

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



“CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y COMPUESTOS
BIOACTIVOS DE LAS HOJAS DE OCHO VARIEDADES
COMERCIALES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa W.*)”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Tesista:

Bach. SIANKO KRISÉ MALPARTIDA SÁNCHEZ

Asesora:

Mg. Sc. Miriam Elizabeth Ramos Ramírez

Huánuco, Perú

2017

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi Trabajo de Grado plasmado en el presente informe:

A Dios padre, creador y luz de mi vida, por llenarme de bendiciones.

A mis padres Jacqueline y Luis Alberto y a mi hermana Olenka por su apoyo incondicional en todo este tiempo de formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Al equipo técnico del Laboratorio de Valoración y uso de los Recursos Genéticos con Aptitud Industrial del INIA y de forma especial al Ing. Fredy Quispe Jacobo y a la Bach. Rocío del Pilar Galindo Luján por sus aportes y facilidades brindadas durante el desarrollo del trabajo de investigación.

A la Mg. Sc. Miriam Elizabeth Ramos Ramírez por su asesoramiento y las facilidades brindadas en esta etapa.

Al Bach. Carlos Enrique Tarrillo Domínguez, por su amistad incondicional y por todo el apoyo brindado durante el desarrollo del trabajo experimental.

RESUMEN

La presente investigación realizada en el Centro Experimental La Molina del INIA, tuvo como propósito determinar la composición nutricional y compuestos bioactivos de las hojas de ocho variedades comerciales de quinua del INIA Perú.

El estudio de la composición nutricional de las hojas se realizó de acuerdo a métodos estandarizados sugeridos por AOAC. Los resultados reportados evidencian diferencias significativas en $p \leq 0,05$ en el análisis proximal y energía total, registrando los valores mayores de cada variedad, es así: Illpa INIA 5,51 % en proteínas, INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO 0,62 % en grasa, Illpa INIA 1,27 % en fibra cruda, INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO 3,48 % en cenizas, INIA 420 Negra Collana 88,16 % de humedad, INIA 415 Pasankalla 5,45 % de carbohidratos e Illpa INIA 45,03 Kcal/100 g de muestra de energía total.

En cuanto a los análisis de compuestos bioactivos y antioxidantes se realizaron de acuerdo a métodos sugeridos por diferentes autores.

Referente a los compuestos fenólicos el valor mayor reportado fue para la variedad Illpa INIA (11,71 mg GAE/g de muestra seca). El contenido de flavonoides totales fluctuaron entre 1,46 y 2,61 mg CAE/g de muestra seca, sobresaliendo con mayor contenido INIA 431 Altiplano.

La capacidad antioxidante por el método DPPH con el mayor valor de 3,45 mg TROLOX/g de muestra seca fue para la variedad INIA 415 Pasankalla. De la misma forma, en el método ABTS el mayor valor reportado fue para la variedad INIA 415 Pasankalla 16,63 mg TROLOX /g de muestra seca.

De estos estudios concluimos que las hojas de las variedades de quinua evaluadas revelan importantes características desde el punto de vista nutricional y funcional.

Palabras clave: hojas de quinua, compuestos fenólicos, flavonoides, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante.

SUMMARY

The present research realized in the Experimental Center La Molina of the INIA, its purpose was to determine the nutritional composition and bioactive compounds of the leaves of eight commercial varieties of INIA Peru quinoa.

The study of the nutritional composition of leaves was performed according to standardized methods suggested by AOAC. The results reported showed significant differences in $p \leq 0.05$ in the proximal analysis and total energy, registering the highest values of each variety, as follows: Illpa INIA 5,51% in proteins, INIA 433 Santa Ana / AIQ / FAO 0,62% in fat, Illpa INIA 1.27% in raw fiber, INIA 433 Santa Ana / AIQ / FAO 3,48% in ash, INIA 420 Negra Collana 88,16% of humidity, INIA 415 Pasankalla 5.45% of carbohydrates and Illpa INIA 45.03 Kcal / 100 g of total energy sample.

As for the analysis of bioactive compounds and antioxidants were performed according to methods suggested by different authors.

Regarding phenolic compounds, the highest value reported was for the Illpa INIA variety (11.71 mg GAE / g dry sample). The total flavonoid content fluctuated between 1.46 and 2.61 mg CAE / g dry sample, excelling with higher INIA 431 Altiplano content.

The antioxidant capacity by the DPPH method with the highest value of 3.45 mg TROLOX / g of dry sample was for the variety INIA 415 Pasankalla. In the same way, in the ABTS method the highest reported value was for the variety INIA 415 Pasankalla 16.63 mg TROLOX / g dry sample.

From these studies we conclude that the leaves of the varieties of quinoa evaluated reveal important characteristics from the nutritional and functional point of view.

Key words: quinoa leaves, phenolic compounds, flavonoids, bioactive compounds and antioxidant capacity.

ÍNDICE

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1. DATOS GENERALES	2
2.1.1. Quinua (Chenopodium quinoa W.)	2
2.1.2. Nombres comunes	2
2.1.3. Variedades comerciales de quinua	3
a. INIA 415 Pasankalla	4
b. Quillahuaman INIA	4
c. Salcedo INIA	5
d. Amarilla Sacaca INIA	5
e. INIA 431 Altiplano	6
f. INIA 420 Negra Collana	6
g. Illpa INIA	6
2.1.4. Propiedades de la quinua	7
a. Composición nutricional	7
b. Compuestos bioactivos	9
2.1.5. Aspectos agrotécnicos	9
a. Posición taxonómica	9
b. Descripción botánica	9
c. Labores culturales	11
2.1.6. Distribución geográfica	12
2.2. ANTECEDENTES	12
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	16

2.3.1. Compuestos fenólicos	16
2.3.2. Flavonoides	16
2.3.3. Antioxidantes	17
2.3.4. Capacidad Antioxidante	17
2.3.5. Método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracilo)	17
2.3.6. Método ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolína)- 6-sulfónico)	18
2.4. HIPÓTESIS	18
2.4.1. Hipótesis general	18
2.4.2. Hipótesis específicas	18
2.5. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	19
2.5.1. Variables	19
2.5.2. Operacionalización de variables	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. LUGAR Y EJECUCIÓN	20
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	20
3.2.1. Tipo de investigación	20
3.2.2. Nivel de investigación	20
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	20
3.3.1. Población	20
3.3.2. Muestra	20
3.2.3. Unidad de análisis	20
3.4. VARIABLES EN ESTUDIO	21
3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS	21
3.5.1. Hipótesis	21
3.5.2. Diseño de la investigación	21
3.5.3. Datos a registrar	21
3.5.4. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información	22
a. Técnicas	22
b. Instrumentos de recolección	22

c. Procesamiento de la información	22
3.6. MATERIALES Y EQUIPOS	22
3.6.1. Material en estudio	22
3.6.2. Equipos	23
3.6.3. Materiales	23
3.6.4. Reactivos	23
3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24
IV. RESULTADOS	27
4.1. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL	27
4.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS	28
4.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	28
V. DISCUSIÓN	31
5.1. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL	31
5.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS	33
5.2.1. Contenido de compuestos fenólicos	33
5.2.2. Contenido de flavonoides totales	33
5.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODOS DPPH Y ABTS	34
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES	36
VIII. LITERATURA CITADA	37
ANEXO	41
Anexo 1	42
Anexo 2	46
Anexo 3	47
Anexo 4	52
Anexo 5	53
Anexo 6	56
Anexo 7	58
Anexo 8	61
Anexo 9	63
Anexo 10	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variedades comerciales de quinua	3
Cuadro 2. Composición nutricional de la quinua	8
Cuadro 3. Composición nutricional de las hojas de quinua	8
Cuadro 4. Aporte energético de algunos alimentos y requerimiento diario energético diario para varones y mujeres	13
Cuadro 5. Caracterización proximal de las hojas (b.h.) de amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L.)	14
Cuadro 6. Comparación de perfiles nutricionales de la hoja de quinua	15
Cuadro 7. Composición nutricional de las hojas de las ocho variedades de quinua en base húmeda	29
Cuadro 8. Contenido de compuesto fenólicos y flavonoides presentes en las hojas de las ocho variedades de quinua	30
Cuadro 9. Capacidad antioxidante de las hojas de las ocho variedades de quinua. Métodos DPPH y ABTS en base seca	30
Cuadro 10. Características morfológicas de las hojas variedad INIA 431 –Altiplano	42
Cuadro 11. Características morfológicas de las hojas variedad INIA 427 – Amarilla sacaca	43
Cuadro 12. Características morfológicas de las hojas variedad INIA 420 – Negra collana	43
Cuadro 13. Características morfológicas de las hojas variedad INIA 415 – Pasankalla	44
Cuadro 14. Características morfológicas de las hojas variedad Illpa INIA	44
Cuadro 15. Características morfológicas de las hojas variedad Salcedo INIA	45

Cuadro 16. Características morfológicas de las hojas variedad Quillahuaman INIA	45
Cuadro 17. Análisis de varianza (ANVA) de la composición nutricional de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua del INIA	58
Cuadro 18. Prueba de comparación múltiple de Tukey - Composición nutricional de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua	59
Cuadro 19. Análisis de varianza (ANVA) de compuestos bioactivos y actividad antioxidante de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua del INIA	61
Cuadro 20. Prueba de comparación múltiple de Tukey – compuestos bioactivos y actividad antioxidante de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua del INIA	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de actividades ejecutadas en la investigación	24
Figura 2. Zonas agroecológicas potenciales de producción de quinua en el Perú	42
Figura 3. Etapas desarrolladas durante la recolección y acondicionamiento del material en estudio	46
Figura 4. Etapas desarrolladas durante el proceso de preparación de extractos	52
Figura 5. Curva estándar de concentración mg/L vs Absorbancia (Ácido gálico)	54
Figura 6. Curva estándar de concentración mg/L vs Absorbancia (Catequina)	55
Figura 7. Curva estándar de concentración mg/L vs Absorbancia (Trolox)	57
Figura 8. Curva estándar de concentración mg/L vs Absorbancia (Trolox)	57
Figura 9. Selección de las hojas de quinua	63
Figura 10. Secado de las hojas de quinua	63
Figura 11. Secado de las hojas de quinua	63
Figura 12. Molido de las hojas de quinua	63
Figura 13. Variedades de quinua	64
Figura 14. Variedades de quinua	64

I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es uno de los alimentos de origen vegetal que destaca por su valor nutritivo a nivel mundial debido a su cantidad y calidad proteica 10,4 - 17 % (Reyes *et al.* 2006). Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, se considera como un alimento completo que provee todos los aminoácidos esenciales que se encuentran cerca de los estándares de nutrición (FAO 2011). Este cultivo es también una importante fuente de minerales, vitaminas y compuestos con propiedades nutraceuticas, tales como polifenoles incluyendo flavonoides (Abugoch 2009).

Así mismo las hojas de quinua son consideradas alimento y pueden ser consumidas en ensaladas, sopas, forraje para el ganado y abono para la mejora de los suelos (Soto *et al.* 2015). Éstas se caracterizan por presentar altos contenidos de compuestos fenólicos.

En este contexto la investigación tuvo como objetivos:

- Determinar el contenido de proteínas, grasa, fibra cruda, cenizas, humedad, carbohidratos y aporte energético de las hojas de ocho variedades comerciales de quinua del INIA.
- Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales y flavonoides totales en las hojas de ocho variedades comerciales de quinua del INIA.
- Determinar la capacidad antioxidante según métodos DPPH y ABTS de las hojas de ocho variedades comerciales de quinua del INIA.

Las variedades fueron producidas bajo condiciones de la costa central del Perú con la finalidad de rescatar y valorizarlas como un alimento de gran aporte nutricional.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. DATOS GENERALES

2.1.1. Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

Es un grano alimenticio originario de los andes peruanos y de la región andina de América del Sur, territorio importante como centro de domesticación de plantas alimenticias, debido a la existencia de microclimas y diferencias altitudinales que dan origen a una diversidad de zonas agroecológicas (IICA 2015). Siendo los principales productores del mundo: Bolivia y Perú. En el año 2008 la producción de ambos países representó el 92 % de la quinua producida en el mundo (INIA y FAO 2013).

De otra parte, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) tiene una extraordinaria versatilidad para adaptarse a diferentes pisos ecológicos. Se adapta a climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, puede crecer con humedades relativas desde 40 a 88 %, y soporta temperaturas desde -8°C hasta 38°C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 ml. Por estas características en 1996 la quinua fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no sólo por sus grandes propiedades nutricionales y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana (INIA y FAO 2013).

2.1.2. Nombres comunes

Mujica (1992), citado por Chacchi (2009), menciona que la quinua recibe diferentes nombres en el área andina que varían entre localidades y de un país a otro, así como también recibe nombres fuera del área andina que varían con los diferentes idiomas. Así tenemos:

En Perú: Quinua, Jiura, Quiuna; Colombia: Quinua, Suba, Supha, Uba, Luba, Ubalá, Juba, Uca; Ecuador: Quinua, Juba, Subacguque, Ubaque, Ubate;

Bolivia: Quinua, Jupha, Jiura; Chile: Quinua, Quingua, Dahuie; en Argentina: Quinua, quiuna.

2.1.3. Variedades comerciales de quinua

Cuadro 1. Variedades comerciales de quinua

Variedad	Color de pericarpio	Zonas de producción
INIA 431 – Altiplano	Crema	Altiplano, Costa
INIA 427 - Amarilla Sacaca	Amarillo	Valles Interandinos
INIA 420 - Negra Collana	Gris	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
INIA 415 - Pasankalla	Gris	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
Illpa INIA	Crema	Altiplano
Salcedo INIA	Crema	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
Quillahuaman INIA	Crema	Valles Interandinos
Ayacuchana INIA	Crema	Valles Interandinos
Amarilla Marangani	Anaranjado	Valles Interandinos
Blanca de Juli	Crema	Altiplano
Blanca de Junín	Crema	Valles Interandinos, Costa
Cheweca	Crema	Altiplano
Huacariz	Crema	Valles Interandinos
Hualhuas	Crema	Valles Interandinos
Huancayo	Crema	Valles Interandinos
Kankolla	Crema	Altiplano
Mantaro	Crema	Valles Interandinos
Rosada de Junín	Crema	Valles Interandinos
Rosada de Taraco	Crema	Altiplano
Rosada de Yanamango	Crema	Valles Interandinos

Fuente: Adaptado de INIA y FAO (2013).

La región Andina es considerada como uno de los ocho centros de origen y de diversidad de los cultivos. Podemos mencionar que es el lugar donde existe la mayor diversidad genética de quinua tanto silvestre como cultivada que todavía se pueden encontrar en condiciones naturales y en campos de cultivo de los agricultores andinos.

Actualmente existe gran cantidad de variedades utilizadas comercialmente en la producción de quinua (Cuadro 1). Entre los principales países productores de quinua tenemos: Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina, Colombia, Chile, México, Holanda, Inglaterra y Dinamarca (FAO 2011).

Así mismo mostramos las características de las ocho variedades en estudio de la presente investigación:

a. INIA 415 Pasankalla

- Lugar y año de liberación: Región Puno, 2006
- Obtentor y mantenedor: Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Illpa Puno (INIA)
- Método de mejoramiento: Selección panoja surco, a partir de la colecta ingresada al banco de germoplasma con el código PIQ031069 procedente de la localidad de Caritamaya, distrito de Ácora, provincia de Puno en 1978.
- Adaptación: Zona agroecológica suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 ml, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos entre los 2750 a 3750 msnm y en costa entre los 640 y 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura franco arenoso.
- Principales usos: Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres, panecillos (K'ispiño) y bebidas. Agroindustria: Expandida, perlada, laminada, molienda, extruida.

b. Quillahuman INIA

- Lugar y año de liberación: Región Cusco, 1990
- Obtentor y mantenedor: Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Andenes Cusco (INIA)

- Método de mejoramiento: Selección panoja surco, originaria del valle del Vilcanota-Cusco.
- Adaptación: Adaptación óptima en los pisos de valles interandinos de las regiones de Cusco y Apurímac, hasta los 3500 msnm.
- Principales usos: Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas; Agroindustria: Expandida, perlada, laminada, molienda

c. Salcedo INIA

- Lugar y año de liberación: Región Puno, 1995
- Obtentor y mantenedor: Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Illpa Puno (INIA)
- Método de mejoramiento: Cruza de las variedades Real Boliviana x Sajama en Puno. El proceso de selección del material segregante se realizó por el método masal genealógico en la EEA Illpa Puno, en 1983.
- Adaptación: Altiplano en la zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 y 3950 msnm, con clima semi seco frio, precipitación pluvial de 400 a 560 mm, con temperaturas de 6° a 17°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 7,8. Valles interandinos y costa de 640 a 1314 msnm, temperatura máxima de 24 a 25°C en suelos de textura arenosa.
- Principales usos: Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas; Agroindustria: Perlada, laminada, molienda, fideos.

d. Amarilla Sacaca INIA

- Lugar y año de liberación: Región Cusco, 2011
- Obtentor y mantenedor: Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Andenes, Cusco (INIA)
- Método de mejoramiento: Selección panoja surco del material colectado de la comunidad de Sacaca, distrito de Pisac, provincia de Calca en el año 1994. Codificada en el banco de germoplasma como SP-AM-PISAC00000175C.
- Adaptación: Adaptación óptima en los pisos de valles interandinos de las regiones Cusco y Apurímac, entre los 2750 y 3650 msnm.

- Principales usos: Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas; Agroindustria: Expandida, perlada, laminada, molienda.

e. INIA 431 Altiplano

- Lugar y año de liberación: Región Puno, 2013
- Obtentor y mantenedor: Instituto Nacional de Innovación (INIA).
- Método de mejoramiento: Cruza recíproca de la variedad Illpa INIA x Salcedo INIA.
- Adaptación: Zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano puneño entre los 3800 y 3950 msnm, con clima semi seco frio, precipitación pluvial de 400 a 560 mm, con temperaturas de 6° a 17°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 7,8. Actualmente se cultiva en costa.
- Principales usos: Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas; Agroindustria: Perlada, laminada, molienda, fideos.

f. INIA 420 Negra Collana

- Lugar y año de liberación: Región Puno, 2008
- Obtentor y mantenedor: Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Illpa Puno (INIA)
- Método de mejoramiento: Compuesto de 13 accesiones, comúnmente conocidos como “Quyту jiwras”, a partir de las accesiones que fueron recolectadas en 1978, de las localidades de Caritamaya, distrito de Ácora, provincia de Puno.
- Adaptación: Zona agroecológica Suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, con clima frio seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0. También se adapta a valles interandinos y a la costa peruana.
- Principales usos: Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas; Agroindustria: Perlada, laminada, molienda, expandida, extruida, tostada.

g. Illpa INIA

- Lugar y año de liberación: Región Puno, 1997

- Obtentor y mantenedor: Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Illpa Puno (INIA)
- Método de mejoramiento: Cruza de Sajama x Blanca de Juli. La selección de las progenies por el método masal genealógico se desarrolló en el anexo Salcedo en 1985.
- Adaptación: Zona agroecológica circunlacustre y suni del altiplano entre los 3800 a 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 450 a 600 mm, con temperaturas de 4° a 15°C, en suelos de textura franco y franco arenoso con pH de 5,5 a 8,0.
- Principales usos: Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas; Agroindustria: Perlada, laminada, molienda, fideos, saponina, sémola.

2.1.4. Propiedades de la quinua

a. Composición nutricional

Estudios recientes muestran la riqueza nutricional de la quinua, tanto en términos absolutos como en comparación con otros alimentos básicos. Generalmente se destaca el hecho de que las proteínas de la quinua reúnen todos los aminoácidos esenciales en un buen balance, al mismo tiempo que sus contenidos grasos están libres de colesterol (ALADI y FAO 2014).

En resumen, ALADI y FAO (2014), mencionan los aspectos nutricionales más destacables de la quinua, y que en cierto modo explican su creciente demanda en los mercados internacionales, estos son:

- Ausencia de colesterol
- Alto contenido de fibras y fácil digestibilidad
- No formación de grasas en el organismo
- Alto contenido proteico y presencia de los aminoácidos esenciales en un buen balance
- Carbohidratos de alta digestibilidad

El contenido de grasa de las hojas de quinua es bajas, es así que Cámara *et al.* (2008) menciona que el contenido de grasa no suele superar 1 g ni en frutas ni en hortalizas e incluso es menor en estas últimas, con

excepción de aguacate en donde el contenido de grasa supera los 13 gramos.

Cuadro 2. Composición nutricional de la quinua

Nutriente	g/100g
Energía	343 Kcal
Proteína	14.12
Grasa	6.07
Fibra cruda	1.9
Ceniza	2.38
Agua	13.28
Carbohidratos (por diferencia)	64.16

Fuente: Adaptado de MINSA (2009).

Así mismo en el siguiente cuadro se muestra la composición de nutricional de las hojas de quinua tanto en peso fresco como peso seco.

Cuadro 3. Composición nutricional de las hojas de quinua

Parámetro	Peso fresco	Peso seco
Humedad (%)	81,64	5,23
Ceniza (%)	3,65	19,86
Grasa (%)	0,64	3,50
Proteína (%)	5,11	27,84
Fibra (%)	1,47	8,02
Carbohidratos (%)	7,49	40,78
Calorías (kcal/100g)	59,10	322,02

Fuente: Adaptado de (Silva 2015)

Se dispone de escasa información acerca del potencial nutraceutico de las partes verdes de la quinua. En particular, de las hojas, que hasta ahora han sido tratadas como plantas comestibles (consumidas en ensaladas y utilizadas como suplemento para alimentos funcionales (Gawlik-Dziki *et al.* 2009). Las hojas de quinua contienen una amplia cantidad de cenizas (3,3%), fibra (1,9%), nitratos (0,4%), vitamina E (2,9 mg a-TE / 100

g) y sodio (289 mg / 100 g), vitamina C (1,2 - 2,3 g / kg) y 27 - 30 g / kg de proteínas (Bhargava *et al.* 2006).

b. Compuestos bioactivos

Herrera *et al.* (2014) considera como compuesto bioactivo de un alimento, a aquel que aporta un beneficio a la salud más allá de los considerados como nutrición básica. Estos componentes se encuentran en general en pequeñas cantidades en productos de origen vegetal y en alimentos ricos en lípidos.

Cantidades significativas de compuestos bioactivos tales como fitoesteroles, betainas, esqualeno, fagopiritoles, carotenoides, vitamina C y polifenoles (e.g. kaempferol y quercetina) han sido identificados en granos de quinua (INIA y FAO 2013), los cuales han sido ampliamente reportados por tener efectos benéficos para la salud (Dini *et al.* 2010).

Al igual que los granos, las hojas de quinua poseen una importante cantidad de compuestos bioactivos, tales como ácido ferúlico, sinapínico y gálico; kaempferol, isorhamnetina y rutina (Gawlik-Dziki *et al.* 2013).

2.1.5. Aspectos agrotécnicos

a. Posición taxonómica

Según Mujica (1992), la quinua tiene la siguiente posición taxonómica:

Reino	:	Vegetal
Clase	:	Dicotiledóneas
Familia	:	Amaranthaceae
Género	:	<i>Chenopodium</i>
Especie	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow

b. Descripción botánica

La quinua es una planta herbácea anual, dicotiledónea de amplia dispersión geográfica, con características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva. Presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y se cultiva desde el nivel del mar hasta 4000

msnm; muy tolerante a factores climáticos adversos como sequía, heladas, salinidad de suelos entre otros que afectan al cultivo (INIA y FAO 2013).

Su periodo vegetativo varía desde 90 hasta 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 280 ml anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4,5 hasta alcalinos con pH de 9,0. Asimismo prospera en suelos arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillo, anaranjado granate y demás gamas que se puedan diferenciar (INIA y FAO 2013). Presenta las siguientes características:

- Planta erguida, alcanza alturas variables desde 0,60 a 3,00 m, dependiendo del tipo de quinua, los genotipos, de la fertilidad de los suelos y las condiciones ambientales donde crece.
- Raíz pivotante, vigorosa, profunda, puede alcanzar hasta 1,80 cm de profundidad, bastante ramificada y fibrosa, lo cual le confiere resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta.
- Tallo cilíndrico en el cuello de la planta y angulosos a partir de las ramificaciones, de coloración variable desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color, verde rojo o púrpura.
- Hojas, son alternas y están formadas por peciolo y lámina, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta. La lámina en la misma planta puede tener forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés. La coloración de la hoja es muy variable va del verde al rojo con diferentes tonalidades.
- Inflorescencia, es una panoja típica, constituida por un eje central y ramificaciones secundarias, terciarias y pedicelos que sostienen a los glomérulos. El eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas. La longitud de la panoja es

variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semillas por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos de semilla por inflorescencia.

- Flores pequeñas, con tamaño máximo de 3 mm, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, tienen 10% de polinización cruzada.
- Fruto, es un aquenio, tiene forma cilíndrica- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro. Está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, y contiene una sola semilla, de coloración variable, la cual se desprende con facilidad a la madurez.
- Semilla, Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal.

c. Labores culturales

Requieren de aporques 30 días después de la siembra; los deshierbos dependerán de la preparación del terreno. La quinua es una planta que necesita terrenos limpios, los deshierbos se realizan preferentemente a mano o con el uso de azadas, el número de deshierbos dependerá del estado de preparación del terreno. Los entresaques se realizarán cuando la planta tenga unos 15 cm para asegurar el espacio vital de cada planta (Quinua 2013).

La quinua cumple su ciclo vegetativo con agua de lluvias, las que se manifiestan de noviembre a marzo. El rendimiento está directamente relacionado con la cantidad de agua, por lo que se recomienda complementar con riegos cuando las lluvias son escasas; sin embargo, se debe tener en cuenta que un exceso de humedad también hace daño a la planta (Quinua 2013).

La fertilización se efectúa de acuerdo a las condiciones del suelo y a las características que presentan las plantas: la carencia de nitrógeno produce plantas pequeñas, débiles y cloróticas, deficiencia que puede ser

suplida con aplicaciones fraccionadas de nitrato de amoníaco; la carencia de fósforo produce plantas pequeñas y las hojas menores presentan áreas necróticas en los bordes. Esta deficiencia es suplida mediante aplicaciones de guano de islas de baja ley (Quinoa 2013).

2.1.6. Distribución geográfica

La producción de quinua en el Perú se concentra principalmente en el altiplano y los valles interandinos, con tendencia creciente del cultivo en la costa por sus características agroclimáticas favorables para la producción (ver Anexo 1).

De acuerdo a la elasticidad genética del cultivo existen tres zonas potenciales de producción: el altiplano de Puno, que alberga la mayor superficie y volúmenes de producción, los valles interandinos y finalmente la costa peruana donde se han adaptado variedades comerciales procedentes del altiplano.

Esta clasificación agroecológica se complementa con la revisión de las características varietales y los resultados de respuesta de la quinua a diferentes condiciones climáticas, y el potencial para la generación de nuevas variedades adaptables al contexto actual de cambio climático. Estos aspectos favorables hacen que el cultivo de quinua tenga una alta capacidad de expandirse a casi todos los sistemas agrícolas desde el nivel del mar hasta el altiplano (INIA y FAO 2013).

2.2. ANTECEDENTES

Según Shukla (2003) evaluó los aspectos nutricionales del follaje de diez cultivares de Amaranto vegetal, es así que el contenido de proteína foliar varió de 1,95 a 3,06 %, siendo el máximo en AV - 63 (3,06 %). Considerando los valores nutricionales generales, AV-35, AV-45 y AV-35/1 fueron los genotipos prometedores. Demostrando así que las hojas de amaranto constituyen una buena fuente en la dieta humana.

MINSA (2009) ha elaborado las tablas peruanas de composición de alimentos en donde se muestran los valores de alimentos de acuerdo a sus

propiedades por cada 100 g y FAO (s.f.) el requerimiento energético diario para varones y mujeres se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 4. Aporte energético de algunos alimentos y requerimiento diario energético diario para varones y mujeres.

Alimento	Energía (Kcal)	Aporte energético diario (Kcal)	
		Varones	Mujeres
Brócoli	40		
Cebolla china	39		
Col blanca	32		
Espinaca blanca	32	2250	1900
Lechuga americana	11		
Hoja de quinua	50		

Fuente: Elaborado con base a MINSA (2009) y Fao (2016)

Según estudios de Cruzado *et al.* (2013) reportan los compuestos fenólicos de los extractos de alcachofa expresados como mg de ácido gálico, contenido de compuestos fenólicos que varían entre 93 y 117 mg GAE/g de muestra. Asimismo, se logró determinar la actividad antioxidante en el extracto liofilizado de alcachofa con mayor contenido de compuestos fenólicos, mediante el método DPPH, registrando una actividad antioxidante de 47 mg GAE/g muestra.

Por otro lado, estudios realizados por Moyo *et al.* (2013) reportan los compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes de las hojas de tres hortalizas indígenas (*Amaranthus dubius*, *Cleome gynandra* y *Curcubita maxima*) y dos hortalizas comerciales (*Brassica napus c,v Inglés Gigante* y *B. napus cv Covo*) que se consumen en el sur de África. Es así que el contenido total fenólico extraíble fue mayor para *Amarathus dubius* (5,16 mg GAE/g b.s) seguido por *C. gynandra* (3,94 mg GAE/g b.s). Aunque los compuestos fenólicos son una diversidad de metabolitos secundarios en el reino vegetal, su distribución y la concentración varía entre especies (Robards *et al.* 1999, citado por Moyo *et al.* 2013). La concentración total de flavonoides fue *A. dubius* (3,89 mg CE/g b.s.) seguido de *C. gynandra* (2,19

mg CE/g b.s.) y *C. máxima* (1,55 mg CE/g b.s.) Es así que fueron más potentes las actividades de eliminación de radicales DPPH.

Según lo reportado por López-Mejía *et al.* (2014) en su trabajo de investigación reportan valores de proteína y grasa (3,78 y 7 0,37 %) de los extractos de hoja de *Amaranthus hypochondriacus* L., detallado en el cuadro siguiente:

Cuadro 5. Caracterización proximal de las hojas (b.h.) de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.)

Componente	Hojas
Humedad (%)	75,60 ± 0,63
Ceniza (%)	3,73 ± 0,13
Grasa (%)	0,37 ± 0,03
Proteína (%)	3,78 ± 0,38
Fibra cruda (%)	2,60 ± 0,22
Carbohidratos	13,92

Fuente: Tomado de López-Mejía *et al.* 2014

De otra parte, Pérez (2014), reporta el contenido de fenoles y flavonoides en hojas jóvenes y recientemente maduras de la copa de seis plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.). Los resultados mostraron mayor contenido de fenoles (90,71 mg GAE/g muestra seca) y flavonoides (28,45 mg CAE/ g muestra seca) en hojas jóvenes en comparación con las recientemente maduras [(fenoles (46,63 mg GAE/g muestra seca) y flavonoides (17,05 mg CAE/g muestra seca)], destacándose la hoja joven como el mejor estado fenológico de la hoja para la cuantificación de fenoles y flavonoides totales en plantas de guayabo.

Según Li *et al.* (2015) en la caracterización de extractos hidrófilos de diferentes partes incluyendo hojas, tallos, semillas, flores y brotes de 3 especies de *Amaranthus* (*Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus cruentus*) para sus perfiles fitoquímicos incluyendo los fenólicos y betacianinas por UHPLC y LC-ESI-MS y sus actividades antioxidantes mediante ensayos de FRAP y ORAC. El contenido fenólico

total (TPC) osciló entre 10,47 y 14,94 mg GAE/g muestra seca; el contenido total de flavonoides (TFC) osciló entre 0,27 y 11,40 mg CAE/g muestra seca; mientras que el contenido total de betalainas (TBC) osciló entre 0,07 y 20,93 mg/100 g de muestra seca. Las hojas de *Amaranthus* mostraron los valores más altos de TPC, TFC, TBC, FRAP y ORAC; mientras que las semillas y los tallos más bajos. Encontrando una fuerte correlación entre TPC, TBC, TFC y la actividad antioxidante. El resultado sugiere que todas las partes de la planta de *Amaranthus* pueden ser una buena fuente de antioxidantes.

Así mismo Silva (2015) muestra en su trabajo de investigación la composición nutricional de la hoja de quinua, como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 6. Comparación de perfiles nutricionales de la hoja de quinua.

Parámetro	Peso seco
Humedad (%)	5,23
Ceniza (%)	19,86
Grasa (%)	3,50
Proteína (%)	27,84
Fibra (%)	8,02
Carbohidratos (%)	40,78
Calorías (kcal/100g)	322,02

Fuente: Adaptado de Silva 2015.

Chacaliza y Espinoza (2017) evaluaron la composición química proximal, contenido de componentes biológicamente activos y la actividad antioxidante por métodos estándar de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) y ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) y la correlación entre las puntuaciones del índice antioxidante de dos cultivares de hojas de quinua (Salcedo y Altiplano). Los resultados no mostraron variaciones considerables. Sin embargo, el contenido de cenizas para las hojas de Altiplano y Salcedo fue de 2,8 y 3,6%, respectivamente. El contenido total de flavonoides totales es similar en ambas muestras para Salcedo (10,55 mg GAE/g) y Altiplano (10,72 mg GAE/g). La actividad antioxidante medida por

DPPH y ABTS, expresada como TEAC (Capacidad antioxidante en equivalentes trolox), evaluada en Altiplano fue mayor que la encontrada en Salcedo. El índice compuesto de potencial antioxidante fue de 16,32 y 11,95, respectivamente. Los resultados indican que las hojas de las dos variedades de quinua (Salcedo y Altiplano) son excelentes recursos de componentes bioactivos.

Por otro lado, Valencia *et al.* (2017) en la evaluación de compuestos bioactivos y actividad antioxidante de 24 accesiones de semillas de quinua, evidencian el contenido de fenólicos totales entre 0,783 a 3,437 mg GAE/g, flavonoides totales entre 0,199 y 1,029 mg CE/g muestra, betacianinas y betaxantinas en cantidades no significativas, y azúcares reductores entre 30,973 y 88,278 equivalentes mg de glucosa/g muestra. La actividad antioxidante según DPPH y ABTS mostraron diferencias significativas entre las diferentes semillas de quinua estudiadas.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.3.1. Compuestos fenólicos

Los fenoles son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Se localizan en todas las partes de las plantas y su concentración es variable a lo largo del ciclo vegetativo. Estos compuestos participan de diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, síntesis proteica, actividad enzimática, fotosíntesis, formación de componentes estructurales, alelopatía y defensa ante los factores adversos del ambiente. Los fenoles están asociados al color, características sensoriales, nutritivas y propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal. La característica antioxidante de los fenoles se debe a la reactividad del grupo fenol (Robbins 2003 y Kähkönen *et al.* 2001).

2.3.2. Flavonoides

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, la polución ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos, etc. El organismo humano no puede producir estas

sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos. Están ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras y en diversas bebidas y representan componentes sustanciales de la parte no energética de la dieta humana (Aherne y O'Brien 2001).

2.3.3. Antioxidantes

Los antioxidantes son un conjunto heterogéneo de sustancias formado por vitaminas (A, E, C), minerales (cobre, hierro, manganeso, selenio, zinc), pigmentos naturales (flavonoides, carotenoides), coenzimas (Q), enzimas (catalasas, oxidasas) y otros compuestos (ácido lipoico), que bloquean el efecto dañino de los radicales libres, por ello la importancia del estudio de la capacidad antioxidante de los alimentos y medicamentos (Rafecas 2006).

2.3.4. Capacidad antioxidante

En la práctica, se conoce como actividad antioxidante total (AAT) o capacidad antioxidante total (CAT) a la medición analítica de concentraciones de radicales de diferente naturaleza en un sistema oxidativo controlado. Sin embargo, no existe el análisis ideal para evaluar el concepto de actividad antioxidante; por ello, se emplean análisis combinados para asistir en la interpretación de los resultados (Vit *et al.* 2008).

En general, la AAT disminuye en condiciones asociadas con el estrés oxidativo y aumenta con la presencia de antioxidantes que rompen la cadena oxidativa (Young 2001).

2.3.5. Método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracilo)

Es un método muy usado, se basa en la estabilidad del radical DPPH la cual se atribuye a la deslocalización del electrón desapareado, esta deslocalización también le otorga una coloración violeta caracterizada por una banda de absorción, en solución etanólica, centrada alrededor de 520 nm. Cuando una disolución de DPPH entra en contacto con una sustancia que puede donar un átomo de hidrógeno o con otra especie radical (R) se produce la forma reducida DPPH-H (Molyneux 2004).

2.3.6. Método ABTS (ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico)

El radical ABTS es un compuesto de color verde-azulado, estable y con un espectro de absorción en el UV-visible. Es un radical artificial que no mimetiza bien la situación in vivo, termodinámicamente puede ser reducido por compuestos que tengan un potencial redox menor que el del ABTS (0,68V), pudiendo reaccionar con el radical, muchos compuestos fenólicos con un potencial más bajo. El punto final de la reacción lo marca la sustancia antioxidante empleada, fijando tiempos cortos o muy elevados que pueden interferir en los resultados finales, lo cual, es un inconveniente. La ventaja de este ensayo es que puede realizarse tanto en muestras hidrosolubles como liposolubles, seleccionando el disolvente apropiado en cada caso (Molyneux 2004).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

La composición nutricional y compuestos bioactivos presentes en las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua del INIA poseen características similares.

2.4.2. Hipótesis específica

- El contenido de proteínas, grasa, fibra cruda, cenizas, humedad, carbohidratos y aporte energético presentes en las hojas de quinua son iguales para las ocho variedades.
- El contenido de compuestos fenólicos, flavonoides totales en las hojas son iguales en las ocho variedades comerciales de quinua.
- La capacidad antioxidante según DPPH y ABTS presente en las hojas de quinua es igual para las ocho variedades comerciales de quinua.

2.5. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

2.5.1. Variables

- **Variable independiente(X):** Hojas de ocho variedades comerciales de quinua.
- **Variable dependiente (Y):** Composición nutricional y compuestos bioactivos.

2.5.2. Operacionalización de variables

La determinación de la composición nutricional y compuestos bioactivos en las hojas de ocho variedades comerciales de quinua cultivadas en el Centro Experimental La Molina del INIA permitirá la comparación entre las variedades y definir las diferencias y/o similitudes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación fue realizada en el Centro Experimental La Molina del INIA en la ciudad de Lima, en el Laboratorio de “Valoración Industrial y uso de los Recursos Genéticos”, entre los meses de diciembre de 2016 a abril de 2017.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de investigación

La presente investigación, de acuerdo la finalidad inmediata, se ajusta como tipo de investigación aplicada, en razón, que se utilizaron conocimientos de terceros para ejecutar la investigación.

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de estudio en esta investigación es de carácter descriptivo, pues con ello se describen los componentes presentes en las hojas de ocho variedades comerciales de quinua del INIA.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

3.3.1. Población

La población para efectos de la investigación, fue representada por las hojas de 300 plantas por cada una de las ocho variedades comerciales de quinua, manejadas bajo condiciones agronómicas en el Centro Experimental La Molina del INIA.

3.3.2. Muestra

La muestra fue de aproximadamente 2 kg de hojas por cada variedad comercial recolectadas en la Estación Experimental fueron acondicionadas y secadas (40°C/48 horas), debidamente codificadas para los análisis respectivos.

3.3.3. Unidades de análisis

La unidad de análisis estuvo comprendida por ½ kg de hojas para cada variedad comercial de quinua recolectada a los 54 días después de la siembra para la composición nutricional, componentes bioactivos y realizar la comparación de acuerdo a los objetivos planteados.

3.4. VARIABLES EN ESTUDIO

Las variedades de quinua correspondientes a INIA 415 Pasankalla, Quillahuman INIA, Salcedo INIA, Amarilla Sacaca INIA, INIA 431 Altiplano, INIA 420 Negra Collana, Illpa INIA e INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO.

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.5.1. Hipótesis

a. Hipótesis nula

H₀: Las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua no presentan diferencias en la composición nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante.

$$H_0: V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = V_n = 0$$

b. Hipótesis de investigación

H_i: Al menos las hojas de una de las variedades comerciales de quinua presentan composición nutricional, compuestos bioactivos capacidad antioxidante.

$$H_i: V_i \neq 0$$

3.5.2. Diseño de la investigación

El método aplicado fue de carácter descriptivo, que permitió evaluar y determinar las características nutricionales, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante para la comparación de los componentes de las hojas en las ocho variedades comerciales de quinua.

3.5.3. Datos a registrar

Se registraron la cantidad de materia prima en estudio (hojas de quinua), los datos que se generaron antes, durante y después de cada uno de los análisis fisicoquímicos, así como los procedimientos y métodos para cada prueba analítica, etc.

Para la determinación de la composición nutricional se registró el contenido de proteínas, grasa, fibra cruda, cenizas, humedad y

carbohidratos presentes. Así mismo, para la determinación de compuestos bioactivos se registró el contenido de compuestos fenólicos, flavonoides totales y la actividad capacidad antioxidante según DPPH y ABTS presente en las hojas de quinua.

3.5.4. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

a. Técnicas

Para la obtención y registro de información y datos, se utilizaron técnicas de recolección a través de fuentes: primarias, secundarias y de terceros, relacionados a la investigación.

b. Instrumentos de recolección

La recolección de datos en laboratorio y en campo estuvo comprendida por cuadernos de apunte.

c. Procesamiento de la información

Los resultados fueron analizados por el diseño completamente al azar (DCA) y la prueba de hipótesis se utilizó el análisis de varianza (ANVA) a un nivel de significación $\alpha = 5 \%$. La comparación múltiple de los tratamientos se realizó a través de la prueba de Tukey, a un nivel de significación del 5 %. La información y datos obtenidos fueron ordenados y procesados a través del programa Infostat tanto para el análisis de varianza y la comparación múltiple.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

3.6.1. Material en estudio

Se evaluaron las hojas de quinua, recolectadas de las ocho variedades comerciales cultivadas en parcelas experimentales en el Centro Experimental La Molina del INIA (INIA 415 Pasankalla, Quillahuman INIA, Salcedo INIA, Amarilla Sacaca INIA, INIA 431 Altiplano, INIA 420 Negra Collana, Illpa INIA e INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO), los cuales fueron

sometidos a un proceso de selección, limpieza, secado (40°C/48 horas) y almacenado en condiciones controladas.

3.6.2. Equipos

Los equipos utilizados durante la ejecución del proyecto se describen a continuación:

- Estufa (UF 160 Plus; Memert, Alemania)
- Mufla (Thermolyne FB1410M; Thermo Scientific, USA)
- Soxhlet (SB162-3; Stuart. Italia)
- Equipo micro Kjeldahl (JP SMS gallery; VELP Scientifica, Italia)
- Destilador (Cimares; Thermo Scientific, USA)
- Espectrofotómetro (G10S UV-Vis; Genesys 10S UV-Vis; Thermo Scientific, China)
- Balanza: AND AyD Company SHS inside
- Centrifuga (Rotina 35 Hettich D-78532 Tuttingen Model type 1705 Germany)
- Molino (Retsch ZM200) de alto impacto
- Refrigerador y Congelador Bosch

3.6.3. Materiales

Los materiales utilizados en el laboratorio fueron los siguientes:

Tubos Kjeldahl de 300 mL, micropipetas de 10 mL, matraces Erlenmeyer de 200 mL, beakers de 10, 50, 100 mL y 1 L, buretas de 25 y 50 mL, papel filtro, matraz de ebullición de fondo plano de 250 mL, crisoles de porcelana, embudo de vidrio, probetas de 100, 200 mL y 1 L, varillas de vidrio, tubos falcon, mortero con pilón, vasos de picado en licuadora, jarra de 1 L, vasos de plástico, bolsas de polietileno, fioles de 5, 10, 25, 50 y 100 mL, cubetas de cuarzo para espectrofotómetro, cucharillas, pinzas para placas y/o crisoles, placas Petri, desecador, filtros de membrana de 0,45 µm, jeringas, agitador vortex.

3.6.4. Reactivos

Todos los reactivos y solventes fueron de grado analítico de las marcas Merck y Sigma Chemical Co. cómo se detalla a continuación:

- Composición nutricional

Agua destilada, éter de petróleo (grado analítico), ácido sulfúrico (98 %), solución de ácido bórico (2 %), solución de ácido clorhídrico (0,05 N), indicador verde de bromocresol (1%), solución de ácido sulfúrico (1,25 %), solución de hidróxido de sodio (1,25 %), indicador fenolftaleína (1 %), hidróxido de sodio (40 %).

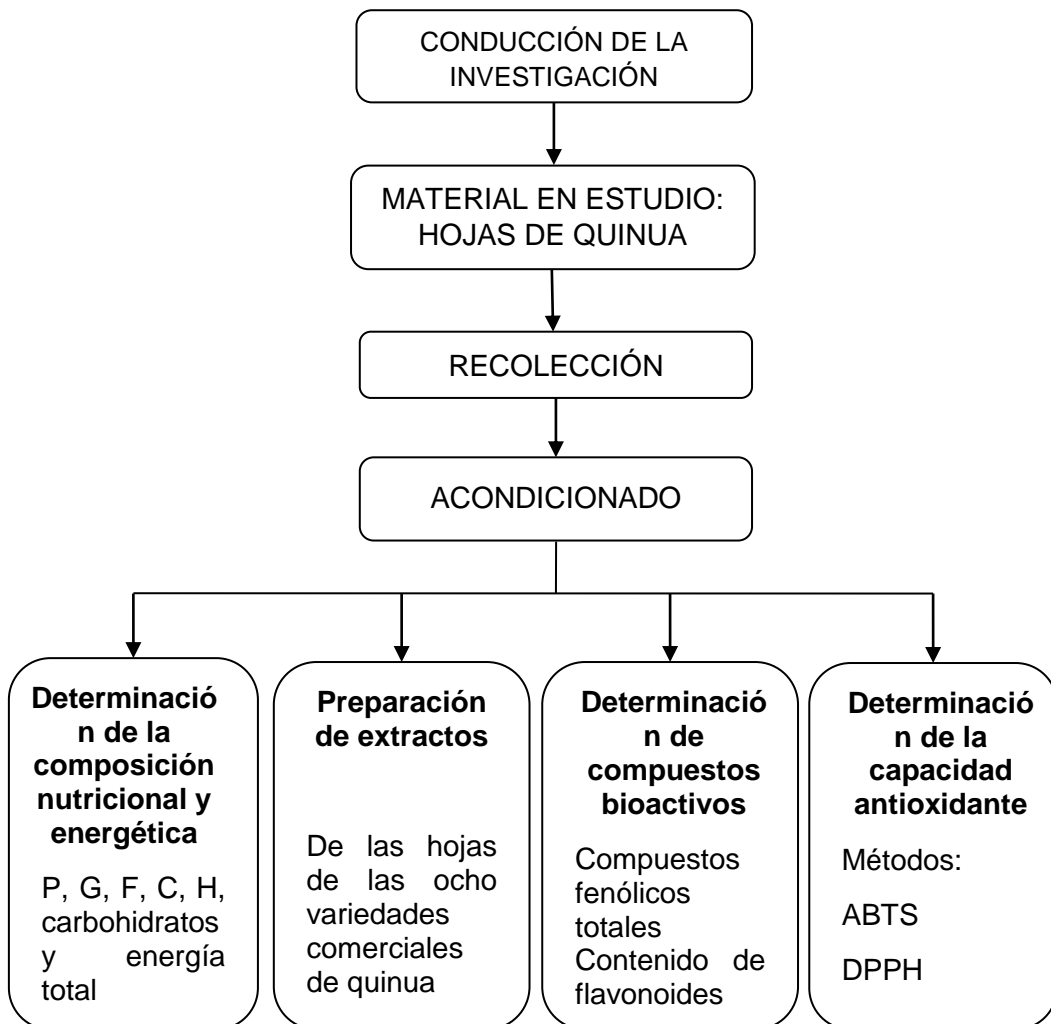
- Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante según DPPH y ABTS:

Agua destilada, metanol 80%, reactivo Folin Ciocalteu, catequina, ácido gálico, solución de carbonato de sodio (10 %), nitrito de sodio (5g/100ml), cloruro de aluminio (10g/100), solución 1M de hidróxido de sodio, solución Trolox, ABTS y DPPH.

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la figura 1, se detalla la secuencia de actividades realizadas durante el desarrollo experimental.

Figura 1. Esquema de actividades ejecutadas en la investigación.



- Recolección del material en estudio

Hojas de las variedades INIA 415 Pasankalla, Quillahuman INIA, Salcedo INIA, Amarilla Sacaca INIA, INIA 431 Altiplano, INIA 420 Negra Collana, Illpa INIA e INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO, colectadas a los 54 días después de siembra en la Sede Central del INIA del distrito de la Molina del departamento de Lima, se evaluaron en la investigación.

- Selección

El material en estudio se sometió a un proceso de selección y limpieza.

- Secado

Se llevó a cabo a temperaturas de 40°C por aproximadamente 48 horas.

- Molido

Hasta tamaños menores de 0,5 mm

- Determinación de la composición nutricional

El análisis de la composición nutricional se determinó utilizando la metodología de la AOAC (2012) para e humedad (930.04), fibra cruda (930.10), cenizas (930.05), proteínas (977.02) y grasa total (930.09); los carbohidratos y kcal se hallaron según Collazos (1993) mostradas en el Anexo 3. En cuanto a la determinación de Kilocalorías, el cálculo se realizó sumando los valores de grasa, carbohidratos y proteínas, multiplicado por sus respectivos factores de conversión.

- Preparación de extractos

La preparación de extractos de las hojas de quinua se realizó de acuerdo a Li *et al.* (2015), con modificaciones detallado en el Anexo 4.

- Determinación de compuestos bioactivos

Determinación de compuestos fenólicos totales: Se utilizó el método reportado por Hirose *et al.* (2010) el cual se basa en la cuantificación espectrofotométrica del complejo coloreado formado por la reacción entre los compuestos fenólicos y el reactivo Folin - Ciocalteau, como se detalla en el Anexo 5.

Determinación de flavonoides totales: Se desarrolló el método reportado Zhishen *et al.* (1999) el cual se basa en la cuantificación espectrofotométrica de la reducción de un radical estable (ABTS) en medio alcohólico (metanol) mostrado en el Anexo 5.

Determinación de la capacidad antioxidante según DPPH y ABTS: La capacidad antioxidante se evaluó siguiendo las metodologías descritas por Hirose *et al.* (2010) para el método 1,1-difenilo-2-picrilhidrazilo (DPPH) y para ABTS 2,2'-azinobis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-ácido sulfónico) según Re *et al.* (1999), cuyo procedimiento se muestra en el Anexo 6.

IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL

En el cuadro 7 se muestran los resultados promedios de la composición nutricional de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua, siendo expresados en base húmeda.

Se evidencia el mayor contenido proteico en la variedad Illpa INIA con 5,51 % seguido de las variedades INIA 420 Negra Collana, Amarilla Sacaca INIA, Salcedo INIA, INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO e INIA 415 Pasankalla con valores cercanos 4,13; 4,15; 4,23; 4,29 y 4,36 % respectivamente. Sin embargo, las variedades con menor contenido proteico fueron Quillahuamán INIA e INIA 431 Altiplano con valores 3,94 y 3,98 % respectivamente.

Del mismo modo la cantidad de grasa presente en la variedad INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO es la más alta (0,62 %) y menores para las variedades Salcedo INIA y Quillahuamán INIA de 0,26 y 0,32 % respectivamente.

El contenido de fibra cruda varía de 0,93 % para la variedad INIA 420 Negra Collana y 1,27 % para Illpa INIA

Los valores presentes de cenizas en las diferentes variedades se encuentran alrededor de 2,90 y 3,48 % siendo Salcedo INIA la de menor e INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO con mayor porcentaje.

Por tanto, la humedad registrada presenta valores promedios que van de 85,95 a 88,16 % para Illpa INIA e INIA 420 Negra Collana respectivamente. En este caso las variedades Salcedo INIA e INIA 431 Altiplano presentaron valores similares (87,75 y 87,78 % respectivamente).

El contenido de carbohidratos obtenido por diferencia de 100 menos los componentes proximales, sin incluir fibra, reportan valores que se encuentran entre 4,31 % para INIA 420 Negra Collana y 5,45 % para INIA 415 Pasankalla.

En cuanto al aporte energético, se muestran valores 36,90 y 45,03 Kcal/100 g de muestra para Quillahuamán INIA e Illpa INIA respectivamente.

4.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

En el cuadro 8 se muestran los resultados promedios del contenido de compuestos fenólicos y flavonoides totales expresados en base seca.

El mayor contenido de fenoles totales fue registrado en las variedades: Illpa INIA (11,49 mg GAE/g), INIA 420 Negra Collana (10,59 mg GAE/g), INIA 415 Pasankalla (10,36 mg GAE/g) y valores más bajos para la variedad INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO (7,75 mg GAE/g).

Referente al contenido de flavonoides totales presentaron valores entre 1,46 y 2,61 mg CAE/g siendo la de mayor contenido INIA 431 Altiplano.

4.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

En el cuadro 9 se presenta la capacidad de eliminación de radicales DPPH y ABTS de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua, expresados en base seca

La capacidad para extinguir el radical DPPH fue de 3,45 mg TROLOX /g de muestra seca para la variedad INIA 415 Pasankalla reportándose como el mayor valor y las variedades Amarilla Sacaca INIA, Salcedo INIA e INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO con valores menores 1,55; 1,88 y 1,97 mg TROLOX /g respectivamente.

De otra parte, en el método ABTS el mayor valor reportado fue para la variedad INIA 415 Pasankalla 16,63 mg TROLOX/g de muestra seca. Las variedades con menor valor reportado fueron INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO (11,05 mg TROLOX/g) y Amarilla Sacaca INIA (11,97 mg TROLOX/g).

Cuadro 7. Composición nutricional de las hojas de las ocho variedades de quinua en base húmeda.

N° Muestra	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra Cruda (%)	Ceniza (%)	Humedad (%)	Carbohidratos (%)	Energía kcal/100g muestra
1 INIA 415 Pasankalla	4,36 ± 0,02 ^b	0,55 ± 0,01 ^b	1,22 ± 0,01 ^{ab}	3,46 ± 0,07 ^a	86,17 ± 0,14 ^b	5,45 ± 0,11 ^a	44,20 ± 0,21 ^a
2 Quillahuamán INIA	3,94 ± 0,08 ^d	0,32 ± 0,01 ^d	0,94 ± 0,06 ^c	3,17 ± 0,08 ^b	88,00 ± 0,25 ^a	4,58 ± 0,08 ^{bcd}	36,90 ± 0,71 ^b
3 Salcedo INIA	4,23 ± 0,00 ^{bcd}	0,26 ± 0,00 ^d	1,05 ± 0,01 ^{bc}	2,90 ± 0,01 ^c	87,75 ± 0,03 ^a	4,86 ± 0,02 ^b	38,67 ± 0,10 ^b
4 Amarilla Sacaca INIA	4,15 ± 0,12 ^{bcd}	0,45 ± 0,05 ^c	1,05 ± 0,02 ^{bc}	3,45 ± 0,10 ^a	87,32 ± 0,40 ^a	4,63 ± 0,14 ^{bc}	39,15 ± 1,46 ^b
5 INIA 431 Altiplano	3,98 ± 0,07 ^{cd}	0,51 ± 0,02 ^{bc}	1,08 ± 0,01 ^{abc}	3,17 ± 0,02 ^b	87,78 ± 0,21 ^a	4,56 ± 0,10 ^{cd}	38,76 ± 0,90 ^b
6 INIA 420 Negra Collana	4,13 ± 0,04 ^{bcd}	0,46 ± 0,02 ^c	0,93 ± 0,00 ^c	2,94 ± 0,00 ^{bc}	88,16 ± 0,02 ^a	4,31 ± 0,04 ^d	37,93 ± 0,14 ^b
7 Illpa INIA	5,51 ± 0,25 ^a	0,49 ± 0,02 ^{bc}	1,27 ± 0,07 ^a	3,41 ± 0,19 ^a	85,95 ± 0,64 ^b	4,64 ± 0,18 ^{bc}	45,03 ± 1,90 ^a
8 INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	4,29 ± 0,09 ^{bc}	0,62 ± 0,02 ^a	1,02 ± 0,19 ^{bc}	3,48 ± 0,03 ^a	86,26 ± 0,17 ^b	5,34 ± 0,02 ^a	44,16 ± 0,63 ^a

*Valores con diferentes letras en una misma columna denotan diferencias significativas en la prueba de Tukey ($p < 0,05$) entre las diferentes variedades, valores promedio de 2 repeticiones ± desviación estándar.

Cuadro 8. Contenido de compuesto fenólicos y flavonoides presentes en las hojas de las ocho variedades de quinua.

N°	Muestra	Compuestos fenólicos (mg GAE/g bs)	Flavonoides totales (mg CAE /g bs)
1	INIA 415 Pasankalla	10,36 ± 0,29 ^{bc}	2,51 ± 0,08 ^a
2	Quillahuamán INIA	9,21 ± 0,22 ^e	2,20 ± 0,07 ^b
3	Salcedo INIA	9,89 ± 0,26 ^{cd}	1,46 ± 0,00 ^e
4	Amarilla Sacaca INIA	7,75 ± 0,17 ^f	1,26 ± 0,05 ^f
5	INIA 431 Altiplano	9,67 ± 0,22 ^{de}	2,61 ± 0,09 ^a
6	INIA 420 Negra Collana	10,59 ± 0,15 ^b	1,83 ± 0,06 ^c
7	Illpa INIA	11,49 ± 0,13 ^a	1,64 ± 0,05 ^d
8	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	8,10 ± 0,18 ^f	1,58 ± 0,03 ^{de}

*Valores con diferentes letras en una misma columna denotan diferencias significativas en la prueba de Tukey ($p < 0,05$) entre las diferentes variedades, valores promedio de 4 repeticiones ± desviación estándar.

Cuadro 9. Capacidad antioxidante de las hojas de las ocho variedades de quinua. Métodos DPPH y ABTS en base seca.

N°	Muestra	DPPH (mg Trolox/g muestra)	ABTS (mg Trolox/g muestra)
1	INIA 415 Pasankalla	3,45 ± 0,12 ^a	16,63 ± 0,64 ^a
2	Quillahuamán INIA	2,48 ± 0,04 ^c	14,48 ± 0,23 ^c
3	Salcedo INIA	1,88 ± 0,07 ^{de}	14,33 ± 0,29 ^{cd}
4	Amarilla Sacaca INIA	1,55 ± 0,25 ^e	11,97 ± 0,75 ^e
5	INIA 431 Altiplano	2,91 ± 0,09 ^b	15,11 ± 0,43 ^{bc}
6	INIA 420 Negra Collana	2,76 ± 0,22 ^{bc}	15,66 ± 0,36 ^{ab}
7	Illpa INIA	2,79 ± 0,23 ^{bc}	13,40 ± 0,37 ^d
8	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	1,97 ± 0,25 ^d	11,05 ± 0,21 ^e

* Valores con diferentes letras en una misma columna denotan diferencias significativas en la prueba de Tukey ($p < 0,05$) entre las diferentes variedades, valores promedio de 4 repeticiones ± desviación estándar.

V. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL

La cantidad de proteína presente en las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua reportan valores superiores a los establecidos por López-Mejía *et al.* (2014) en la evaluación de la composición nutricional de las hojas de *Amaranthus hyponchondriacus* L. registrando valores de 1,95 a 3,06 % y 3,78 %; si bien es cierto la quinua y la kiwicha (*Amaranthus hyponchondriacus* L.) pertenecen a la misma familia pero en cuanto a propiedades, las hojas de quinua registran mejor fuente proteica. Los valores obtenidos en la variedad Illpa INIA con el mayor valor reportado 5,51 % se encuentra dentro del rango establecido por Silva (2015) que presenta valores de 5,11 %, donde evaluaron las propiedades de las hojas de quinua.

El contenido de grasa obtenida a partir de los análisis realizados mostró resultados que se encuentran dentro de lo sugerido por López-Mejía *et al.* (2014) alrededor de 0,37 % indicando así que el contenido de grasa en las hojas de *Amaranthus* y las hojas de quinua no difieren; sin embargo, estos valores son inferiores a lo recomendado por Silva (2015), que muestra contenido de grasa en las hojas de quinua con 0,64 %. Al respecto Cámara *et al.* (2008) mencionan que el contenido de grasa no suele superar el 1 % en hortalizas y de acuerdo a los resultados podemos afirmar lo mencionado.

Los valores de fibra cruda son menores a lo recomendado por López-Mejía *et al.* (2014) pues en la caracterización nutricional de las hojas de *Amaranthus* obtiene 2,60 % de fibra cruda en comparación a lo sugerido por Silva (2015) con 1,47 % presente en las hojas de quinua. Podemos concluir que los valores reportados por nuestros análisis se encuentran por debajo de lo sugerido con 0,93 % el valor menor y 1,27 % el valor mayor obtenido, reconociendo así que las hojas de *Amaranthus* tienen mayor contenido de fibra que las hojas de quinua.

La cantidad de ceniza obtenida de las hojas de seis de las variedades analizadas presentan valores que guardan relación con lo sugerido por López-Mejía *et al.* (2014) y Silva (2015) con 3,73 y 3,65 % respectivamente,

encontrando similitud en los valores tanto para las hojas de *Amaranthus* y las hojas de quinua. Las siguientes dos variedades Salcedo INIA e INIA 420 Negra Collana reportaron valores menores a lo recomendado por ambos autores (2,90 y 2,94 % respectivamente). Por otro lado, Chacaliaza y Espinoza (2017) reportan el contenido de cenizas para las hojas de la variedad Altiplano (2,8 %) y Salcedo (3,6 %), estos valores difieren a los obtenidos durante el análisis pues la variedad Salcedo INIA reporta 2,90 % e INIA 431 Altiplano 3,17 %.

El contenido de humedad presenta diferencias según lo mencionado por López-Mejía *et al.* (2014) pues las hojas de *Amaranthus* reportan 75,60 % encontrándose así por debajo de los valores recomendados por Silva (2015) quien si reporta valores cercanos (81,64 %) a los obtenidos durante el análisis de las hojas de las diferentes variedades de quinua. La diferencia se debe a la variedad analizada, pues *Amaranthus hypochondriacus* L. y *Chenopodium Quinoa* pertenecen a la misma familia, pero no tienen las mismas propiedades.

Los niveles de carbohidratos obtenidos muestran valores inferiores a lo propuesto por López-Mejía *et al.* (2014) y Silva (2015) 13,92 y 5,49 % respectivamente evidenciando así que las hojas de *Amaranthus* tienen mayor contenido de carbohidratos que las hojas de quinua. Del mismo modo, el aporte energético sugerido por Silva (2015) registra 59,10 kcal/100 g supera lo obtenido por las hojas de quinua analizadas pues el mayor valor fue 45,03 kcal/100 g muestra, estas diferencias pueden deberse a la zona en donde fueron cultivadas. Sin embargo, lo mencionado por MINSA (2009) permite reconocer que la energía obtenida a partir de los nutrientes que se encuentran en las hojas de quinua tiene mayor aporte energético que el brócoli, cebolla china, col blanca, espinaca blanca y lechuga americana.

5.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS

5.2.1. Contenido de compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos oscilaron entre 7,75 y 11,49 mg GAE/g b.s. Al respecto, Moyo *et al.* (2013) reportó valores en hojas de *A. dubius* (5,16 mg GAE/g b.s.) seguido por *C. gynandra* (3,94 mg GAE/g b.s. Éstas diferencias probablemente son atribuidas a la distribución y concentración que varía entre especies (Robards *et al.* 1999, citado por Moyo *et al.* 2013). Li *et al.* (2015) reportó valores superiores para las hojas *Amaranthus* (14,94 mg GAE/g b.s.).

Cruzado (2013) y Pérez (2014) mostraron resultados mayores en sus estudios realizados en extractos de alcachofa (93 - 117 mg GAE/g) y en hojas jóvenes de guayabo (90,71 mg GAE/g) respectivamente, demostrando así que, si bien las hojas de quinua aportan un buen contenido de compuestos fenólicos, la alcachofa y las hojas de guayabo superan lo mencionado.

Por otro lado, Valencia *et al.* (2017) presenta valores del contenido de compuestos fenólicos (0,783 a 3,437 mg GAE/g) en semillas de quinua inferiores a lo obtenido de las hojas, demostrando así que las hojas son de aporte nutricional si las incluimos en nuestra dieta alimentaria.

5.2.2. Contenido de flavonoides totales

Los flavonoides totales presentaron valores entre 1,26 y 2,61 mg CE/g de b.s., por lo que su consumo puede tener efectos benéficos para la salud. Similares concentraciones reportaron Moyo *et al.* (2013) en hojas de *Amaranthus. dubius* (3,89 mg CE/g b.s.), seguido por *C. gynandra* (2,19 mg CE/g de b.s.) y *C. mxima* (1,55 mg de CE/g de b.s.).

Al respecto Pérez (2014), registró el contenido de flavonoides en hojas jóvenes y recientemente maduras de la copa de seis plantas de guayabo (*Psidium guajava L.*). Los resultados mostraron contenido de flavonoides (28,45 mg CAE/g muestra seca) mayores a lo reportado por las hojas de quinua analizadas.

Li *et al.* (2015) reportó valores en hojas de *Amaranthus* que oscilaron entre 0,27 y 11,49 mg de CE/g de b.s., evidenciando el mayor aporte en las hojas de *Amaranthus*.

Los valores presentados por Chacaliza y Espinoza (2017) muestran que las hojas de las variedades Salcedo (10,55 mg GAE/g) y Altiplano (10,72 mg GAE/g) estas diferencias respecto a los resultados obtenidos pueden deberse porque fueron expresados como equivalente de ácido gálico/g de muestra.

Según lo reportado por Valencia *et al.* (2017) las semillas de quinua, mostraron contenido de flavonoides totales entre 0,199 y 1,029 mg CE/g muestra encontrándose por debajo del contenido de flavonoides de las hojas de quinua de las variedades INIA 415 Quillahuamán INIA, INIA 415 Pasankalla e INIA 431 Altiplano.

5.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODOS DPPH Y ABTS

La capacidad para extinguir el radical DPPH fue de 1,55 y 3,45 mg TROLOX/100 g b.s. siendo la de mayor actividad la variedad INIA 415 Pasankalla. Al respecto el método ABTS muestra valores que oscilan entre 11,05 y 16,63 mg TROLOX/100 g b.s. Si bien es cierto los valores son menores a lo mostrado por Cruzado *et al.* (2013) pero como menciona Robards *et al.* (1999), citado por Moyo *et al.* (2013) estas diferencias se deben a la distribución y concentración que varía entre especies. La actividad antioxidante reportada por Chacaliza y Espinoza (2017) muestra que la variedad Altiplano fue mayor que la encontrada en Salcedo (16,32 y 11,95 TEAC/g muestra) dando a conocer el potencial antioxidante de las hojas de quinua.

VI. CONCLUSIONES

- Las hojas de quinua de las ocho variedades comerciales del INIA presentan cantidades significativas de proteínas siendo la variedad Illpa INIA 5,51 % la más sobresaliente en comparación con las otras variedades.
- Así mismo las hojas de quinua aportan cantidades considerables de calorías, la variedad Illpa INIA ha reportado 45,03 Kcal/100 g como la más sobresaliente, demostrando que es una buena fuente de energía.
- Las hojas de quinua evidenciaron excelentes fuentes de compuestos fenólicos, mostrándose la variedad Illpa INIA como la más sobresaliente con 11,49 mg GAE/g bs; así mismo la variedad INIA 431 Altiplano registra el mayor valor de contenido de flavonoides totales con 2,61 mg CAE/g bs.
- La variedad INIA 415 Pasankalla presentó la mejor capacidad antioxidante según DPPH y ABTS, alcanzando los 3,45 mg Trolox/g muestra y 16,63 mg Trolox/g muestra respectivamente, constituyéndose las hojas de quinua en una alternativa al desarrollo de nuevos productos con propiedades funcionales.

VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de la temperatura de secado en las hojas de quinua y su incidencia en la composición nutricional y compuestos bioactivos.
- Determinar el estado fenológico en la cual la planta posee mayor contenido de estos compuestos en las diferentes partes que constituyen la planta.
- Realizar análisis de residualidad de pesticidas en las hojas de quinua y asegurar su inocuidad para el consumo humano.
- Realizar análisis del cómputo aminocídico en las hojas para determinar el aminoácido predominante en estas
- Determinar la concentración de saponina en las variedades y evaluar su incidencia en el contenido nutricional y/o bioactivos de las hojas.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aherne, SA; O'Brien, NM. 2001. Flavonoides dietéticos: química, contenido de alimentos y metabolismo. 18:75-81.
- ALADI (Asociación Latinoamericana de Integración, Chile)/FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Chile). 2014. Tendencias y Perspectivas del comercio Internacional de la Quinoa (en línea). Santiago, Chile. 46 p. Consultado el 02 de mar. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3583s.pdf>
- Bhargava, A; Shukla, S; Ohri, D. 2006. *Chenopodium quinoa* - an Indian perspective. *Industrial Crops and Products* 23: 73–87.
- Cámara, M; Sánchez, M; Torija, E. 2008. Frutas y verduras, fuentes de salud. Madrid. Fundación sabor y salud. *Nutrición y Salud*.1-79 p.
- Chacaliza Rodríguez, LR; Espinoza Begazo, GM. 2017. Composición química proximal y contenido de componentes biológicamente activos en dos cultivares de hojas de quinoa (Salcedo y Altiplano) producidos en el Perú. Tesis Lic. Lima, Perú, UPC.
- Chacchi-Tello, K. 2009. Demanda de la quinoa (*Chenopodium quinoa Willdenow*) a nivel industrial. Tesis MSc. Lima, Perú, UNALM. 140 p.
- Collazos, C. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición. Lima, Perú.
- Cruzado, M; Pastor, A; Castro, N; Cedrón, JC. 2013. Determinación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de alcachofa (*Cynara scolymus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 79:1 p.
- Dini, I; Tenore, GC; Dini, A. 2010. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT-Food Science and Technology*. 43:447-451.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial (en línea). Santo Domingo, República Dominicana. 58 p. Consultado 12 nov. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Necesidades nutricionales (en línea). Consultado 30 jun. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf>.
- Gawlik-Dziki, U; Dziki, D; Baraniak, B; Lin, R. 2009. The effect of simulated digestion in vitro on bioactivity of wheat bread with Tartary buckwheat flavones addition. *LWT – Food Sci. Technol.* 42: 137–143 p.
- Gawlik-Dziki, U; Świeca, M; Sułkowski, M; Dziki, D; Baraniak, B; Czyż, J. 2013. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts – In vitro study. *Food and Chemical Toxicology.* 57: 154- 160.
- Herrera-Chalé, F; Betancur-Ancona, D; Segura- Campos, MR. 2014. Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutrición Hospitalaria.* 29(1):10-20.
- Hirose, Y; Fujita, T; Ishii, T; Ueno, N. 2010. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *ScienceDirect* 119: 1300–1306.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. El mercado y la producción de nov | 2015 quinua en el Perú (en línea). Lima, Perú. 175 p. Consultado 20 feb. 2017. Disponible en <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/b3857e.pdf>.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria, Perú) /FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Perú). 2013. Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú: un futuro sembrado hace miles de años. Lima, Perú. 79 p.
- Kähkönen, M; Anu I. Copia and Marina Heinonen. 2001. Berry fenolics and their Antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4076 – 4082.
- Li, H.; Deng, Z.; Liu, R.; Zhu, H. A and Draves, J. 2015.Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *Journal of Food Composition and Analysis* 37:75–81.

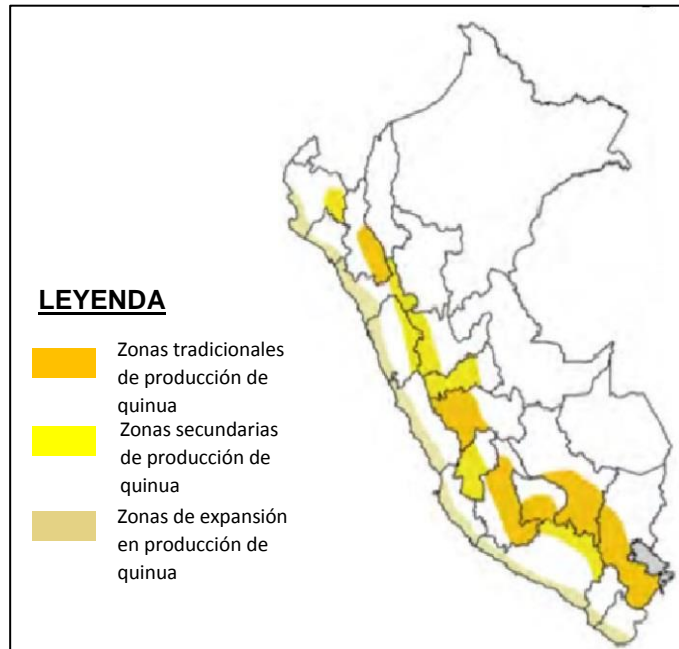
- López-Mejía, OA; López-Malo, A; Palou, E. 2014. Capacidad antioxidante de los extractos de las semillas y hojas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*). *Industrial Crops and Products* 53: 55– 59 P.
- MINSA. Reyes, M.; Gómez-Sánchez, I.; Espinoza, C.; Bravo, F.; Ganoza, L. 2009. Tabla Peruana de Composición de Alimentos. 8^{va} ed. Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*. 26(2): 211-219 p.
- Moyo, M; Amoo, SO; Ncube, B; Ndhlala, AR; Finnie, JF; Staden, JV. 2013. Phytochemical and antioxidant properties of unconventional leafy vegetables consumed in southern Africa. *South African Journal of Botany* 84: 65–71 p.
- Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds). *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. 129-146 p.
- Pérez, R; Ettiene, G; Marín, M; Casassa-Padron, A; Silva, N; Raga, J; González, C; Sandoval, L; Medina, D. 2014. Determinación de fenoles y flavonoides totales en hojas de guayabo (*Psidium guajava L.*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 31: 60-77 p.
- Quinoa. 2013. Quinoa – valor nutricional (en línea). Boletín 2013. Consultado 26 feb. 2017. Disponible en: <http://quinua.pe/quinua-valor-nutricional/>
- Rafecas, M. 2006. Antioxidantes para una mejor calidad de vida. *Rev Acofar*. 454: 28-30 p.
- Re, R; Pellegrini, N; Proteggente, A; Pannala, A; Yang, M; Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *FreeRadic.Biol.Med*. 26: 1231–1237 p.
- Robards, K; Prenzler, PD; Tucker, G; Swatsitang, P; Glover, W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* 66: 401–436 p.
- Robbins, R. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J. Agric. Food Chem*. 51: 2866-2887 p.

- Shukla, S; Pandey, V; Pachauri, G; dixit, BS; Banerji, R; Singh, SP. 2003. Contenido nutricional de los diferentes recortes del follaje de Amaranto vegetal. *Plant Foods for Human Nutrition* 58: 1–8 p.
- Silva Paguay, ER. 2015. Efecto del procesamiento en el contenido de compuestos antioxidantes de los granos y hojas de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) en la elaboración de un snack. Tesis Ing. Guayaquil, Ecuador, UG. 72 p.
- Valencia, Z; Cámara, F; Ccapa, K; Catacora, P; Quispe, F. 2017. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa* W.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 83(1) p.
- Vit, P; Gutiérrez, MG; Titera, D; Bednar, M;Rodríguez-Malaver, AJ. 2008. Mielles checas categorizadas según su actividad antioxidante. *Acta Bioquímica Clínica*. 42(2): 237-44 p.
- Young, IS. 2001. Measurement of total antioxidant capacity. *J Clin Pathol*. 54 (5): 339-40 p.
- Zhishen, J; Mengcheng, T; Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64: 555–559 p.

ANEXO

Anexo 1

Figura 2. Zonas agroecológicas potenciales de producción de quinua en el Perú.



Fuente: Tomado de INIA y FAO (2013).

Cuadro 10. Características morfológicas de las hojas variedad INIA 431 - Altiplano

INIA 431 - Altiplano			
Borde de las hojas inferiores	Dentado		
Dientes de las hojas	12 a 30 dientes		
Longitud máxima del peciolo	5,00 a 6,50 cm		
Longitud máxima de las hojas	9,00 a 12,00 cm		
Anchura máxima de las hojas	8,40 a 10,20 cm		
Color de las hojas	Verde	Haz	Envés

Cuadro 11. Características morfológicas de las hojas variedad INIA 427 – Amarilla sacaca

INIA 427 – Amarilla sacaca			
Borde de las hojas inferiores	Dentado		
Dientes de las hojas	12 a 16 dientes		
Longitud máxima del peciolo	6,50 a 7,00 cm		
Longitud máxima de las hojas	9,00 a 11,00 cm		
Anchura máxima de las hojas	8,10 a 9,20 cm		
Color de las hojas	Verde	Haz	Envés

Cuadro 12. Características morfológicas de las hojas variedad INIA 420 – Negra collana

INIA 420 – Negra collana			
Borde de las hojas inferiores	Dentado		
Dientes de las hojas	12 a 25 dientes		
Longitud máxima del peciolo	2,80 a 3,60 cm		
Longitud máxima de las hojas	6,40 a 9,60 cm		
Anchura máxima de las hojas	5,30 a 6,60 cm		
Color de las hojas	Verde	Haz	Envés

Cuadro 13. Características morfológicas de las hojas variedad INIA 415 – Pasankalla

INIA 415 – Pasankalla			
Borde de las hojas inferiores	Dentado		
Dientes de las hojas	12 a 30 dientes		
Longitud máxima del peciolo	5,10 a 6,00 cm		
Longitud máxima de las hojas	8,70 a 9,00 cm		
Anchura máxima de las hojas	7,10 a 8,20 cm		
Color de las hojas	Verde	Haz	Envés


Cuadro 14. Características morfológicas de las hojas variedad Illpa INIA

Illpa INIA			
Borde de las hojas inferiores	Dentado		
Dientes de las hojas	12 a 30 dientes		
Longitud máxima del peciolo	3,90 a 5,50 cm		
Longitud máxima de las hojas	7,40 a 9,40 cm		
Anchura máxima de las hojas	5,90 a 7,70 cm		
Color de las hojas	Verde	Haz	Envés

Cuadro 15. Características morfológicas de las hojas variedad Salcedo INIA

Salcedo INIA			
Borde de las hojas inferiores	Dentado		
Dientes de las hojas	12 a 30 dientes		
Longitud máxima del peciolo	3,90 a 5,50 cm		
Longitud máxima de las hojas	7,40 a 9,40 cm		
Anchura máxima de las hojas	5,90 a 7,70 cm		
Color de las hojas	Verde	Haz	Envés

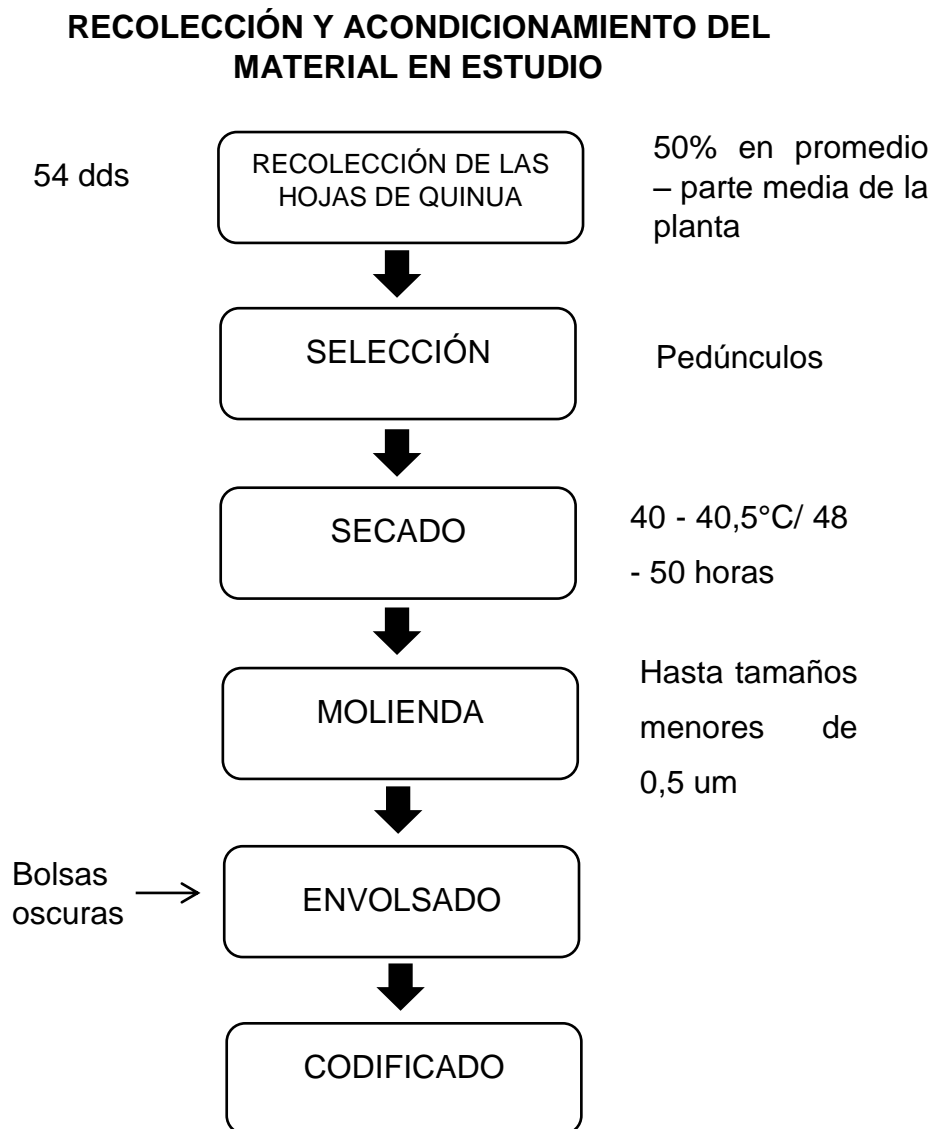
Cuadro 16. Características morfológicas de las hojas variedad Quillahuaman INIA

Quillahuaman INIA			
Borde de las hojas inferiores	Dentado		
Dientes de las hojas	8 a 12 dientes		
Longitud máxima del peciolo	4,80 a 7,30 cm		
Longitud máxima de las hojas	8,40 a 9,70 cm		
Anchura máxima de las hojas	7,50 a 8,30 cm		
Color de las hojas	Verde	Haz	Envés

Fuente: Adaptado de INIA y FAO 2013.

Anexo 2

Figura 3. Etapas desarrolladas durante la recolección y acondicionamiento del material en estudio.



Anexo 3

Métodos normalizados para la determinación de la Composición Nutricional del material en estudio según AOAC.

a. Determinación de humedad

Para las evaluaciones de humedad, se determinaron mediante el método normalizado por AOAC (2012) (930.04), en el cual se pesaron 1.5g de muestra y fueron colocados en placas Petri y llevados a estufa a 105 °C por aproximadamente 6 horas, hasta peso constante.

Luego las placas se enfriaron en un desecador y se pesaron. El contenido de humedad se expresó como porcentaje de la diferencia de peso de la muestra inicial.

Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación del porcentaje de humedad:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(Wp_i - Wp_f)}{m} \times 100$$

Donde:

Wp_i: peso inicial de placa más muestra en gramos.

Wp_f: peso final de placa más muestra en gramos.

m: peso de muestra en gramos.

El cálculo de lo materia seca, se realizó por diferencia.

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 - \% \text{ de Humedad}$$

Los componentes proximales como el porcentaje de proteína, grasa, cenizas, carbohidratos totales, además de la fibra cruda, fueron corregidos para ser expresados en base húmeda y base seca, empleando las siguientes fórmulas:

$$\text{Componente en base húmeda (\%)} = \frac{MS_1}{MS_2} \cdot CP$$

Donde:

CP: componente proximal o fibra cruda en la hoja molida (%).

MS₁: materia seca de la hoja fresca (%).

MS₂: materia seca de la hoja molida (%).

$$\text{Componente en base seca (\%)} = \frac{\text{CBH}}{\text{MS}_1} \cdot 100$$

Donde:

CBH: componente de la hoja fresca, es decir, en base húmeda (%).

MS₁: materia seca de la hoja fresca (%).

b. Determinación de proteínas

Para el desarrollo de este análisis se tomó como referencia los métodos estandarizados por AOAC (2012) (977.02). El contenido de proteína se calcula en función del contenido de nitrógeno presente en la muestra en estudio, determinado según el método Kjeldahl.

Se tomaron 0,25 g de muestra, se depositaron en un tubo Kjeldahl y se añadieron 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, además de 1 g de catalizador Kjeldahl (sulfato de potasio y sulfato cúprico). La mezcla se procesó en un digestor Büchi K-439 durante 165 minutos a 480°C. La muestra digerida se enfrió y se añadió 75 mL de agua destilada seguido de 50 mL de solución de hidróxido de sodio al 40%. El amoníaco formado en la mezcla fue destilado posteriormente al vapor en la unidad de destilación Büchi K-355, el destilado se recibió en 25 mL de solución de ácido bórico al 2% que contenía 0,5 mL de indicador (verde de bromocresol). A continuación, el destilado recogido se valoró con HCl 0,05 N. La valoración del blanco se llevó a cabo en el reactivo y se calculó el nitrógeno en la muestra. El contenido de nitrógeno se multiplicó por 6,25 para obtener el contenido de proteína cruda.

El cálculo del porcentaje de proteínas se realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno total} = \text{N HCl} \cdot \frac{(V_1 - G)}{m} \cdot 0,014 \cdot 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} \cdot 6,25$$

Donde:

NHCl: normalidad del ácido clorhídrico (mEq / mL).

V₁: volumen de ácido clorhídrico consumido en la valoración de la muestra (mL).

0,014: miliequivalente del nitrógeno (g / mEq).

m: peso de la muestra en gramos.

6,25: factor de conversión de nitrógeno a proteína cruda. La mayoría de proteínas contienen 16 % de nitrógeno (100/16 = 6,25).

c. Determinación de grasa total

El contenido de grasa total se determinó por el método estandarizado AOAC (2012) (930.09), método Soxhlet. Se colocaron 1.5 g de muestra en un cartucho hecho de papel filtro y se extrajo con éter de petróleo aproximadamente por 6 horas. El aceite obtenido se secó a 100 °C durante 30 minutos en estufa para evaporar el disolvente residual y la humedad. Luego el matraz fue llevado a un desecador. La cantidad de aceite obtenido se expresó como porcentaje del peso inicial de la muestra.

El cálculo del porcentaje de grasa cruda se realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(Wb_2 - Wb_1)}{m} \cdot 100$$

Donde:

Wb₁: peso del balón en gramos.

Wb₂: peso del balón más el aceite luego del secado gramos.

m: peso de la muestra en gramos.

d. Determinación de fibra cruda

Se utilizó el método estandarizado AOAC (2012) (930.10), el cual se pesaron 1.5 gramos de muestra desengrasada con éter de petróleo para

luego ser transferido a un beaker de 1 L. Se añadieron alrededor de 200 mL de solución al 1,25 % de ácido sulfúrico se llevó a ebullición con ayuda de una placa caliente y se hirvieron durante 30 minutos. El contenido se filtró y el residuo se lavó con 50 - 70 mL de agua destilada. El residuo fue removido y se añadieron 200 ml de solución al 1,25 % de hidróxido de sodio se llevó a ebullición durante 30 minutos más. El contenido se filtró y el residuo se lavó con agua destilada. Después, el residuo fue transferido a un crisol de calcinación y se secó a 130 °C durante 2 horas, se enfrió en un desecador y se pesó. Después, esto se incineró en una mufla a 600 °C, se enfrió y se volvió a pesar. La diferencia de peso fue tomada como fibra cruda.

El cálculo del porcentaje de fibra cruda se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(Wc_2 - Wc_1)}{m} \cdot 100$$

Donde:

Wc₁: peso del crisol más cenizas en gramos.

Wc₂: peso del crisol más residuo seco en gramos.

m: peso de la muestra en gramos.

e. Determinación de cenizas

Se determinó por el método estandarizado AOAC (2012) (930.05). Se pesaron 1.5 g de muestra en crisoles y se colocaron en la mufla a 600 °C hasta que las muestras se convirtieran en cenizas. Luego los crisoles fueron retirados y se enfriaron en un desecador y se pesaron. El contenido de cenizas se expresó como porcentaje del peso de la muestra inicial.

El cálculo del porcentaje de cenizas se realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(Wc_2 - Wc_1)}{m} \cdot 100$$

Donde:

Wc₁: peso del crisol en gramos.

Wc₂: peso del crisol más cenizas gramos.

m: peso de la muestra gramos.

f. Determinación de carbohidratos

El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia mencionado por Collazos (2013) el cual consiste en la resta de 100 menos los componentes proximales, sin incluir fibra dietaria.

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100 - (H + P + G + C)$$

Donde:

H: porcentaje de Humedad

P: porcentaje de proteína

G: porcentaje de grasa

C: porcentaje de ceniza

g. Aporte energético

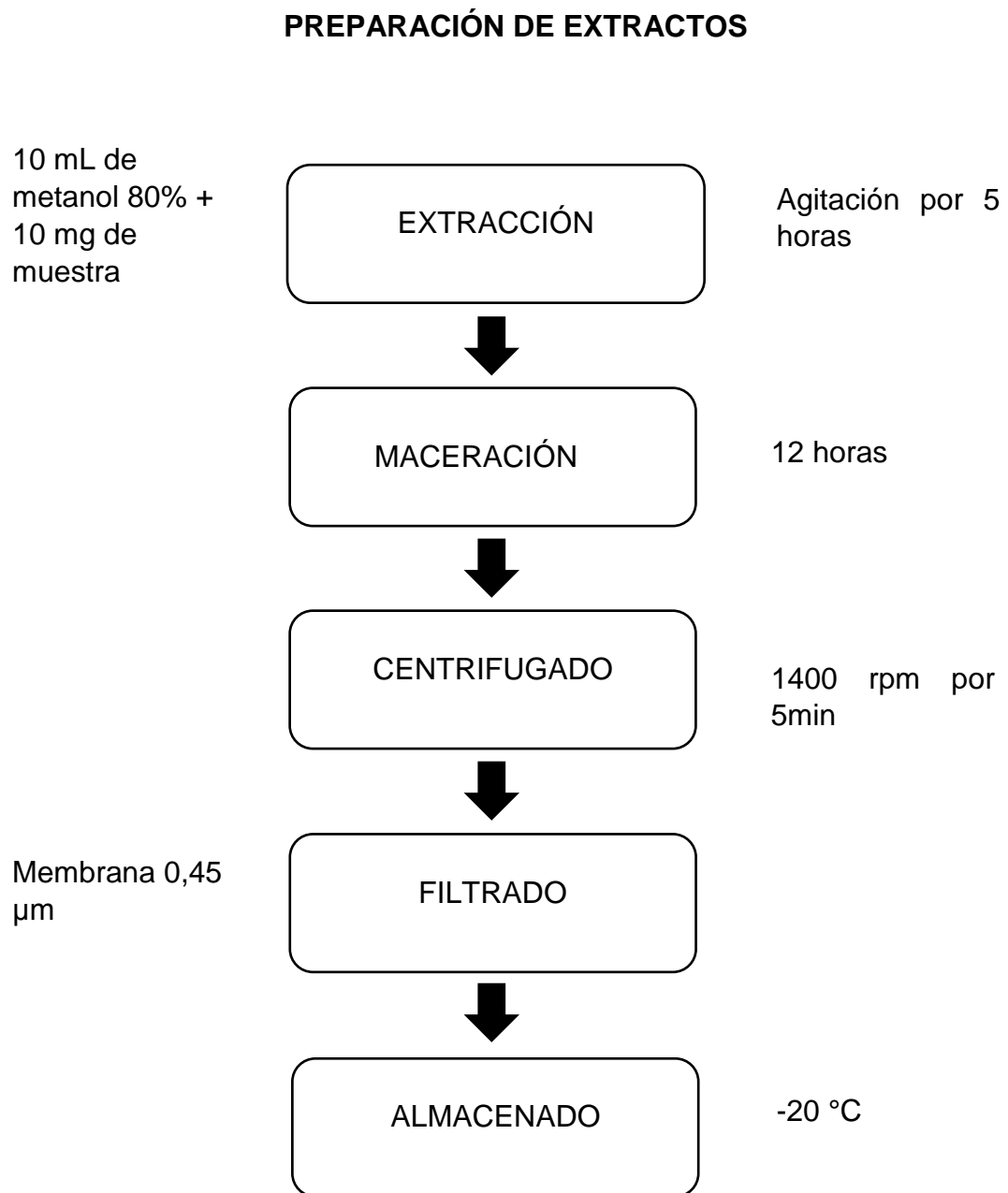
Factores de Atwater

Para calcular la energía total que un alimentos tiene por 100 gramos si es sólido o por 100 ml si es líquido, los gramos de proteínas, grasas e hidratos de carbono se multiplican por un factor denominado "Atwater":

- Proteínas, cada gramo se multiplica por 4
- Grasas, cada gramo se multiplica por 9
- Hidratos de carbono, cada gramo se multiplica por 4

Anexo 4

Figura 4. Etapas desarrolladas durante el proceso de preparación de extractos



Anexo 5

Determinación de Compuestos Bioactivos

1. Fenólicos totales

(Método Hirose *et al.*, 2010)

Principio:

El ensayo Folin-Ciocalteu se utiliza como medida del contenido en compuestos fenólicos totales en productos vegetales. Se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 760 nm.

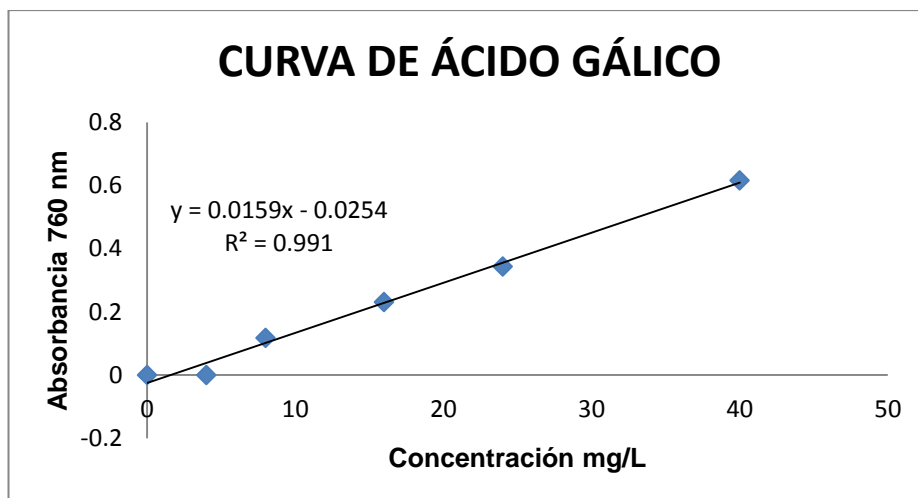
Equipos y materiales:

Espectrofotómetro UV-Visible (GENESYS™ 10S), balanza analítica, agita tubos (vortex), vasos de precipitados de 50 mL pipetas y micropipetas de 1, 5 y 10 mL, tubos de ensayo con tapón, cubetas de cuarzo para espectrofotometría visible, reactivos químicos: ácido gálico, metanol 80%, reactivo de Folin-Ciocalteu, carbonato de calcio, agua destilada.

Procedimiento:

Se tomaron 0.25 mL del extracto y se mezclaron con 0.75 mL de metanol al 80 % y 3 mL de H₂O destilada con posterior agitación por 30 segundos, luego se añadió 1 mL del reactivo de Folin Ciocalteu y reposó por cinco minutos para añadir 1 mL de CaCO₃, se agitó y dejó reposar en la obscuridad por 1 hora. La absorbancia se midió a 760 nm frente a un blanco en el espectrofotómetro. Los compuestos fenólicos totales se expresaron como equivalentes mg de ácido gálico GAE/g en base seca a partir de una curva de calibración.

Figura 5. Curva estándar de concentración mg/L vs Absorbancia



2. Flavonoides

(Método Zhishen *et al.*, 1999)

Principio:

El contenido de flavonoides totales se determinó por el método colorimétrico sugerido por Zhishen *et al.*, (1999) con algunas modificaciones.

Equipos y materiales:

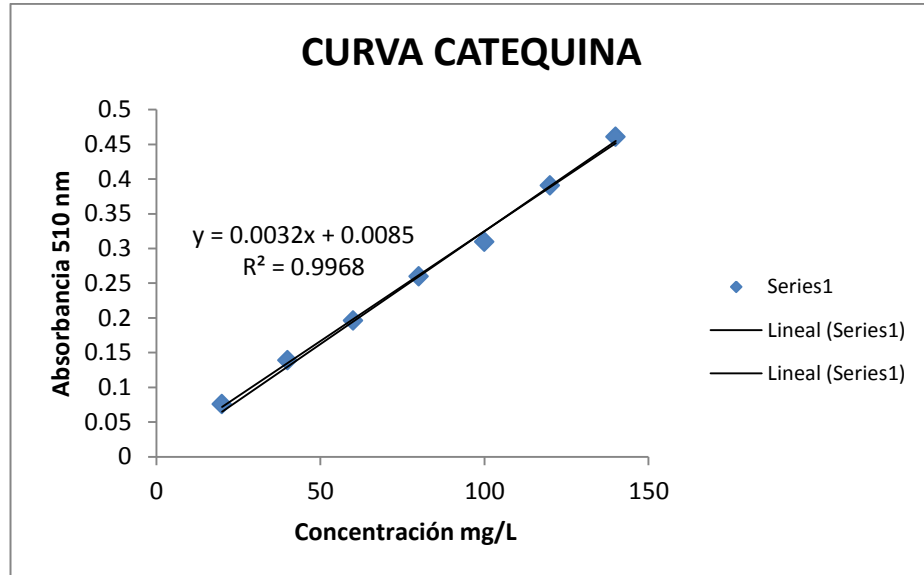
Espectrofotómetro UV-Visible (GENESYS™ 10S), balanza analítica, agita tubos (vortex), vasos de precipitados de 50 mL pipetas y micropipetas de 1, 5 y 10 mL, tubos de ensayo con tapón, cubetas de cuarzo para espectrofotometría visible, reactivos químicos: catequina, metanol 80%, nitrito de sodio, cloruro de aluminio, hidróxido de sodio, agua destilada.

Procedimiento:

Un alícuota 0,5 mL del extracto metanólico se mezcló con 2 mL de H₂O destilada, se agitó y se añadió 0,15 mL de NaNO₂ (5 g/100 mL). Se dejó reposar por 5 minutos, se agregó 0,15 mL de solución acuosa de AlCl₃ (10 g/100 mL) y después de 6 minutos se adicionó 1 mL de NaOH (1 M) y 1.2 mL de H₂O destilada, por último, se agitó la solución. La concentración de flavonoides totales se determinó a partir de la absorbancia de la solución a 510 nm en el espectrofotómetro y estos se expresaron como equivalente

de catequina/g de muestra, a partir de una curva de calibración utilizando catequina como estándar.

Figura 6. Curva estándar de concentración mg/L vs Absorbancia



Anexo 6

Determinación de Capacidad Antioxidante

(Hirose *et al.*, 2010 y Re *et al.*, 1999)

Principio:

Se evaluó la capacidad antioxidante de las hojas de las ocho variedades de quinua por el método 1,1-difenilo-2-picrilhidrazilo (DPPH) según Hirose *et al.* (2010); y para ABTS 2,2'-azinobis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-ácido sulfónico) según Re *et al.* (1999).

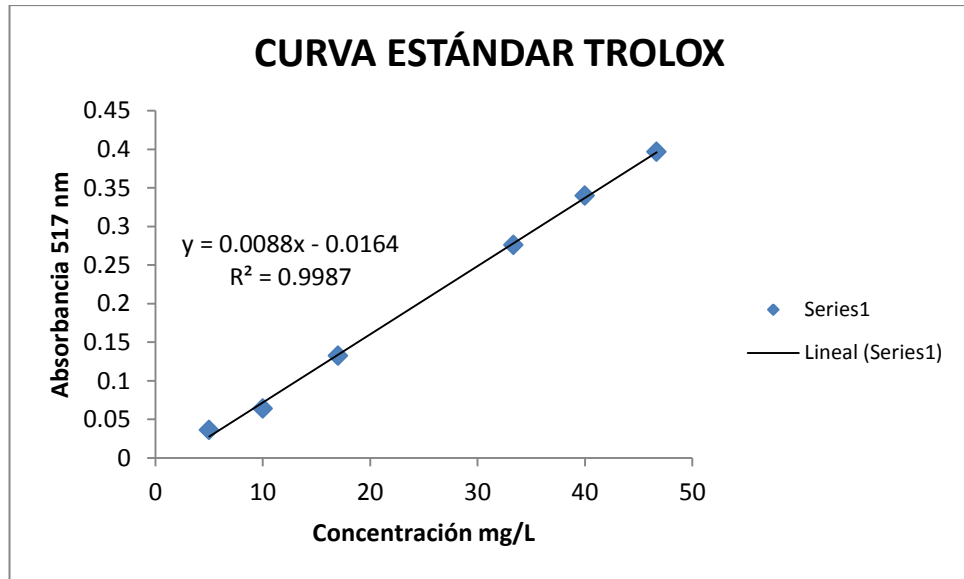
El principio del método DPPH, consiste en que este radical tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido por la reacción de la presencia de una sustancia antioxidante, siendo medida espectrofotométricamente a 517 nm. Por diferencia de absorbancia se determina la capacidad antioxidante del radical libre DPPH.

El principio del método ABTS consiste en la técnica de decoloración, en la cual el radical es generado directamente en una forma estable antes de la reacción con los antioxidantes.

Procedimiento:

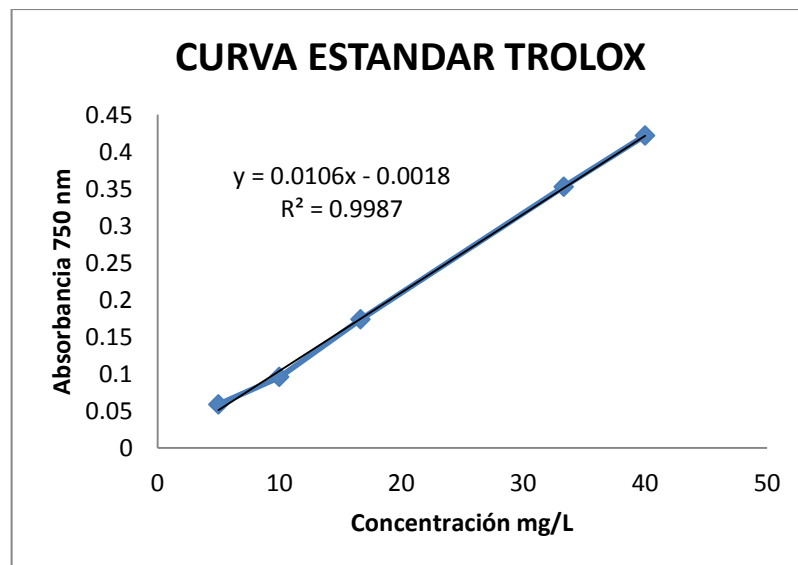
a.DPPH: 50 µL del extracto metanólico se mezclan con 250 µL de metanol al 80 % y 2.7 ml de solución DPPH, se agitó y dejó en reposó por 30 minutos. Al finalizar se midieron las absorbancias a 517 nm frente a un blanco en el espectrofotómetro UV-Vis (GENESYS™ 10S). Los resultados de capacidad antioxidante se expresaron como mmol Trolox/100 g muestra a partir de una curva de calibración utilizando Trolox como estándar.

Figura 7. Curva estándar de concentración mg/L vs Absorbancia



b. ABTS: Se mezclaron 50 μ L de extracto con 250 μ L de metanol al 80 % y 3 mL de solución ABTS, se agitó y llevó a reposo por siete minutos en la obscuridad, concluido el tiempo se midió la absorbancia a 734 nm en el espectrofotómetro UV-Vis (GENESYS™ 10S) y la capacidad antioxidante se reportó como equivalentes mmol Trolox/100 g muestra.

Figura 8. Curva estándar de concentración mg/L vs Absorbancia



Anexo 7

Cuadro 17. Análisis de varianza (ANVA) de la composición nutricional de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua del INIA.

Variable	FV	SC	GI	CM	F	p-valor
Proteína	Variedad	5,23	7	0,75	58,48	<0.0001
	Error	0,20	16	0,01		
	Total	5,43	23			
Grasa	Variedad	0,30	7	0,04	79,93	<0.0001
	Error	0,01	16	5,4E-04		
	Total	0,31	23			
Fibra cruda	Variedad	0,30	7	0,04	7,76	<0.0004
	Error	0,09	16	0,01		
	Total	0,39	23			
Ceniza	Variedad	1,18	7	0,17	23,16	<0.0001
	Error	0,12	16	0,01		
	Total	1,30	23			
Humedad	Variedad	17,11	7	2,44	26,74	<0.0001
	Error	1,46	16	0,09		
	Total	18,57	23			
Carbohidratos	Variedad	3,37	7	0,48	45,48	<0.0001
	Error	0,17	16	0,01		
	Total	3,54	23			
Energía total	Variedad	225,90	7	32,27	34,42	<0.0001
	Error	15,00	16	0,94		
	Total	24,90	23			

Cuadro 18. Prueba de comparación múltiple de Tukey - Composición nutricional de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua.

VARIABLES	VARIEDADES	N	PROMEDIO	TEST:TUKEY ALFA=0.05		
Proteína (%)	Illpa INIA	3	5,51	A		
	INIA 415 Pasankalla	3	4,36	B		
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	3	4,29	B C		
	Salcedo INIA	3	4,23	B C D		
	Amarilla Sacaca INIA	3	4,15	B C D		
	INIA 420 Negra Collana	3	4,13	B C D		
	INIA 431 Altiplano	3	3,98	C D		
	Quillahuamán INIA	3	3,94	D		
Grasa (%)	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	3	0,62	A		
	INIA 415 Pasankalla	3	0,55	B		
	INIA 431 Altiplano	3	0,51	B C		
	Illpa INIA	3	0,49	B C		
	INIA 420 Negra Collana	3	0,46	C		
	Amarilla Sacaca INIA	3	0,45	C		
	Quillahuamán INIA	3	0,32	D		
	Salcedo INIA	3	0,26	D		
Fibra cruda (%)	Illpa INIA	3	1,27	A		
	INIA 415 Pasankalla	3	1,22	A B		
	INIA 431 Altiplano	3	1,08	A B C		
	Amarilla Sacaca INIA	3	1,05	B C		
	Salcedo INIA	3	1,05	B C		
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	3	1,02	B C		
	Quillahuamán INIA	3	0,94	C		
	INIA 420 Negra Collana	3	0,93	C		
Ceniza (%)	Pasankalla	3	3,48	A		
	Quillahuamán	3	3,46	A		
	Salcedo	3	3,45	A		
	Amarilla Sacaca	3	3,41	A		
	Altiplano	3	3,17	B		
	Negra Collana	3	3,17	B		
	Illpa INIA	3	2,94	B C		
	Santa Ana/AIQ/FAO	3	2,90	C		
Humedad (%)	INIA 420 Negra Collana	3	88,16	A		
	Quillahuamán INIA	3	88,00	A		
	INIA 431 Altiplano	3	87,78	A		
	Salcedo INIA	3	87,75	A		
	Amarilla Sacaca INIA	3	87,32	A		
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	3	86,26	B		
	INIA 415 Pasankalla	3	86,17	B		
	Illpa INIA	3	85,95	B		

Cuadro 18. Prueba de comparación múltiple de Tukey - Composición nutricional de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua. (Continuación)

Variables	Variedades	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0.05
Carbohidratos (%)	INIA 415 Pasankalla	3	5,45	A
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	3	5,34	A
	Salcedo INIA	3	4,86	B
	Illpa INIA	3	4,64	B C
	Amarilla Sacaca INIA	3	4,63	B C
	Quillahuamán INIA	3	4,58	B C D
	INIA 431 Altiplano	3	4,56	C D
	INIA 420 Negra Collana	3	4,31	D
Energía total K/cal	Illpa INIA	3	45,03	A
	INIA 415 Pasankalla	3	44,20	A
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	3	44,16	A
	Amarilla Sacaca INIA	3	39,15	B
	INIA 431 Altiplano	3	38,76	B
	Salcedo INIA	3	38,67	B
	INIA 420 Negra Collana	3	37,93	B
	Quillahuamán INIA	3	36,90	B

Letras diferentes dentro de un mismo grupo indican que existe diferencias significativas ($p < 0.05$).

Anexo 8

Cuadro 19. Análisis de varianza (ANVA) de compuestos bioactivos y actividad antioxidante de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua del INIA.

Variable	FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Compuestos Fenólicos	Variedad	44,13	7	6,30	144,27	<0.0001
	Error	1,05	24	0,04		
	Total	45,18	31			
Flavonoides totales	Variedad	6,95	7	0,99	296,81	<0.0001
	Error	0,08	24	3,3E-03		
	Total	7,03	31			
DPPH	Variedad	11,10	7	1,59	49,48	<0.0004
	Error	0,77	24	0,03		
	Total	11,87	31			
ABTS	Variedad	97,64	7	13,95	69,45	<0.0001
	Error	4,82	24	0,20		
	Total	102,46	31			

Cuadro 20. Prueba de comparación múltiple de Tukey - compuestos bioactivos y actividad antioxidante de las hojas de las ocho variedades comerciales de quinua del INIA.

Variables	Variedades	N	Promedio	Test:Tukey Alfa=0.05						
Compuestos fenólicos	Illpa INIA	4	11,49	A						
	INIA 420 Negra Collana	4	10,59		B					
	INIA 415 Pasankalla	4	10,36		B	C				
	Salcedo INIA	4	9,89			C	D			
	INIA 431 Altiplano	4	9,67				D	E		
	Quillahuamán INIA	4	9,21					E	F	
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	4	8,10							F
	Amarilla Sacaca INIA	4	7,75							
Flavonoides totales	INIA 431 Altiplano	4	2,61	A						
	INIA 415 Pasankalla	4	2,51	A						
	Quillahuamán INIA	4	2,20		B					
	INIA 420 Negra Collana	4	1,83			C				
	Illpa INIA	4	1,64				D			
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	4	1,58				D	E		
	Salcedo INIA	4	1,46					E		
	Amarilla Sacaca INIA	4	1,27							F
DPPH	INIA 415 Pasankalla	4	3,45	A						
	INIA 431 Altiplano	4	2,91		B					
	Illpa INIA	4	2,80		B	C				
	INIA 420 Negra Collana	4	2,76		B	C				
	Quillahuamán INIA	4	2,48			C				
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	4	1,97				D			
	Salcedo INIA	4	1,88				D	E		
	Amarilla Sacaca INIA	4	1,55					E		
ABTS	INIA 415 Pasankalla	4	16,63	A						
	INIA 420 Negra Collana	4	15,67	A	B					
	INIA 431 Altiplano	4	15,11		B	C				
	Quillahuamán INIA	4	14,48			C				
	Salcedo INIA	4	14,34			C	D			
	Illpa INIA	4	13,40				D	E		
	Amarilla Sacaca INIA	4	11,97					E		
	INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	4	11,05							

Letras diferentes dentro de un mismo grupo indican que existe diferencias significativas ($p < 0.05$).

Anexo 9

Figura 9. Selección de las hojas de quinua



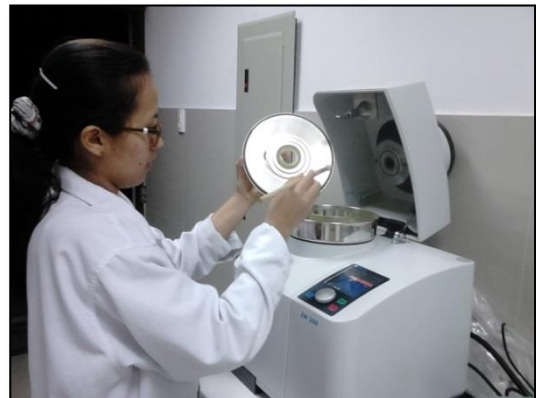
Figura 10. Secado de las hojas de quinua



Figura 11. Secado de las hojas de quinua



Figura 12. Molido de las hojas de quinua



Anexo 10

Figura 13. Variedades de quinua



Figura 14. Variedades de quinua

