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
C1: Sin proceso Vs Cocción húmeda	1	205265,523	205265,5234	2491,6379	5.99	13.74	**
C2: Sin proceso Vs tostado-cocción	1	115722,517	115722,5166	1404,7104	5.99	13.74	**
C3: Cocción húmeda Vs tostado-cocción	1	12742,4046	12742,4046	154,6751	5.99	13.74	**

**b). Resultado de la comparación de medias de las muestras de quinua en la capacidad antioxidante**

Tipo de proceso	n	Promedio	Duncan (P<0,05)
Sin proceso	3	1498,2543	A
Cocción húmeda	3	1220,4984	B
Tostado-cocción	3	1128,3304	C

**Anexo 11: Resultados de la cuantificación de fitatos de tres muestras de quinua**

Tipo de proceso	FITATOS	Promedio	DE
Sin proceso	0,724	0,645	0,07
	0,600		
	0,611		
Cocción húmeda	0,457	0,441	0,01
	0,436		
	0,429		
Tostado-cocción	0,389	0,352	0,04
	0,360		
	0,306		

**Anexo 12: Análisis de varianza del efecto del tipo de procesamiento de la quinua en el contenido de fitatos de tres muestras de quinua (sin proceso, en cocción húmeda y tostado-cocción)**

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
Tratamiento	2	0,1357	0,0680	30,3951	5.14	10.92	**
Error	6	0,0134	0,0022				
Total	8	0,1491					

$$R^2 = 0.9102$$

$$C.V. = 9.8620$$

$$MSE = 0.0473$$

$$Media =$$

$$0.479111$$

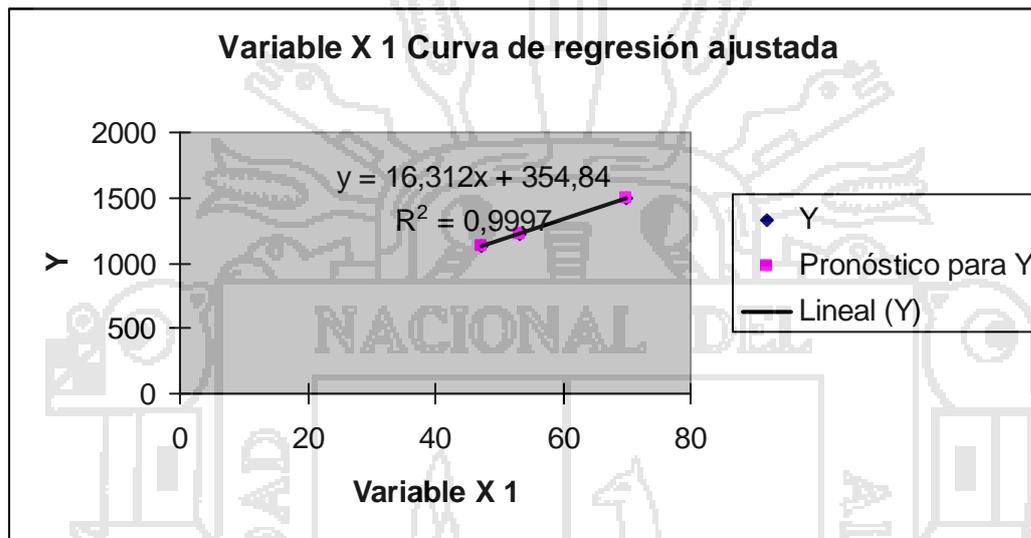
**a). Resultado de la Comparación entre las muestras de quinua en el contenido de fitatos**

Contrastes	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Sig.
C1: Sin proceso Vs Cocción húmeda	1	0,0626	0,0626	28,0522	5.99	13.74	**
C2: Sin proceso Vs tostado-cocción	1	0,1291	0,1291	57,8112	5.99	13.74	**
C3: Cocción húmeda Vs tostado-cocción	1	0,0119	0,0119	5,3219	5.99	13.74	ns

**b). Resultado de la comparación de medias de las muestras de quinua en el contenido de fitatos**

Tipo de proceso	n	Promedio	Duncan (P<0,05)
Sin proceso	3	0,645	A
Cocción húmeda	3	0,441	B
Tostado-cocción	3	0,352	B

**Anexo 13 . Correlación de la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles**



Anexo 14. Resultados del análisis

a. Índice gelatinización de la quinua sometida a cocción



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

### INFORME DE ENSAYOS

N° 003552 - 2009

**SOLICITANTE :** UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

**DIRECCIÓN LEGAL :** Av. Floral S/N Ciudad Universitaria - Puno  
RUC: 20145496170      Teléfono: 051-353482

**PRODUCTO :** QUINUA COCIDA

**NÚMERO DE MUESTRAS :** Uno

**IDENTIFICACIÓN/MTRA. :** Variedad: Salcedo Inia

**CANTIDAD RECIBIDA :** 260 g. de muestra proporcionada por el solicitante.

**MARCA(S) :** S.M.

**FORMA DE PRESENTACIÓN :** Envasado en bolsa ziploc con 270 g. aprox.

**SOLICITUD DE SERVICIO :** S/S N°EN-002430 -2009

**REFERENCIA :** PERSONAL

**FECHA DE RECEPCIÓN :** 01/07/2009

**ENSAYOS SOLICITADOS :** FÍSICO/QUÍMICO

**PERÍODO DE CUSTODIA :** No aplica.

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Índice de Gelatinización (%)	99,0

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**  
1.- LMCTL-006A 2001

**FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS:** Del 01/07/2009 Al 07/07/2009.

---

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-CRT

La Molina, 7 de Julio de 2009



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS



Ing. CECILIA ALEGRIA ARNEDO  
DIRECCIÓN TÉCNICA

Pág 1/1



Av. La Universidad 595, La Molina - Lima - Perú

Telefaxes: (511)3495640 - 3492507 - 3495794 - 3491066 - 3492191

E-mail: calitot@infonegocio.net.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

**N° 030288**



a. Índice gelatinización de la quinua sometida a tostado-cocción



## LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS

*Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos*

---

### INFORME DE ENSAYOS

N° 003551 - 2009

<b>SOLICITANTE</b>	: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
<b>DIRECCIÓN LEGAL</b>	: Av. Floral S/N Ciudad Universitaria - Puno
	RUC: 20145496170      Teléfono: 051-353482
<b>PRODUCTO</b>	: QUINUA TOSTADA Y COCIDA
<b>NÚMERO DE MUESTRAS</b>	: Uno
<b>IDENTIFICACIÓN/MTRA.</b>	: Variedad: Salcedo Inia
<b>CANTIDAD RECIBIDA</b>	: 330 g. de muestra proporcionada por el solicitante.
<b>MARCA(S)</b>	: S.M.
<b>FORMA DE PRESENTACIÓN</b>	: Envasado en bolsa ziploc con 330 g. aprox.
<b>SOLICITUD DE SERVICIO</b>	: S/S N°EN-002431 -2009
<b>REFERENCIA</b>	: PERSONAL

<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 01/07/2009
<b>ENSAYOS SOLICITADOS</b>	: FÍSICO/QUÍMICO
<b>PERÍODO DE CUSTODIA</b>	: No aplica.

**RESULTADOS :**

**ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :**

ENSAYO	RESULTADO
1.- Índice de Gelatinización (%)	98,8

**MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :**  
1.- LMCTL-006A 2001

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 01/07/2009 Al 07/07/2009.

---

**ADVERTENCIA :**

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-CRT

La Molina, 7 de Julio de 2009.



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS



Ing. CECILIA ALEGRIA ARNEDO  
DIRECTORA TÉCNICA

Pág 1/1



Av. La Universidad 595, La Molina - Lima - Perú  
 Telefaxes: (511)3495640 - 3492507 - 3495794 - 3491066 - 3492191  
 E-mail: calitot@infonegocio.net.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

**N° 030289**

## c. Resultados de los análisis realizados



*Universidad Nacional del Altiplano - Puno*

OFICINA UNIVERSITARIA DE INVESTIGACIÓN  
Unidad de Laboratorios y Gabinetes  
**Laboratorio de Control y Calidad Ambiental**



---

## CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DEL LABORATORIO DE CONTROL Y CALIDAD AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

HACE CONSTAR:

Que la Srta. Dhaly Flor De La Riva Tapia, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA – Puno, quien ha desarrollado el trabajo de investigación (Tesis) “*Comparación del contenido de fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de la quinua cruda y procesada de la quinua (Chenopodium quinua Willd). Variedad Salcedo INIA*”, en el Laboratorio de Investigación de Control y Calidad Ambiental de la UNA-PUNO, iniciando el día 15 de mayo al 30 de julio del año 2009 terminando satisfactoriamente los análisis.

Se expide la presente constancia a petición de los interesados para los fines pertinentes.

Puno, 24 de noviembre 2009





**Ing. Martín Choque Yucra**  
JEFE (c)  
Lab. Invest. y de Control de Calidad Ambiental  
UNA - PUNO

---

Ciudad Universitaria Of. 101 - Teléfono N° 364519 - Fax (051) 364519