

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Potencial de nutrientes, bioactividad y funcionalidad de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac

Presentado por:

Fairuz Elena Sequeiros Huachaca

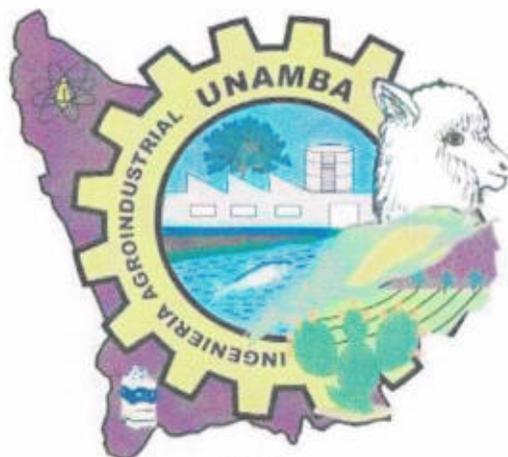
Para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**"POTENCIAL DE NUTRIENTES, BIOACTIVIDAD Y FUNCIONALIDAD DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa W.*), MAÍZ (*Zea mays L.*) Y TARWI (*Lupinus mutabilis S.*) DE
LA REGIÓN APURÍMAC"**

Presentado por **Fairuz Elena Sequeiros Huachaca**, para optar el Título de:

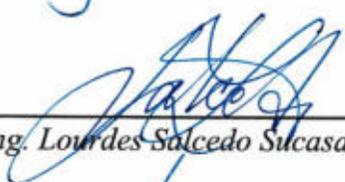
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Sustentado y aprobado el 31 de diciembre del 2021, ante el jurado evaluador:

Presidente:


Dra. Guadalupe Chaquilla Quilca

Primer Miembro:


Ing. Lourdes Salcedo Sucasaca

Segundo Miembro:


Msc. Víctor Hugo Sarmiento Casavilca

Asesora:


Ing. Ruth Mery Ccopa Flores

Co Asesora:


Dra. Dagnith Liz Bejarano Luján

Agradecimiento

Agradezco a Dios y a la vida por brindarme la maravillosa oportunidad de ser parte del Sp. De investigación “Potencial de Nutrientes y bioactividad de frutas y granos andinos de la Región Apurímac” Contrato N° 118-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE, en el cual conocí personas de mucho saber, que no dudaron en compartir tan amplio conocimiento, ellas son, mi asesora, la Ing. Ruth Mery Ccopa Flores y mi Asesora Externa, la Dra. Dagnith Liz Bejarano Luján a quienes agradezco su valiosa amistad, comprensión y apoyo para conseguir una de mis metas programadas.

*Mi especial agradecimiento al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) por el financiamiento para el desarrollo de la presente investigación “Potencial de nutrientes, bioactividad y funcionalidad de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.), Maíz (*Zea mays* L.) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) De la región Apurímac”*

De igual manera agradezco a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, y con mucho cariño a la plana docente de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por su amistad y por todos los conocimientos transmitidos durante mi formación académico profesional, a la vez agradecer al Área Administrativa por todo el apoyo en la gestión del presente proyecto, así como al encargado de los Laboratorios, al Ing. Justo Flavio Arias Motta, por su apoyo en el desarrollo de los análisis para mi investigación.

A mis padres y hermana por todo el amor y apoyo ofrecido incondicionalmente para el cumplimiento de mis objetivos.

A mis amigos y familiares, que me acompañan y a los que lo hacen desde el cielo, quienes nunca dudaron de mi capacidad para conseguir mis objetivos.

“No cuenta el sufrimiento en la vida, sino todo lo bueno que haces con lo que la vida te enseña” y tú hiciste mucho amigo Elio Plinio.



Dedicatoria

A Dios...

Por bendecirme con fortaleza para superar momentos difíciles y haber brindado salud y esperanza a mi familia cuando más lo necesitamos.

A mi Familia...

Por confiar plenamente en mí, a mi madre Felicitas que, con su amor, valores y su ejemplo digno de seguir me enseñó que con esfuerzo todo es posible, a mi padre Leonel que, con sus palabras de aliento y alegría me motivaron a no darme por vencida y a mi hermana menor Karla, quien me inspira a diario a ser mejor persona y un ejemplo suyo.



“Potencial de nutrientes, bioactividad y funcionalidad de quinua (*Chenopodium quinoa* W.),
maíz (*Zea mays*) y tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac”

Línea de Investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del Problema	5
1.2 Enunciado del Problema	5
1.2.1 Problema General:	5
1.2.2. Problemas Específicos	6
1.2.3. Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1. Objetivos de la Investigación	7
2.1.1. General	7
2.1.2. Específicos	7
2.2. Hipótesis de la investigación	7
2.2.1. Hipótesis General	7
2.2.2. Hipótesis Específicas	7
2.3. Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO REFERENCIAL	9
3.1. Antecedentes	9
3.2. Marco Teórico	11
3.2.1. La Desnutrición	11
3.2.2. La Anemia	11
3.2.3. Biodiversidad en Apurímac	11
3.2.4. Agricultura	12
3.2.5. La Composición química proximal:	13
3.2.6. Propiedades funcionales tecnológicas:	13
3.2.7. Leguminosas: Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)	14
3.2.8. Pseudocereales: Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> W.)	22
3.2.9. Cereales: Maíz (<i>Zea Mays</i>)	31
3.3. Marco Conceptual	35
CAPÍTULO IV	37



METODOLOGÍA	37
4.1. Tipo y nivel de la investigación	37
4.2. Diseño de la investigación	37
4.3. Población y muestra.....	39
4.4. Procedimiento de la investigación.....	40
4.5. Técnica e Instrumentos	43
4.6. Análisis estadístico	46
CAPÍTULO V	48
RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
5.1. Análisis de resultados	48
5.2. Contratación de Hipótesis.....	79
5.3. Discusión.....	81
CAPÍTULO VI	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
6.1. Conclusiones	93
6.2. Recomendaciones	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	102



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables.....	8
Tabla 2 — Cultivos principales en Apurímac	12
Tabla 3 — Composición Fisicoquímica del Chocho.	16
Tabla 4 — Composición proximal de 4 especies de Tarwi (b.s).....	18
Tabla 5 — Perfil aminoacídico de la proteína de Tarwi.....	19
Tabla 6 — Minerales presentes en el Tarwi/Chocho.....	20
Tabla 7 — Vitaminas en el Tarwi/Chocho.....	21
Tabla 8 — Características de Variedades de Quinua.....	24
Tabla 9 — Características de quinua “Negra Collana”.....	26
Tabla 10 — Contenido de aminoácidos (g aminoácidos/16 g N).....	27
Tabla 11 — Componentes nutricionales y aminoácidos de variedades de quinua	28
Tabla 12 — Composición nutricional de harina de quinua roja Pasankalla (100 g)	29
Tabla 13 — Minerales (mg/kg) y vitaminas (mg/100 g).	30
Tabla 14 — Composición química general de distintos tipos de maíz (%)	32
Tabla 15 — Contenido de aminoácidos esenciales del maíz	32
Tabla 16 — Esquematación, del, diseño, experimental,	38
Tabla 17 — Procedencia de las muestras.	39
Tabla 18 — Composición Nutricional, en (B.S) de la harina, de los granos andinos.....	49
Tabla 19 — Composición Nutricional en (B.S) de la harina de los granos andinos	50
Tabla 20 — Análisis de Varianza de Comp. Nutricional de harina de granos andinos.....	51
Tabla 21 — Perfil Aminoacídico, (B.S) de las harinas, de granos andinos.	58
Tabla 22 — Análisis de Varianza Perfil Aminoacídico de harinas de granos	59
Tabla 23 — Composición Bioactiva en Base Seca (B.S) de los granos andinos.	70
Tabla 24 — Análisis de Varianza de la Comp. Bioactiva de granos andinos.	70
Tabla 25 — Propiedades Tecnofuncionales de la harina de los granos andinos.	73
Tabla 26 — Análisis de Varianza de las Prop. Tecnofuncionales de los granos andinos.....	73
Tabla 27 — Contenido de Metales Pesados en Harina de Granos andinos.....	77
Tabla 28 — Análisis de Varianza de metales pesados de harina de granos andinos.	77



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Quinoa Negra Collana	24
Figura 2 — Quinoa Roja Pasankalla.....	25
Figura 3 — Quinoa Blanca.....	25
Figura 4 — Diagrama de flujo de Harina desgrasada a partir de granos Andinos.	41
Figura 5 — Comparación de medias Humedad de 9 variedades de granos andinos.	52
Figura 6 — Comparación de medias Proteína de las 9 variedades de granos andinos.	53
Figura 7 — Comparación de medias de Grasa de las 9 variedades de granos andinos.	53
Figura 8 — Comparación de medias de Ceniza de las 9 variedades de granos andinos.	54
Figura 9 — Comparación de medias de Fibra de las 9 variedades de granos andinos.	54
Figura 10 — Comparación de medias de Carbohidratos de granos andinos.	55
Figura 11 — Comparación de medias de Calcio de las 9 variedades de granos andinos.	55
Figura 12 — Comparación de medias de Fósforo de las 9 variedades de granos andinos. ..	56
Figura 13 — Comparación de medias de Hierro de las 9 variedades de granos andinos.	56
Figura 14 — Comparación de medias de Ácido Aspártico de granos andinos.....	61
Figura 15 — Comparación de medias de Ác. Glutámico de granos andinos.....	61
Figura 16 — Comparación de medias de Serina de las 9 variedades de granos andinos	62
Figura 17 — Comparación de medias de Histidina de las 9 variedades de granos andinos .	62
Figura 18 — Comparación de medias de Glicina, de las 9 variedades de granos andinos..	63
Figura 19 — Comparación de medias de Treonina* de las 9 variedades de granos andinos	63
Figura 20 — Comparación de medias de Arginina de las 9 variedades de granos andinos .	64
Figura 21 — Comparación de medias de Alanina, de las 9 variedades de granos andinos .	65
Figura 22 — Comparación de medias de Tirosina de las 9 variedades de granos andinos ..	65
Figura 23 — Comparación de medias de Valina* de las 9 variedades de granos andinos ...	66
Figura 24 — Comparación de medias de Metionina* de granos andinos	66
Figura 25 — Comparación de medias de Fenilalanina de granos andinos	67
Figura 26 — Comparación de medias de Isoleucina* de granos andinos	67
Figura 27 — Comparación de medias de Leucina* de las 9 variedades de granos andinos .	68
Figura 28 — Comparación de medias de Lisina* de las 9 variedades de granos andinos....	68
Figura 29 — Comparación de medias de Prolina, de las 9 variedades de granos andinos ...	69
Figura 30 — Comparación de medias de Polifenoles de 9 variedades de granos andinos..	71
Figura 31 — Comparación de medias de Cap. Antioxidante de granos andinos.....	72
Figura 32 — Comparación de medias de CAA de 9 variedades de granos andinos.....	74
Figura 33 — Comparación de medias de CRA de 9 variedades de granos andinos.	75
Figura 34 — Comparación de medias de CH de 9 variedades de granos andinos.	75



Figura 35 — Comparación de medias de Solubilidad de 9 variedades de granos andinos...	76
Figura 36 — Comparación de medias de Contenido de Cd de granos andinos.	78
Figura 37 — Comparación de medias de Contenido Pb de granos andinos.	79
Figura 38 — Colecta de muestras de Quinoa Blanca en Distrito de Cachora	123
Figura 39 — Colecta en parcela de Tarwi en la comunidad de Siusay	124
Figura 40 — Granos y Flor de Tarwi Yunguyo.	125
Figura 41 — Vaina madura del Tarwi Yunguyo en Distrito de Cachora	125
Figura 42 — Colecta de muestras de Maíz Amarillo en Distrito de Huanipaca.	126
Figura 43 — Quinoa Negra Collana y Roja Pasankalla en la Feria Agroecológica	127
Figura 44 — Colecta de Muestras de Granos andinos en la Región Apurímac	128
Figura 45 — Reunión de solicitud de autorización de uso de muestras en investigación. .	129
Figura 46 — Muestra de Maíz Blanco.....	129
Figura 47 — Muestra de Maíz Amarillo.....	130
Figura 48 — Muestra de Maíz Morado	130
Figura 49 — Muestra de Quinoa Blanca.....	131
Figura 50 — Muestra de Quinoa Roja Pasankalla.....	131
Figura 51 — Muestra de Quinoa Negra Collana.....	132
Figura 52 — Muestra de Tarwi Yunguyo	132
Figura 53 — Muestra de Tarwi H6 INIA.....	133
Figura 54 — Muestra de Tarwi Allqamari.....	133
Figura 55 — Desgrasado de las harinas de las tres variedades de Tarwi.	134
Figura 56 — Desgrasado de las harinas de Quinoa y Maíz.	134
Figura 57 — Determinación de Humedad de la harina de granos andinos.....	135
Figura 58 — Determinación de Humedad.	135
Figura 59 — Cenizas de harinas de granos andinos.	136
Figura 60 — Determinación de Cenizas.	136
Figura 61 — Procedimiento de Análisis Físicoquímico.	137
Figura 62 — Pesado de tubos con muestra de harina de granos andinos.	138
Figura 63 — Hidratado de muestra para CRA.	138
Figura 64 — Muestras del Análisis de CRA y CAA en reposo.	139
Figura 65 — Centrifugación de tubos – CRA y CAA y muestras después centrifugado. .	139
Figura 66 — Eliminación de Sobrenadante – CRA y CAA.....	140
Figura 67 — Secado de muestras	140
Figura 68 — Muestras hidratadas para prueba de Solubilidad y CH.	141
Figura 69 — Centrifugado de muestras de Prueba de Solubilidad.....	141
Figura 70 — Agitación de muestras en Vórtex.....	142



Figura 71 — Procedimiento para Digestión de Metales Pesados.....	143
Figura 72 — Carrusel cargado con muestra / Digestor Microondas en digestión.....	143
Figura 73 — Liberación de gas en tubos después de la Digestión.	144
Figura 74 — Vaciado de muestra digestada a Fiola.	144
Figura 75 — Aforo con Agua Ultrapura Tipo 1.....	145
Figura 76 — Flama del Espectrofotómetro de Absorción atómica.	145
Figura 77 — Columna de Cromatógrafo HPLC.....	146
Figura 78 — Cromatógrafo HPLC.	146



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, Apurímac viene siendo considerado como una de las regiones con mayor riqueza respecto a su diversidad dando énfasis a su flora andina, sin embargo también es considerada como una de las regiones con mayores índices de Anemia y desnutrición en el Perú, por ejemplo los datos del año 2018 brindados por la Dirección Regional de Salud de Apurímac (DIRESA), indican que existió 31.2% de niños en desarrollo (< 3 años) con anemia, 21.3% madres gestantes con anemia y 20.2% niños menores a 3 años con desnutrición crónica, afectando negativamente el desarrollo psicomotor y cognitivo de la niñez peruana, efectos que si no se solucionan se extienden hasta la vida adulta, no siendo suficiente nuestra región también se encuentra dentro de las regiones más pobres.

Es así que, durante estos últimos años el Estado Peruano intervino con el fin de disminuir tasas de la anemia y desnutrición. Con apoyo del Ministerio de Salud y el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social implementaron normas específicas para la mitigación de estas enfermedades al mismo tiempo muchos investigadores se interesaron en esta problemática, buscando soluciones de mitigación ya que, el Estado Peruano las consideró como amenazas al derecho de la Salud, implementando dietas ricas en macronutrientes (Proteínas, Grasas y Carbohidratos) y micronutrientes (Fe, Ca y Mg) requeridos por los infantes, madres gestantes y madres lactantes, creando nuevos productos enriquecidos con Hierro, Vit. A, B6, B12, C, D y E, sin embargo, hasta el momento no se ha logrado, tal como lo indican la Encuesta Nacional Demográfica y de Salud Familiar (2017), la anemia en niños en desarrollo (< 3 años) se mantiene en 43.6% a nivel nacional. El contexto actual impactó negativamente, ya que, la pandemia trajo consigo un incremento en los porcentajes de anemia en infantes (< 3 años), a un 49.9% (IPE, 2021)

La biodiversidad apurimeña brinda a su población alimentos ricos en componente nutricionales, bioactivos y propiedades importantes para su procesamiento, (frutas silvestres, semillas, granos y leguminosas) los cuales no son aprovechados adecuadamente en la alimentación.

Se denominan compuestos bioactivos a los componentes que podemos encontrar mediante la ingesta de alimentos, estos compuestos influyen positivamente en las actividades celulares y fisiológicas que al consumirlos tienen un efecto beneficioso para la salud, así como las antocianinas y compuestos fenólicos, pigmentos responsables del color violáceo, rojizo y azulado. Su consumo es de interés para la industria farmacéutica a causa de sus beneficios para la salud. Diversos estudios demostraron que las antocianinas poseen actividad antioxidante



la cual actúa como antidiabética, antimicrobiana anticancerígena y antiinflamatoria. (AGUILERA, REZA y CHEW, 2011)

Las propiedades tecnofuncionales son de gran importancia en el desempeño del producto cuando se exponen a diversos factores físicos, termomecánicos, etc., por ejemplo, para la formación de pastas, embutidos, bebidas, productos extruidos, etc.

El Maíz (*Zea mays*), Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) son productos que cuentan con un potencial nutritivo, bioactivo y tecnofuncional inmenso y por ellos son valorados en el mercado internacional, estos son solo unos pocos productos de gran valor nutritivo en la región Apurímac, sin embargo, estos granos andinos solo se estudiaron parcialmente y no se cuentan con investigaciones o bases de datos que brinden una completa información acerca de las bondades de los productos. La información inexistente hace un vacío para facilitar la creación de productos enriquecidos que contrarresten la anemia y desnutrición.



RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal objetivo, evaluar la composición de nutrientes, bioactividad y propiedades funcionales tecnológicas de Maíz (*Zea mays*), Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), de la región Apurímac. Se trabajó con Quinoa, blanca, Roja Pasankalla y Negra Collana; Maíz, blanco, amarillo y morado; y Tarwi, Yunguyo, H6INIA y Allqamari.

La caracterización nutricional se realizó de acuerdo con las metodologías de la AOAC y la Norma Técnica Peruana. La Quinoa sobresalió en contenido de cenizas y minerales Ca, P y Fe, la variedad con contenidos más altos fue la V₄ (Quinoa Blanca), el maíz por ser un cereal obtuvo altos porcentajes de carbohidratos y humedad, siendo la V₃ (Maíz morado) la de mayores contenidos; la especie Tarwi, V₉ y V₇ (T. Allqamari y Yunguyo) obtuvieron los mayores resultados, resaltando en grasa, fibra, calcio, fósforo y proteínas, por lo tanto, la misma especie tuvo los contenidos más altos de aminoácidos, pero los aminoácidos esenciales se presentaron en las 9 variedades en estudio.

La importancia de los componentes bioactivos radica su poder preventivo de enfermedades degenerativas, al analizar los granos andinos, los que presentan máximo contenido de polifenoles y capacidad antioxidante son el Maíz morado, seguido de la Quinoa Blanca y el Tarwi Allqamari, con la capacidad para ser alimentos funcionales.

El Tarwi resaltó en todas las propiedades Tecnofuncionales, la quinoa tuvo el valor más bajo en Solubilidad, mientras que el Maíz cuenta con los valores más bajos respecto a las demás muestras estudiadas. Estas propiedades son de interés para procesamiento de alimentos.

Adicionalmente se determinó el contenido de metales pesados, las muestras presentan mínimos niveles de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), no sobrepasan los Límites máximos permisibles impuestos por MERCOSUR y La Unión Europea (0.10 ppm para Cd y 0.20 ppm para Pb), entonces los granos procedentes de los distritos San Pedro de Cachora, Sañayca, Haqaira y Chacoche no causan daño al ser consumidos.

Palabras clave: *Granos andinos, composición nutricional, composición bioactiva, propiedades tecnofuncionales.*



ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the nutrient composition, bioactivity and technological functional properties of Corn (*Zea mays*), Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), from the Apurimac region. We worked with Quinoa, white, Red Pasankalla and Black Collana; Corn, white, yellow and purple; and Tarwi, Yunguyo, H6INIA and Allqamari.

The nutritional characterization was carried out in accordance with the methodologies of the AOAC and the Peruvian Technical Standard. Quinoa stood out in content of ash and minerals Ca, P and Fe, the variety with the highest content was V4 (White Quinoa), corn, being a cereal, obtained the highest carbohydrate and moisture content, being V3 (purple corn) the one with the greatest contents; the species Tarwi, V9 and V7 (T. Allqamari and Yunguyo) obtained the best results, standing out in fat, fiber, calcium, phosphorus and protein, therefore, the same species had the highest content of amino acids, but the essential amino acids were presented in the 9 varieties under study.

The importance of bioactive components lies in their preventive power of degenerative diseases, when analyzing Andean grains, those with the highest content of polyphenols and antioxidant capacity are purple corn, followed by White Quinoa and Tarwi Allqamari, with the ability to be functional foods.

The Tarwi stood out in all the Technofunctional properties, the quinoa had the lowest value in Solubility, while the Corn had the lowest values compared to the other samples studied. These properties are of interest for food processing.

Additionally, the content of heavy metals was determined, the samples studied have very low levels of Cadmium (Cd) and Lead (Pb), which do not exceed the maximum permissible limits imposed by MERCOSUR and the European Union (0.10 ppm for Cd and 0.20 ppm for Pb), then the grains from the San Pedro de Cachora, Sañayca, Haquira and Chacoche districts do not cause damage when consumed.

Keywords: *Andean grains, nutritional composition, bioactive composition, technofunctional properties.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

Apurímac es una región económicamente pobre, a la vez se encuentra dentro de las regiones con porcentajes de anemia, 31,2% en niños menores de 3 años, 21,3% en madres gestantes y desnutrición crónica en 20,2% en niños menores a 3 años, a pesar de poseer una variada riqueza natural, entre frutas, hortalizas, cereales, pseudocereales, tubérculos, raíces, hierbas aromáticas, entre otros, siendo así, la región Apurímac reportó que cuenta con 12.9% de áreas dedicadas al cultivo de Quinoa respecto al nivel nacional (Laos, 2021), 12.9% de área cultivada de maíz del área total en el país (INEI, 2020) y 4.64% de áreas dedicadas al cultivo de Tarwi respecto al área nacional de cultivo (TAPIA, 2016), de igual manera la producción regional de quinoa es del 10.77% (MINAGRI, 2019) de la producción nacional, 0.34% de la producción Nacional de maíz (MINAGRI, 2019), 13.11% de tarwi (MINAGRI, 2017).

Dicha producción de los granos andinos no es aprovechada para la correcta alimentación por la falta de estudios que permitan generar conocimiento y al mismo tiempo satisfacer las necesidades de los productores, disminuyendo así, el deterioro y pérdida de productos a falta de una cadena de valor para su aprovechamiento, en el aspecto nutricional, bioactivo y funcional. Frente a este contexto se plantea la siguiente pregunta ¿Cuál es la composición nutricional, composición bioactiva y las propiedades tecnofuncionales de la Quinoa, Tarwi y Maíz de la región Apurímac?, ya que posteriormente se utilizará esta información para contribuir en la disminución de los problemas de salud más comunes en la actualidad, así como la obesidad, desnutrición crónica y anemia, mediante la inclusión en la formulación de nuevos productos con potencial nutricional y bioactivo de acuerdo las propiedades funcionales más resaltantes de la Quinoa, Tarwi y Maíz.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál será la composición nutricional, componentes bioactivos y propiedades funcionales tecnológicas de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac?



1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál será la composición nutricional de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac?
- ¿Cuáles serán los componentes bioactivos de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac?
- ¿Cuáles serán las propiedades tecnofuncionales de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac?

1.2.3. Justificación de la investigación

Apurímac es una región rica en biodiversidad muy variada por poseer microclimas. Dentro de los cereales más cultivados, la quinoa lidera en producción con 6415 Tn/año, el Tarwi con 1167 Tn/año, y el maíz con 1600 Tn/año ((MINAGRI), 2017), por lo que, Apurímac se encuentra dentro de las regiones más productivas del país.

Los cereales, pseudocereales y leguminosas que se estudian en la presente investigación, constan de una composición química nutricional abundante en proteínas, aminoácidos esenciales, grasa e incluso hierro. Dado esto, el contenido protéico de un alimento es importante no solo por el valor nutritivo; ya que también influye en las propiedades tecnofuncionales para la aplicación en la formulación. Por este estos motivos es que la ejecución del proyecto permite la complementación del conocimiento tanto de la potencialidad nutritiva como de la potencialidad bioactiva de los granos andinos estudiados, del mismo modo la relación con las propiedades funcionales tecnológicas que poseen estas muestras como parte de su naturaleza, y así se establecerán estrategias para posicionamiento en el mercado, y de esta manera, atender las demandas productivas del agricultor y por lo tanto satisfacer las demandas nutricionales de la población.

A la vez, en un futuro, los resultados servirán como fuente de investigaciones y será posible hacer una comparación del potencial y así proponer novedosas opciones de sustitución parcial para la formulación de novedosos alimentos procesados, consumo que atribuirá beneficios en la salud mitigando los principales problemas de salud, como la anemia y la desnutrición crónica.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos de la Investigación

2.1.1. General

Evaluar el potencial de nutrientes, bioactividad y propiedades funcionales tecnológicas de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.

2.1.2. Específicos

- Determinar la composición nutricional de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.
- Determinar los componentes bioactivos, de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.
- Determinar las propiedades tecnofuncionales de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.

2.2. Hipótesis de la investigación

2.2.1. Hipótesis General

Existen diferencias en la composición nutricional, componentes bioactivos y propiedades funcionales tecnológicas de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.

2.2.2. Hipótesis Específicas

- Existen diferencias en la composición nutricional de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.
- Existen diferencias en los componentes bioactivos de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.

- Existen diferencias en las propiedades funcionales tecnológicas de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.

2.3. Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADOR	ÍNDICE
Variedades de los granos, semillas y leguminosas andinas de la región Apurímac.	Especie/variedad: Quinoa: Blanca, Negra y Roja. Maíz: Blanco, Amarillo y Morado. Tarwi: Yunguyo, Alqamari y H6 INIA.	Adimensional
VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADOR	ÍNDICE
Composición Nutricional	Macronutrientes - fisicoquímicos: - Humedad - Proteína - Grasa - Carbohidratos - Cenizas - Fibra - Aminoácidos. Micronutrientes: - Calcio, Fósforo y Hierro (Ca, P y Fe).	- Porcentaje (%) - Porcentaje (%) - Porcentaje (%) - Porcentaje (%) - Porcentaje (%) - Porcentaje (%) - Mg/100 g - Mg/100 g
Composición bioactiva	- Polifenoles totales - Capacidad antioxidante.	- Eq. A. Gálico mg/100g - Eq. Trolox CI 50 mg/100g
Propiedades Tecnofuncionales	- Solubilidad en agua. - Cap. de Absorción de Agua. - Cap. de retención de agua. - Cap. de hinchamiento.	- Porcentaje (%) - (g/g). - (g/g). - (ml/g)
Metales pesados	- Plomo (Pb) y Cadmio (Cd)	- Mg/100 g

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL

3.1. Antecedentes

En el artículo científico, titulado “**Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa* W.)**” se investigó la composición de compuestos bioactivos, actividad antioxidante y azúcares reductores de veinticuatro variedades de quinua (INIA Perú) ya que, la referencia indica que la composición nutricional de la quinua y los compuestos bioactivos presentes en su composición (fenólicos y betalaínas) se diferencian, de acuerdo a los ecotipos y variedades de los que fueron recolectados las muestras. Como resultado se obtuvo los granos de quinua contienen compuestos fenólicos totales entre 0.783 a 3.437 mg GAE/g muestra, azúcares reductores entre 30.973 y 88.278 equivalentes mg de glucosa/g muestra, compuestos flavonoides totales entre 0.199 y 1.029 mg CE/g y, betacianinas y betaxantinas en mínimas cantidades, así mismo, el autor evaluó la actividad antioxidante de acuerdo al método DPPH y el método ABTS. (VALENCIA, y otros, 2017)

Por otro lado, la investigación titulada, “**Extracción y caracterización del almidón de 3 variedades de Quinoa**” investigada por (ARZAPALO Quinto, y otros, 2014), se trabajó con Roja Pasankalla, Quinoa Negra collana, y Blanca Junín, como resultado que las variedades el autor reporta que presentan alto contenido de carbohidratos 66.4 - 71.3% y la importancia radica en la obtención de almidones. Se reportan diferencias significativas en el análisis nutricional para almidón de 3 variedades de quinua a excepción de la humedad, siendo los más altos proteína, lípidos, fibra, respecto a los análisis tecnofuncionales, varió significativamente referente a viscosidad, la capacidad de absorción de agua, la retrogradación, estabilidad a descongelamiento, mientras que índice de solubilidad y capacidad de hinchamiento, los valores son similares en las 3 variedades de quinua.

En la tesis, titulada “**Obtención un aislado protéico de torta de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y evaluación de sus propiedades tecno funcionales**” estudiado por (BREÑA Díaz, 2018). Las muestras fueron deslupinizadas, pasaron un secado, molienda y extracción de aceite por Expeller de tarwi; de donde se obtuvo una torta de tarwi a la que se obtuvo la proteína mediante un aislado proteico, siguiendo el método de extracción de álcalis y la precipitación isoeléctrica. Se evaluó el punto isoeléctrico,



el más conveniente fue a pH 4,6. Las propiedades tecnofuncionales determinadas fueron: máxima solubilidad (87.7% a pH 8) y mínima solubilidad (19.3% a pH 4); La capacidad de retención de agua, (3.7 g de agua/ g de aislado a pH 2) y capacidad de retención de agua (1.9 g de agua/g de aislado a pH 4). La capacidad de retención de agua, la capacidad emulsificante y la estabilidad de emulsión fueron las propiedades más resaltantes.

En la tesis, titulada **“Composición nutricional de 10 genotipos de lupino (*L. mutabilis* y *L. albus*) desamargados por proceso acuoso”** estudiado por QUISPE en el año 2015, donde se concentró en la evaluación de 9 genotipos de *Lupinus mutabilis* procedentes de distintas regiones y la muestra de *L. albus* cultivado en Lima. Se analizaron el incremento de peso en grano húmedo, pérdida de materia seca (m.s) y análisis químico proximal. De igual manera carbohidratos, actividad antioxidante, proteínas solubles, oligosacáridos y alcaloides totales por la metodología espectrofotométrica. Las muestras deslupinizadas aumentaron a 2 veces de su peso húmedo, disminuyeron su m.s en casi 30% y presentando un rendimiento elevado, de casi 75%. La composición proximal fue similar respecto al incremento de proteína cruda y fibra y reducción en el contenido de carbohidratos y cenizas, a excepción del contenido de grasa. Los alcaloides disminuyeron en 97% de su contenido en el grano.

En el artículo científico titulado **“Análisis Proximal y Fitoquímico de Cinco Variedades de Maíz del Estado de Campeche (México)”** investigado por ÁLVAREZ (2016). Estudió el análisis proximal y fitoquímico de 5 variedades de maíz procedentes de los distritos de la provincia Hopilchén, (Ciudad de México) para evaluar el contenido de macronutrientes y metabolitos secundarios que existen en las muestras de maíz de las variedades estudiadas. El maíz morado tuvo el menor porcentaje en grasa 4.07% y las muestras de maíz blanco, criollo e híbrido, presentaron alto contenido protéico (9.5 y 9.9%) pero también el menor contenido de fibra cruda entre 2.97 y 2.58%, mientras que el maíz amarillo presentó mayor contenido (7.79%) así como de carbohidratos 75.07%. Finalmente reporta que solo el maíz morado y el maíz rojo presentaron antocianidinas.



3.2. Marco Teórico

3.2.1. La Desnutrición

La desnutrición es ocasionada por no ingerir suficientes alimentos en cantidad y calidad, es decir, lo que se ingiere no contiene los suficientes nutrientes necesarios para su crecimiento, además a causa de no recibir los cuidados adecuados, y este descuido hace que en un cuerpo débil se generen enfermedades infecciosas. (UNICEF, 2011)

En Apurímac la desnutrición crónica se encuentra en 20,2% en infantes menores a 3 años, indicativo del desconocimiento del tema de alimentación saludable. (DIRESA, 2018)

3.2.2. La Anemia

La (OMS, 2011) la define como la presencia de bajos niveles de hemoglobina en el cuerpo humano. Por lo tanto, la anemia se da cuando los eritrocitos y de la concentración de hemoglobina (Hb) circulante se produce de manera reducida en el organismo, siendo inferior al límite normal para la persona afectada, teniendo en cuenta los siguientes factores: sexo, condiciones medioambientales (como la altitud), edad, y estado fisiológico (neonatales, infantes, púberes, embarazadas, vejez, etc.). En nuestra región Apurímac los porcentajes de anemia son altos siendo así, 31,2% en niños menores de 3 años, 21,3% en madres gestantes. (DIRESA, 2019)

3.2.3. Biodiversidad en Apurímac

Para el AGRORURAL (2019). La región Apurímac cuenta con una flora y fauna muy diversa, debido a las grandes diferencias de altitud que se encuentran en esta región y en general en las montañas, conformando una amplia gama de suelos ecológicos. Esto ha hecho que diferentes tipos de plantas y animales se adapten a diferentes condiciones ambientales para existir en diferentes altitudes, formando así una variedad de ecosistemas. En los valles, la cubierta vegetal es más fértil que en las capas ecológicas superiores.



3.2.4. Agricultura

Apurímac es una región agrícola, actividad que varía mucho en producción, ya que, cuenta con diferentes estratos ecológicos, fluctúa en cada campaña y está determinada de acuerdo al tipo de producto a cultivar, la presencia y manejo de otros estratos. Se complementa con variaciones agroclimáticas. La tecnología de producción tradicional llegó a limitar el desarrollo agrícola, siendo la actividad que más ingresos económicos brinda a la región. (GORE, 2020).

Tabla 2 — Cultivos principales en Apurímac

Cultivos	Área cultivada (Ha)	Rendimientos Tn/Ha	Producción Tn/Ha
Maíz amiláceo	21259,95	18,64	118781,32
Papa	10019,60	12,94	54597,72
Trigo	5771,10	11,85	20306,87
Cebada grano	5159,20	11,44	16786,36
Frijol (g.s)*	5148,72	11,33	10831,60
Papa amarilla	4819,50	11,12	8374,32
Haba (g.s)	2963,61	9,88	5742,55
Olluco	2725,80	9,11	5716,16
Maíz amarillo (d)*	2142,50	7,49	5184,86
Papa nativa	1922,00	7,49	4912,96
Maíz choclo	1264,90	7,14	3918,85
Quinua	1104,75	6,82	2640,77
Haba (g.v)*	968,00	6,60	2481,87
Arveja (g.v)	578,00	6,03	1535,85
Mashua	503,90	6,02	1457,09
Kiwicha	307,00	5,82	1188,53

(g.s)* Grano Seco, (g.v)* grano verde, (d)* Duro.

Extraído de Dirección Regional Agraria de Apurímac (2014)

SUQUILANDA (2018), realizó estudios del análisis nutricional a diferentes alimentos andinos divididos en:



- Alimentos energéticos (carbohidratos): tubérculos y raíces: mashua, oca, olluco, papa.
- Alimentos protéicos (proteína) y energéticos (grasa) y minerales: Tarwi, habas, frijol, arvejas.
- Alimentos protéicos (proteína), minerales y energéticos (carbohidratos): maíz, Cañihua, kiwicha, quinua.

3.2.5. La Composición química proximal

Así se denominan los análisis aplicados desde un principio a las materias primas para su uso en la formulación de alimentos, incluyéndolos como fuente de proteína y/o energía, del mismo modo los productos procesados pasan por estos análisis como medida de control para verificar su conformidad con las especificaciones. o requisitos especificados durante la producción de la preparación. Estos análisis engloban a los siguientes análisis: el contenido de humedad, proteína bruta, fibra bruta, grasa, extractos libres de cenizas y nitrógeno en la muestra y el contenido de minerales como magnesio, calcio, hierro, potasio y fosfato. También se toman fósforo y zinc. dentro de la cuenta. vitaminas y aminoácidos. (FAO, 2013)

3.2.6. Propiedades funcionales tecnológicas

Conocer de estas propiedades de las harinas es muy importante ya que de acuerdo a las propiedades que los alimentos poseen, los destinamos a sus aplicaciones específicas. Para los cereales, las propiedades son predominante por el contenido de amilosa, es por ello que, las propiedades tanto fisicoquímicas y tecnofuncionales confieren características especiales al producto, a tal punto de que se utilizan por esas características, como insumo espesante, como estabilizadores y como aglutinantes, ligantes o espesantes. (DUSSÁN Sarria, y otros, 2019)

- **Solubilidad**

Es la capacidad de disolución de cierta cantidad de soluto en una cantidad de disolvente a condiciones específicas (temperatura).

El equilibrio de la solubilidad proteica se alcanza paulatinamente ya que, los valores de solubilidad suelen variar de acuerdo al procedimiento que se



sigue para establecer las condiciones finales de fuerza iónica, pH, temperatura y concentración proteica.

Para la formulación de bebidas, la solubilidad de las proteínas es una característica importante, pues se presenciaron en el aspecto del producto final. (LÓPEZ MEDINA, 2014)

- **Capacidad de hinchamiento**

La capacidad de hinchamiento es dada por contenido de amilosa ya que, esta interfiere en las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón, su retrogradación y el hinchamiento (BERNAL, y otros, 2008). La molécula consta de abundantes grupos hidroxilo, por lo que el polisacárido tiende a absorber agua cuando se encuentra en su presencia. Los gránulos por su naturaleza insoluble solo absorben cantidades limitadas de agua, lo que genera un visible hinchamiento y por lo tanto un incremento en su tamaño que generalmente es reversible cuando se deshidrata (APARICIO, 2014). La amilopectina es la encargada de generar el hinchamiento y la viscosidad de la pasta de almidón.

- **Capacidad de absorción de agua**

Es cantidad máxima de agua que puede retener una materia seca previamente pesada, esta muestra se expone en presencia de un excedente de agua y baja acción de una fuerza estándar. La facilidad o dificultad para el procesamiento de un producto es dado por el efecto de retención en la viscosidad. La fuerza iónica, pH y tamaño de partícula son factores influyen en esta propiedad. (GUIZAR, 2014)

3.2.7. Leguminosas: Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.)

- **Aspectos Generales**

ORTEGA et al. (2010) indica que el tarwi o chocho es una de las leguminosas más antiguas de la región Andina. La historia de su cultivo en el territorio nacional se remonta a tres mil años atrás. (MUZQUIZ, y otros, 2011) descubrieron evidencias de su existencia desde épocas de los incas, cuando eran utilizadas como parte de la dieta diaria. Con la conquista de los españoles, el chocho fue sustituido paulatinamente por otras legumbres



- **Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.)**

El tarwi es una leguminosa que se distingue por su alto contenido de proteína (>40%) por lo que se viene utilizando a lo largo de los años para la alimentación de personas y animales, pues contiene compuestos fenólicos antioxidantes, sustancias anticancerígenas, antimutagénicas, hipocolesterolémicas, y oligosacáridos prebióticos que favorecen la proliferación de la microflora intestinal. (CARVAJAL Larenas, y otros, 2015)

Los granos de tarwi poseen proteínas de alto valor biológico, contiene lisina, un aminoácido esencial que no es fácilmente encontrado en otros vegetales, además el chocho es favorecido con un elevado contenido de grasas, de las cuales, la mayoría contienen ácidos grasos saludables. El tarwi es un alimento cuyas propiedades tanto bioactivos y nutricionales, superan a la soya, la cual es considerada como fuente protéica de mayor relevancia a nivel mundial. (SUCA, 2016)

- **Clasificación Taxonómica del Tarwi**

Según (CAMARENA Mayta, y otros, 2012) es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Fanerógama

Clase: Dicotiledónea

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Lupinus*

Especie: *Lupinus mutabilis*
S.

- **Situación del Tarwi en la Región Apurímac**

El *L. mutabilis* en el Perú ha sido producido para el consumo de las familias, por ello es cultivada por los pobladores andinos en pequeñas parcelas y cuyo excedente se venden en ferias locales y regionales. (AGUILAR, 2015).



En la actualidad la producción del *L. mutabilis* de Perú viene manteniendo las producciones, pues las áreas de cosechas se encuentran entre 8000 Ha y 9000 Ha de cultivo anual, dando una producción de 9000 TM /año y dejando un rendimiento de 1TM / Ha. (FAO, 2013)

- **Composición Química del Grano**

Tabla 3 — Composición Físicoquímica del Chocho

Componentes	Tarwi amargo	Tarwi desamargado
Proteína (%)	47.8	54.05
Grasa (%)	19.8	21.22
Fibra (%)	11.07	10.37
Cenizas (%)	452	2.54
Humedad (%)	10.13	7.05
Extracto Libre de Nitrógeno (%)	17.62	11.82
Alcaloides (%)	3.26	0.03
Azúcares totales (%)	1.95	0.73
Azúcares reductores (%)	0.42	0.61
Almidón total (%)	4.34	2.88
Potasio (%)	1.22	0.022
Magnesio (%)	0.24	0.07
Calcio (%)	0.12	0.48
Fósforo (%)	0.60	0.43
Hierro (%)	78.45	74.25
Zinc (%)	42.84	63.21
Manganeso (%)	36.72	18.47
Cobre (%)	12.65	7.99

Extraído de Tabla de composición de Tarwi - CAMARENA et al. (2012)

- **Proteínas Vegetales**

Las proteínas vegetales son fuente de nutrientes y componentes funcionales importantes de acuerdo a su diversidad, disponibilidad y costo, aprovechando las propiedades tecnológicas y los beneficios nutricionales de cada grupo proteico. Se obtiene principalmente de legumbres, cereales, semillas



oleaginosas y una pequeña parte de hojas verdes. (JAYASENA, y otros, 2010)

La disponibilidad de fuentes de proteínas vegetales como las harinas desgrasadas de oleaginosas, con la tendencia a la reducción de la ingesta de proteínas de origen animal hace que últimamente se haya avanzado mucho en la obtención mejorada de estas proteínas de origen vegetal para su uso en la dieta diaria. (ONSAARD, y otros, 2010)

Adicional a sus propiedades nutricionales, las proteínas de origen vegetal constan de propiedades tecnofuncionales, algunos son la coagulación, gelatinización y emulsificación que participan con un papel importante en el procesamiento de los alimentos. Sin embargo, existen factores que afectan las propiedades de las proteínas, los endógenos como la composición de aminoácidos y los factores exógenos, como temperatura, solvente, pH o factores del ambiental. (KLUPSAITE, y otros, 2015)

Las proteínas vegetales contienen escasos porcentajes de lisina, triptófano y treonina (cereales) y en casos de oleaginosas y nueces, posee mínimo contenido metionina y lisina. El aminoácido que por necesidad sea importante y a la vez escaso es denominado aminoácido limitante. (BARAC, y otros, 2010)

- **Proteína del tarwi y sus aminoácidos**

El Perú tiene el beneficio de tener un tipo de tarwi *Lupinus mutabilis* que tiene alto contenido de proteína referente a otras variedades o ecotipos. Además, las proteínas de esta variedad de tarwi se encuentran en amplitud en la semilla 45.3 % y no en la cáscara 5.4%. (BERTI, y otros, 2013)

El *Lupinus mutabilis Sweet* es la especie que posee el contenido protéico más alto (casi 50 %) en comparación con lo cultivos de la misma especie em territorio Europeo y Americano. (ARAUCO, 2011)

El tarwi es un alimento especial en cuanto a la nutrición debido a su composición proteica y de aminoácidos, es así que contiene lisina, (aminoácido esencial), su importancia radica en su función para la absorber de calcio y el desarrollo muscular. (PORRAS , y otros, 2013)



Los infantes en crecimiento, mujeres embarazadas y lactantes son la población a la que se recomienda el consumo de la proteína del tarwi por la presencia de lisina y leucina, (aminoácidos esenciales), además al acompañar el tarwi con otros cereales se obtiene un súper aporte de aminoácidos equiparando incluso al aporte de alimentos de origen animal. (LAURENTE Flores, 2016)

Tabla 4 — Composición proximal de 4 especies de Tarwi (b.s)

Especie,	Proteína, cruda (%)	extracto, etéreo (%)	fibra cruda (%),	ceniza, (%)
<i>Lupinus albus</i>	36,7	11,5	0,8	3,4
<i>Lupinus angustifolius</i>	31,1	6,0	14,7	3,5
<i>Lupinus luteus</i>	41,8	5,4	15,8	4,1
<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet	42,6	18,7	7,3	3,7

Extraído de Tabla de composición de Lupinus, ARAUCO (2011)

Es importante distinguir los conceptos entre proteína cruda y proteína soluble, generalmente la bibliografía se refiere a la proteína cruda como la proteína total, mientras que la proteína soluble es parte de la proteína cruda. Metodológicamente, la determinación proteica cruda se basa en la cuantificación del nitrógeno mediante el procedimiento del método Kjeldhal, por otro lado, la proteína soluble cuantifica solamente proteína que no se hidrolizó mediante diversos métodos que se basan en solubilizar proteínas no digeridas en solventes salinos para después medir su concentración mediante la reacción colorimétrica, estos métodos son: como Lowry, Biuret o Bradford. (COMPAORÉ, y otros, 2011)

En el Perú se cultivan múltiples legumbres sin embargo los estudios demuestran que tienen menor porcentaje de proteína que el lupino (23-27%) y la soya, menos del 40% de proteína; por lo tanto, el *Lupinus mutabilis Sweet* ocupa el primer lugar de contenido protéico, además la globulina y la



albúmina son las proteínas que se encuentran en la mayoría de los lupinos. (CAMARENA Mayta, y otros, 2012).

Los aminoácidos del Tarwi son importantes porque se involucran en procesos biológicos primordialmente en aquellos de transporte, protección y almacenamiento. (MERCADO Romero, 2012)

Tabla 5 — Perfil aminoacídico de la proteína de Tarwi

Aminoácido	Tarwi cocido, y desamargado*	Tarwi, crudo	Proteína, (Ref. FAO)
Isoleucina	5,3	4,8	4,0
Leucina	7,9	7,0	7,0
Lisina	5,6	5,9	5,5
Metionina	0,5	0,4	2,0
Cisteina	1,4	1,2	-
Fenilalanina	4,2	4,3	-
Tirosina	3,9	3,6	-
Treonina	3,6	3,8	4,0
Triptófano	0,7	0,7	1,0
Valina	4,5	4,2	5,0

*(gramos de aminoácido/16 gramos N)

Extraído de SCHOENEGER et al. (2015)

- **Lípidos en el Tarwi/Chocho**

Otro de los componentes más valiosos obtenido a partir del grano del chocho es el aceite, pues su composición es entre 14 y 24% de su peso, que al compararlo con otras semillas oleaginosas/leguminosas, es la que tiene un porcentaje muy parecido al de la soya. (PORRAS , y otros, 2013)

La extracción del aceite se realiza a niveles industriales, pues su gran porcentaje facilita el proceso, el maní y la soya tienen una calidad muy parecida al aceite de Tarwi. El aceite de Chocho posee en su composición



ácidos grasos insaturados, siendo el más importante, el ácido oleico desde el punto de vista fisiológico y nutricional (PORRAS , y otros, 2013).

La concentración del ácido linolénico en aceite de Chocho es limitada, al mismo tiempo esto beneficia su conservación, pues este ácido se oxida rápidamente lo cual puede causar que haya presencia de sabores desagradables en el producto final.

- **Minerales**

El contenido de minerales en el Tarwi es muy parecido al de otras legumbres (Tabla 6), pero el contenido de fósforo y magnesio es más elevado en el chocho, además es una fuente importante de Mg, P y K para la alimentación. El Ca se puede encontrar en la cáscara, y el fósforo lo ubicamos en el núcleo. (GROSS, 2015)

Tabla 6 — Minerales presentes en el Tarwi/Chocho

Macroelementos,	mg/g,	Microelementos,	mg/kg,
Calcio	1,07 -1,53	Hierro	46,00 – 73,3
Magnesio	2,00 – 3,02	Zinc	40,00 – 51,66
Sodio	0,25 – 0,75	Manganeso	21,33 – 29,10
Potasio	11,06 – 13,56	Cobre	4,00 – 12,10
Fósforo	0,44 – 0,88		

Extraído de Internacional Lupin Association (2013)

- **Vitaminas**

Contiene en su composición vitaminas como la tiamina, riboflavina, niacina (Tabla 7), motivo por el cual se constituye como una leguminosa fuente de vitamina B para la humanidad. (GROSS et al. 2015).



Tabla 7 — Vitaminas en el Tarwi/Chocho

Vitaminas	Mg/100g
β-caroteno	0,09
Tiamina	0,51
Riboflavina	0,42
Niacina	4,1

Extraído de GROSS (2015)

- **Sustancias antinutricionales**

Las legumbres en general contienen sustancias llamadas antinutrientes. Las semillas de chocho /tarwi también contienen ciertas sustancias de este tipo en su composición, que pueden o no ser tóxicas; suelen desaparecer al lavarlos o calentarlos porque la mayoría son solubles en agua o calor. Entre los antinutrientes del lupino/tarwi: los inhibidores de tripsina, nitratos, ácidos fítics, taninos, alcaloides y actividad ureasa, que son de diferente naturaleza, por lo tanto, reaccionan de manera diferente a los alimentos ingeridos. (ALLAUCA, 2005)

Son sustancias producidas por las plantas como defensa contra plagas y enfermedades, por lo que pueden ser utilizadas en el campo médico, especialmente en el campo farmacológico, como potentes componentes antioxidantes, antivirales, anticancerígenos, antibacterianos y con quelación y en el ámbito industrial, se utiliza para fabricar pinturas, barnices, botellas de plástico, etc.(RODRÍGUEZ Sandoval, y otros, 2012)

Algunas de las sustancias antinutritivas son: Un inhibidor de la proteasa, que inhibe la actividad proteolítica de algunas enzimas, la Hemaglutinina, son proteínas coagulantes que unen los glóbulos rojos y accionan como anticuerpos, los Glucósidos cianogénéticos, sin embargo, la liberación de ácido cianhídrico a través de la actividad enzimática, su concentración en el chocho o tarwi no es importante desde la perspectiva tóxica y los alcaloides, son un obstáculo importante para el uso directo en la alimentación, ya que determina que las partículas son tóxicas y amargas para el gusto. (ALLAUCA, 2005)



- **Usos**

El tarwi o chocho se utiliza en la alimentación de humanos y animales previo desaponificado, es decir eliminar amargor, para ello se idearon desde antaño múltiples métodos, que aseguran su completa eliminación. Los métodos de desaponificado varían de acuerdo a las costumbres de los lugareños.

De manera industrial se obtiene harina, se reporta que un 15% es utilizado en la industria de panificación mostrando resultados increíbles dado que el Tarwi tiene alto contenido graso además cuenta con el beneficio de que mejora el valor calórico y proteico del producto final. (MUJICA, 2006)

De la misma forma, permite que el pan tenga una vida útil prolongada ya que el almidón tiene una propiedad interesante, la retrogradación, además se obtiene un volumen notable en el producto por las propiedades propias de la lecitina presentes en el chocho.

El chocho, por su contenido de alcaloides, generalmente es sembrado como cerco vivo y a la vez se utiliza para delimitación de terrenos con diferentes cultivos, actúa como repelente evitando el daño por animales o plagas. (JACOBSEN, y otros, 2006)

3.2.8. Pseudocereales: Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.)

- **Generalidades**

La quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) es una planta alimenticia de los andes, cultivada desde 5000 años a. C. La cultura incaica y preincaica conocían desde ese entonces su favorable valor nutricional, por ello el tarwi fue considerado un alimento sagrado, que también era usado para tratar algunas enfermedades por sus beneficios en la salud. (REPO DE CARRASCO, 2011)

De todas sus características, la más resaltante es su maravillosa capacidad de adaptarse a diferentes pisos ecológicos. Es capaz de adaptarse a climas los desérticos, hasta los climas de altas temperaturas y secos (resiste hasta los 4000 msnm), crece con HR desde 40 - 88 %, y soporta temperaturas desde - 8°C hasta 38°C.

Es una planta de uso eficiente del agua, tolerante y resistente a las sequías pero con precipitaciones las producciones son más satisfactorias. Por estas



características, la quinua fue nombrada por la FAO en 1996 como uno de los cultivos prometedores del mundo, no sólo por sus propiedades nutricionales, sino también por considerarla como parte de la solución a los problemas de malnutrición. (APAZA et al., 2008).

- **Clasificación taxonómica**

De acuerdo con los autores GÓMEZ y EGUILUZ, (2011), la clasificación taxonómica del grano de la quinua es de la siguiente forma:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Familia: Amaranthaceae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium*

quinoa Willdenow

- **Grano de quinua**

Consta de tres partes bien diferenciadas: el epispermo, embrión y perisperma. El epispermo, es la película envolvente de la semilla y pegada al pericarpio. El embrión, está conformado por dos cotiledones y la radícula. Los pecíolos están pigmentados de color marrón oscuro. El ectodermo es el tejido de almacenamiento. Cubre al endospermo y consiste principalmente en almidón, es de color blanco y constituye aproximadamente el 60% del grano.

La coloración de las semillas depende de la membrana visible, es decir, si los cultivares conservan la capa del sépalo (cáliz) en verde, rojo y morado. Si se observa la membrana externa, los colores son muchos, así como blanco, crema, amarillo, naranja, rojo, rosa, morado, marrón, gris y negro. (FAO y UNALM, 2016)

- **Variedades de Quinua**

Según información del INIA, existen alrededor de 100 variedades de quinua, de los cuales sus granos, de acuerdo a sus características y propiedades



son procesados de diversas formas para consumo y transformación en diversos productos procesados. El Perú cuenta con 3000 ecotipos de los cuales el INIA conserva el material genético de unos 2000. (MINAG, 2017).

Tabla 8 — Características de Variedades de Quinua

Variedades	Color del Grano	Forma del Grano	Tamaño (Mm)
Sajama	Blanco	Cónica	2,0 – 2,5
Kcancolla	Blanco	Cónica	1,2 – 1,9
Negra collana	Negra	Redonda 2,1 – 2,8	2,1 – 2,8
Roja pasankalla	Purpura	Cónica	1.9 – 2.1
Blanca de Junín	Blanco	Cónica	1,2 – 1,6
Amarilla marangani Amar/ anaranja Cónica 2,0 – 2,8	Amar/ anaranja	Cónica	2,0 – 2,8
Witulla	Morado	Lenticular	1,7 – 1,9

Extraído de PALMA (2014)

- **Negra Collana:** Se llama INIA 420, sus características son: potencial de rendimiento, precocidad y tolerancia a bajas temperaturas, heladas, sequía y enfermedades. Además, tiene propiedades agroindustriales favorables para su procesamiento.



Figura 1 — Quinua Negra Collana

- **Pasankalla Roja:** Alcanza su mayor producción entre los 3,815 y 3,900 m.s.n.m., resistente a climas fríos, secos, temperaturas de 4°C a 15°C y precipitaciones de 400 a 550 mm. Esta variedad es adecuada para la producción agroindustrial, con alta productividad ya que, su rendimiento potencial es de 4,5 ton/ha y la calidad de grano es adecuada. (MINAGRI, 2017).



Figura 2 — Quinoa Roja Pasankalla

- **Blanca Junín:** Tal como su nombre precisa es procedente de la región Junín, consta de 160 días en su etapa vegetativa, la planta es de color verde y tiene una altura promedio de 80 cm. Sus semillas son de color blanco muy claro, son resistentes al frío y susceptibles al moho y muy propensas al exceso de agua. Su uso es generalmente para la industria de harinas. ((MINAGRI), 2017)



Figura 3 — Quinoa Blanca

Tabla 9 — Características de quinua “Negra Collana”

Características de quinua negra	
Color del tallo	Rojo oscuro
Color de panoja (cosecha)	Plomo claro
Tipo de panoja	Diferenciada y Terminal
Color de Perigonio	Plomo claro
Color de epispermo	Negro opaco
Aspecto del perisperma	Opaco
Tipo de Crecimiento	Herbáceo
Porte de la planta	Erecto
Altura de planta (cm)	94 a 110
Peso de 1.000 granos (g)	2,85 a 2,89
Rendimiento promedio de granos (t/ha)	3,01
Longitud de panoja (cm)	32 a 36
Diámetro de panoja (cm)	5,0 a 6,6
Madurez fisiológica (días)	136 a 140
Contenido de saponina	0,015 a 0,018

Extraído de INIA 2008

- **Valor nutricional de la Quinua**

Es un pseudocereal con envidiable fuente de proteínas, grasas y carbohidratos, como se muestra en la Tabla 11. El germen de la semilla de quinua tiene una relación de tamaño de grano más grande que los granos regulares, por lo que el contenido de grano es mayor que el de proteína y grasa. (REPO DE CARRASCO, 2011)



El porcentaje de proteína presente en la quinua varía entre 13 y 21% respecto a cada variedad, la quinua es apreciada por ser el uno de los pocos alimentos vegetales que posee todos los aminoácidos necesarios para los humanos, es decir los esenciales siendo superior a la soja, trigo y cebada, incluso a comparación del contenido de proteína que brindan los lácteos (REPO DE CARRASCO, 2011).

Según la FAO (2011), para algunas poblaciones a nivel mundial, consumir proteínas de alta calidad en su dieta no es fácil, por la economía, la escasez de estos productos y/o cualquier otro factor, pues las concentraciones escasas de aminoácidos esenciales contribuyen a incrementar la malnutrición. Esta planta se caracteriza por que la quinua en su totalidad proporciona proteínas de alta calidad (grano, las hojas e inflorescencias). La calidad nutricional es indispensable por su contenido de aminoácidos, mientras que, las proteínas de los cereales no los contienen. Pero para que estos aminoácidos y nutrientes se encuentren biológicamente disponibles, los granos deben pasar por un desaponificado, el cual puede ser húmedo o por medio del pulido. La composición de aminoácidos de la quinua y otros granos se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10 — Contenido de aminoácidos (g aminoácidos/16 g N)

Aminoácidos	Quinua	Kañihua	Kiwicha	Arroz	Trigo
Ácido aspártico	7,8	7,9	7,4	8,0	4,7
Treonina	3,4	3,3	3,3	3,2	2,9
Serina	3,9	3,9	5,0	4,5	4,6
Ácido glutámico	13,2	13,6	15,6	16,9	31,3
Prolina	3,4	3,2	3,4	4,0	10,4
Glicina	5,0	5,2	7,4	4,1	6,1
Alanina	4,1	4,1	3,6	5,2	3,5
Valina	4,2	4,2	3,8	5,1	4,6
Isoleucina	3,4	3,4	3,2	3,5	4,3
Leucina	6,1	6,1	5,4	7,5	6,7
Tirosina	2,5	2,3	2,7	2,6	3,7
Fenilalanina	3,7	3,7	3,7	4,8	4,9
Lisina	5,6	5,3	6,0	3,2	2,8



Histidina	2,7	2,7	2,4	2,2	2,0
Arginina	8,1	8,3	8,2	6,3	4,8
Metionina	3,1	3,0	3,8	3,6	1,3
Cisteína	1,7	1,6	2,3	2,5	2,2
Triptófano	1,1	0,9	1,1	1,1	1,2
% Nitrógeno en el grano	2,05	2,51	2,15	1,52	2,24
% Proteína	12,8	15,7	13,4	9,5	14,0

Extraído de REPO-CARRASCO (2011)

El almidón de la quinua contiene entre 7 - 12% de amilosa y de 88 - 93 % de amilopectina. Este almidón tiene una característica ya que sus moléculas presentan una estructura en la que el agua ingresa difícilmente, motivo por el cual se cocina por más tiempo. (PUMACAHUA, 2013).

El valor nutricional y el contenido de aminoácidos de la quinua entre los tres tipos de quinua se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11 — Componentes nutricionales y aminoácidos de variedades de quinua

Componentes (%)		Quinua	
Grasas		6.1	
Hidratos de carbono		71	
Calorías (100g)		350	
Proteína	Nariño	Amarilla de Marangani	Quinua blanca
Histidina	2,6	2,8	2,7
Isoleucina	3,7	3,9	3,4
Leucina	6,4	6,9	6,1
Lisina	6,4	6,3	5,6
Metionina + cisteína	3,9	3,7	4,8
Fenylalanina + tirosina	6,8	7,2	6,2
Treonina	3,3	3,4	3,4
Triptófano	1,2	1,1	1,1
Aminoácido limitante	Leucina	—	Leucina y lisina

Extraído de Aladi & FAO (2014)



La biodisponibilidad de los aminoácidos de la quinua varía de acuerdo a la variedad, el desaponificado y la forma de consumo final. (REPO DE CARRASCO, 2011)

Tabla 12 — Composición nutricional de harina de quinua roja Pasankalla (100 g)

Elemento	Valor
Calorías (cal)	355
Agua (g)	10.1
Proteínas (g)	12,7
Grasas (g)	6.2
Carbohidratos(g)	68.5
Fibra(g)	6,9
Ceniza(g)	2,50
Hierro(mg)	4.85

Extraído de Tabla Peruana de Composición de Alimentos (2017)

- **Carbohidratos en la quinua**

Los carbohidratos de los granos de quinua son una rica fuente de energía que se libera en el organismo de manera paulatina por su alto porcentaje de fibra, además que contienen almidón entre 50 y 70% y azúcares solo 5% (LLORENTE, 2008).

El grano de la quinua está compuesto mayormente por carbohidratos, 74 % de su peso seco. El contenido de amilosa es 11 %, el cual es inferior respecto a los cereales, como el arroz (17.0%), trigo (22.0%) o cebada (26.0%). También se encuentran otros carbohidratos en pequeñas cantidades y fibra cruda (2-4%). (VALENCIA 2017)

- **Minerales en la quinua**

La quinua es rica en minerales, contiene calcio, magnesio, hierro y zinc en cantidades más elevadas respecto a los demás alimentos (Tabla 14). Sin embargo, el pulido y el lavado generan una disminución en el contenido de minerales, es así que, la concentración de hierro se reduce en 15%, el Cobre



en un 27% y el Magnesio en un 3%. La quinua contiene más riboflavina y alfa-tocoferol que el trigo (VALENCIA, y otros, 2017)

Tabla 13 — Minerales (mg/kg) y vitaminas (mg/100 g)

Minerales	Quinua	Trigo	Arroz	Cebada
Ca	1487	503	69	430
Mg	2496	1694	735	1291
K	9267	5783	1183	5028
P	3837	4677	1378	3873
Fe	132	38	7	32
Cu	51	7	2	3
Zn	44	47	6	35
Vitaminas				
Tiamina (B1)	0,38	0,55	0,47	0,49
Riboflavina (B2)	0,39	0,16	0,10	0,20
Niacina	1,06	5,88	5,98	5,44
Ácido Ascórbico	4,00	0	0	0
α-Tocoferol	5,37	1,15	0,18	0,35
β-Caroteno	0,39	0,02	-	0,01

Extraído de AYALA et al., (2014)

- **Compuestos bioactivos de la quinua**

Los compuestos bioactivos (fenólicos y betalainas) difieren de acuerdo a los ecotipos, variedades o condiciones ambientales en los que se cultivaron.

En la actualidad las investigaciones en quinua están encaminadas al estudio de sus compuestos bioactivos, ácidos fenólicos, flavonoides, actividad antioxidante y su potencial beneficio para la salud.

- **Usos del grano de quinua**

La quinua es un pseudocereal muy versátil. Se pueden obtener muchos derivados para uso alimentario, farmacéutico, cosmético, etc.



Para mejorar la calidad de la dieta de los niños ya sean preinfantes e infantes, la quinua se puede combinar con leguminosas como las habas, el fréjol y el tarwi. Entre los productos elaborados o semielaborados más conocidos a partir de este pseudocereal, están los denominados “expandidos” que comúnmente se consumen en el desayuno, así como también las papillas de reconstitución instantánea. (FAO, 2011).

3.2.9. Cereales: Maíz (*Zea Mays*)

- **Generalidades**

El maíz, por su naturaleza es uno de los alimentos que representa una gran fuente de energía debido a que el almidón es el compuesto mayoritario, que a la vez se encuentra biodisponible y posee digestibilidad. Sin embargo, su calidad biológica no es suficiente para el desarrollo adecuado de niños y adolescentes ya que no presenta suficientes porcentajes de lisina y triptófano, principalmente en la nutrición de niños en edad de desarrollo (SERNA Saldivar, y otros, 2013)

El maíz cumple un rol muy importante en los procesos de elaboración de alimentos con características funcionales y nutraceuticas ya que existen muchas variedades y esa gran variabilidad permite tener gran cantidad de componentes antioxidantes. (LÓPEZ Hernandez, y otros, 2017). Las características propias de los componentes del maíz, y la gran variabilidad de esta especie, hacen que existan contrastes entre genotipos y a la vez estos influyen en las características nutricionales, bioactivas y organolépticas de los subproductos de este cereal. La interacción entre el genotipo y el ambiente, así como las condiciones ambientales, suelo, tierra, aire y clima durante las etapas de formación y madurez del grano, pueden afectar su composición química (SERNA, 2013).



Tabla 14 — Composición química general de distintos tipos de maíz (%)

Tipo	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra cruda	CHOs
Amarillo	12,2	1,4	6,7	0,8	73,6
Cristalino	10,5	1,7	10,3	2,2	70,3
Harinoso	9,6	1,7	10,7	2,2	70,4
Amilaceo	11,2	1,3	5,9	3,2	76,1
Reventador	10,4	1,7	13,7	2,5	66,0
Morado	12,3	1,2	5,2	1,0	75,9

Extraído de Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2017)

- **Proteínas en el maíz**

Las proteínas vienen a ser el segundo componente más cuantioso en el maíz siguiendo al almidón, contenido que oscila entre 6% - 13% (WATSON, 2003). Se localiza en el germen y el endospermo. La proteína del germen es de alta calidad (35% de su peso) mientras que el endospermo contiene alrededor de 9% de su peso en proteína, y por la escasez de lisina y triptófano no es considerada de calidad alta. (ORTIZ et al., 2017).

Tabla 15 — Contenido de aminoácidos esenciales del maíz

Aminoácido	Mg/100g
Triptófano	60
Treonina	250
Isoleucina	250
Leucina	440
Lisina	340
Fenilalanina	380
Tirosina	380
Valina	310

Extraído de ORTIZ et al (2017)

- **Fibra dietética en el maíz**

Los estudios acerca de la composición fisicoquímica de múltiples cereales demuestran que el maíz tiene mayor contenido de fibra (2.0%) que, el arroz



(0.8 %) y trigo (1.0%) pero menores niveles a la cebada (3.7%) o avena (5.6%) (CHAMPAGNE et al., 2004). El salvado es la fuente más importante de fibra dietética del grano del maíz, está compuesto por hemicelulosa, celulosa y lignina, en 70%, 23% y 0.1% respectivamente (HU et al., 2008).

- **Vitaminas en el maíz**

El maíz es rico en vitaminas (liposolubles) la vitamina A (β -caroteno) y la vitamina E, también está compuesto mayormente por las vitaminas hidrosolubles, como la vitamina B6 y la vitamina B1. A la vez el maíz no presenta significativos porcentajes de vitamina C y vitamina B12. La niacina (B3) se encuentra en niveles altos y solo logrando un buen procesamiento podrá encontrarse disponible para los humanos, es decir se debe tratar o hidrolizar con calor y/o presión, para mejorar la biodisponibilidad. (ARENDRT Y EMANUELE, 2013).

El maíz amarillo es la variedad que contiene carotenoides en cantidades variantes entre 0.09 $\mu\text{g/g}$ y 72.0 $\mu\text{g/g}$. Actualmente este factor se controla desde la genética, por lo tanto, por su color, el maíz blanco posee bajos contenido.

Los carotenoides están ubicados en el endospermo vítreo mientras que el germen contiene mínimas cantidades. Las condiciones de almacenamiento son factores que afectan el contenido de carotenoides en el grano. Las propiedades pueden perderse durante los procesos de transformación, uno de los más comunes es la molienda de los granos para el consumo como harinas (OLIVEIRA Y RODRIGUEZ, 2007), generalmente el contenido de carotenoides y vitaminas se pierden al transformar el grano en harina y seguidamente de la harina al producto final.

El tocoferol (vitamina E) es una vitamina liposoluble que sobresale en el maíz, oscila entre 0.3 mg/100 g a 0.7 mg/100 g. El grano contiene 80% de vitamina B3 en el endospermo, 4% en el pericarpio y solo el 2% en el germen. Las variedades y las condiciones ambientales afectan en los niveles del contenido, así como la vitaminas B1, B2, B3.(LOY Y WRIGHT, 2003).



- **Minerales en el maíz**

El maíz contiene minerales entre 1,0% y 1,3%. Sorprendentemente es el germen el que contiene los minerales, alrededor del 80%, mientras que el endospermo posee 1% (EARLE et al., 2016). Los minerales más abundantes en el maíz son el Fósforo (0.29%), Potasio (0.37%) y Magnesio (0.14%) representan casi el 85% del contenido mineral del grano (WATSON, 2003). Sin embargo, el maíz es bajo en Ca (0,03%) y Fe (30 µg/g) así como en la mayoría de los cereales.

- **Compuestos antioxidantes**

Son los compuestos que, en concentraciones más bajas a las de un oxidante, tienen la capacidad de prevenir o retrasar la oxidación. Las funciones antioxidantes incluyen lo siguiente: la disminución del estrés oxidativo, el evitamiento la transformación celular, entre otros daños celulares (PISOSCHI Y POP, 2015). Los antioxidantes actúan contra la oxidación y el daño que pueden generar, capturando los radicales libres que se forman por las reacciones del oxígeno. (PISOSCHI Y POP, 2015).

- **Compuestos fenólicos en el grano del maíz**

Actualmente los compuestos fenólicos procedentes de los alimentos del reino vegetal son considerados como la fuente más importante de antioxidantes, los cuales deben ser aprovechados mediante la ingesta en dieta diaria (PISOSCHI Y POP, 2015). Los polifenoles forman parte de la composición de muchos productos, así como de cereales, leguminosas, tubérculos, raíces, incluso en hortalizas, hierbas, hojas, frutos, especias, té y los derivados como el vino. (CHANDRASEKARA et al., 2012).

SALINAS et al., (2013) Indica que los granos de maíz de colores azules, morados y rojos contienen antocianinas en altas proporciones, estos componentes están ubicados en el pericarpio y en la capa de aleurona.

Investigaciones actuales respaldan los efectos beneficiosos de las propiedades antioxidantes y/o bioactivas de las antocianinas en la salud humana (LAO et al., 2017). Muchos autores recomiendan la ingesta de granos integrales (grano completo) pigmentados de color, rojo, azul y violeta, pues estos compuestos



fenólicos se encuentran en las capas externas de los granos. (PISOSCHI Y POP, 2015).

3.3. Marco Conceptual

- **Biodiversidad:** Se denomina así a la vida existente en la Tierra, en sus múltiples variedades y/o especies generadas por los múltiples factores ambientales, genéticos, tiempo, etc. y (BOUCHAM, 2016).
- **Compuesto bioactivo:** Es toda aquella sustancia que tras su ingesta tiene un efecto beneficioso en un organismo vivo. (MOSBY'S MEDICAL DICTIONARY, 2009).
- **Alimentos funcionales:** Se consideran funcionales a aquellos que brindan efectos beneficiosos sobre las funciones vitales del cuerpo humano, adicional de sus aspectos nutritivos propios del alimento, de tal modo que beneficie la nutrición a la vez que va reduciendo el riesgo de enfermedad. (OLAGNERO, 2007)
- **Antinutrientes:** Son compuestos tanto de origen natural o sintético que obstaculizan la asimilación de nutrientes (ALCÁZAR, 2004).
- **Alcaloides:** Son compuestos orgánicos de origen natural que derivan de los aminoácidos. (ARANGO, 2008).
- **Lupinos:** Referencia a las leguminosas del género *Lupinus*, principalmente al Tarwi.
- **Proteína vegetal:** Fuente de nutrientes funcionales y propiedades tecnofuncionales de cada grupo de proteínas, obtenidas de leguminosas, cereales, oleaginosas y hojas verdes. (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)
- **Calidad nutricional:** Propiedad inherente al producto referente a la totalidad de características nutricionales. (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)
- **Propiedades tecnofuncionales:** Las propiedades tecno-funcionales son propiedades físico-químicas que influyen en el comportamiento de un componente, proteína, carbohidrato en una matriz alimentaria (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)



- **Aminoácidos esenciales:** Sustancias orgánicas formadas a partir de una función amínica NH₂ y una función ácida como mínimo, además son unidades fundamentales (monómeros) para la construcción de proteínas. (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)
- **Hidrólisis:** Separación o rompimiento de compuestos en unidades más pequeñas o de menor peso molecular, donde los iones del agua rompen un enlace. (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)
- **Germen:** Son los embriones que emergen de la cariósida, son considerados almacén de nutrientes además enlazan comunicación entre la plántula y el almacén de nutrientes del endospermo (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)
- **Solubilidad:** Propiedad de ciertos sólidos y gases, de formar mezclas homogéneas con algún disolvente líquido. (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)
- **Digestibilidad:** Es la proporción de nitrógeno ingerido que es adsorbido por el organismo (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)
- **Nutracéuticos:** Es usado para asignar a alimentos o complementos dietéticos que proporcionan beneficios para la salud, siempre y cuando sea comprobado su beneficio (ALCÁZAR, 2004).
- **Desnaturalización de proteínas:** Es la destrucción en menor o mayor grado las uniones de valencia las cuales son las responsables de la conformación de la proteína original, a causa de toda modificación realizada en la estructura de la proteína.(ALCÁZAR Del Castillo, 2004)
- **Antioxidantes:** Son compuestos naturales presentes en los alimentos usados para retrasar el inicio o reducir la velocidad de la oxidación de otros sustratos. (ALCÁZAR Del Castillo, 2004)



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Tipo y nivel de la investigación

El presente trabajo de investigación, según la naturaleza de los datos es cuantitativo, la investigación es básica ya que los resultados obtenidos en la investigación, complementarán los estudios existentes de potencial de nutrientes, bioactividad y funcional tecnológico de Tarwi, Quinua y Maíz, según el nivel de profundización del objeto de estudio el nivel y tipo es Descriptivo.

El nivel de la investigación de acuerdo con ARZÁPALO (2014) es Descriptivo, ya que realizará el descubrimiento del fenómeno, su condición y contexto, especificando las propiedades y características del objeto de estudio.

4.2. Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones, después se calculó el ANOVA para calcular la varianza de los tratamientos/variedades con un nivel de confianza del 95% y 5% de error, así mismo se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de promedios con el siguiente modelo matemático lineal:

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

Donde:

Y_{ij} , es el resultado del análisis fisicoquímico, bioactivo y tecnofuncional de la j-ésima repetición de la i-ésima variedad de los granos andinos.

i: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (Variedades de Granos andinos)

j: 1,2,3 (Repeticiones); **μ** : es la media general

T_i : Diferencia del Promedio de la i-ésima variedad de los granos andinos respecto al promedio general,

E_{ij} : Error Experimental.

Tabla 16 — Esquematización del diseño experimental

V.I (Factor de Estudio)		V.D			Repetición	Ensayos	
Especie	Variedades	Composición Nutricional	Compuestos Bioactivos	Propiedades Funcionales			
Maíz	V ₁	Blanco	Humedad Proteína Grasas Cenizas Fibra Carbohidratos Calcio Fósforo Hierro Aminoácidos	Polifenoles Capacidad Antioxidante	Solubilidad Capacidad de Absorción de Agua Capacidad de Retención de Agua Capacidad de Hinchamiento	3	9
	V ₂	Amarillo	R*	R**	R***	3	9
	V ₃	Morado	R*	R**	R***	3	9
	Sub Total:						27
Quinua	V ₄	Blanca Junin	R*	R**	R***	3	9
	V ₅	Negra Collana	R*	R**	R***	3	9
	V ₆	Roja Pasankalla	R*	R**	R***	3	9
	Sub Total:						27
Tarwi	V ₇	Yunguyo	R*	R**	R***	3	9
	V ₈	H6 Inia	R*	R**	R***	3	9
	V ₉	Alqamari	R*	R**	R***	3	9
	Sub Total:						27
Total:						81	

Dónde:

(R*) Se repite los análisis de Composición Nutricional para las variedades (V1 a V9).

(R**) Se repiten los análisis de Compuestos Bioactivos para las variedades (V1 a V9).

(R***) Se repiten los análisis de Propiedades funcionales para las variedades (V1 a V9).



La tabla anterior detalla los análisis realizados para cada especie y sus respectivas variedades, el número de repeticiones y ensayos efectuados.

4.3. Población y muestra

- **Población:** La población de estudio fueron las 3 especies de granos andinos de Maíz (*Zea mays*) semillas de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) y semillas de Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.), y sus 3 respectivas variedades de cada uno, las muestras proceden de diferentes comunidades y distritos de la Región Apurímac, las cuales se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 17 — Procedencia de las muestras

Producto	Comunidad	Distrito	Provincia	Región
V ₁ (Maíz Blanco)	Ttastapoyoncco	San Pedro de Cachora	Abancay	Apurímac
V ₂ (Maíz Amarillo)	Ttastapoyoncco	San Pedro de Cachora	Abancay	Apurímac
V ₃ (Maíz Morado)	Sañayca	Sañayca	Abancay	Apurímac
V ₄ (Quinoa Blanca)	Tayroma	San Pedro de Cachora	Abancay	Apurímac
V ₅ (Quinoa Roja Pasankalla)	Pucahuasi	Sañayca	Aymaraes	Apurímac
V ₆ (Quinoa Negra Collana)	Pucahuasi	Sañayca	Aymaraes	Apurímac
V ₇ (Tarwi Yunguyo)	Tayroma	San Pedro de Cachora	Abancay	Apurímac
V ₈ (Tarwi H6 INIA)	Chacoche	Chacoche	Abancay	Apurímac
V ₉ (Tarwi Alqamari)	Ccayao	Haqaira	Cotabambas	Apurímac



- **Muestra:** Por cada variedad de las especies en estudio se recolectó 11.5 kg para los análisis nutricionales, bioactivo y de funcionalidad tecnológico.
- **Unidad experimental:** Harina de granos andinos; Harina de Maíz blanco, Harina de Maíz Amarillo. Harina de Maíz Morado, Harina de Quinoa Blanca Junín, Harina de Quinoa Roja Pasankalla, Quinoa Negra Collana, Harina de Tarwi Yunguyo, Harina de Tarwi H6 INIA y Harina de Tarwi Allqamari.

4.4. Procedimiento de la investigación

El procedimiento se detalla en la Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de obtención de Harina desgrasada a partir de granos de Quinoa, Maíz y Tarwi.

4.4.1. Colecta de muestras: Inicialmente se determinó las áreas geográficas con potencial de cultivo de granos andinos, luego se realizó visitas a diferentes comunidades de la región Apurímac, provincia de Abancay, Aymaraes y Cotabambas y se recolectó muestras de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.), Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) y Maíz (*Zea mays*), durante los meses de marzo a agosto de acuerdo a su estado de madurez y etapa de cosecha, la procedencia de las muestras se detalla en la Tabla 19.

Se recolectaron las muestras aleatoriamente, se almacenaron en bolsas de polietileno y se trasladaron hasta el laboratorio de Análisis de Instrumentación – UNAMBA, se envasó al vacío en bolsas de polietileno de alta densidad y se almacenaron en el Laboratorio de Análisis de Instrumentación de la EAPIA, hasta realizar los tratamientos respectivos.

4.4.2. Preparación previa de las muestras: Se realizó tratamientos previos, ya que, el Tarwi y Quinoa contienen componentes que impiden su ingesta directa, es así que se llevó a cabo el desamargado y el desaponificado. Más adelante se desengrasaron las muestras de harina de los granos andinos antes de los Análisis, con el fin de evitar que la grasa interfiera en la determinación de los componentes.

4.4.3. Evaluación: La composición nutricional, bioactiva y cuantificación de Metales Pesados de los granos andinos (Quinoa, Tarwi y Maíz) en tres variedades, se analizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco – UNSAAC, mientras que las Propiedades Tecnofuncionales se analizaron en los laboratorios de la UNAMBA.



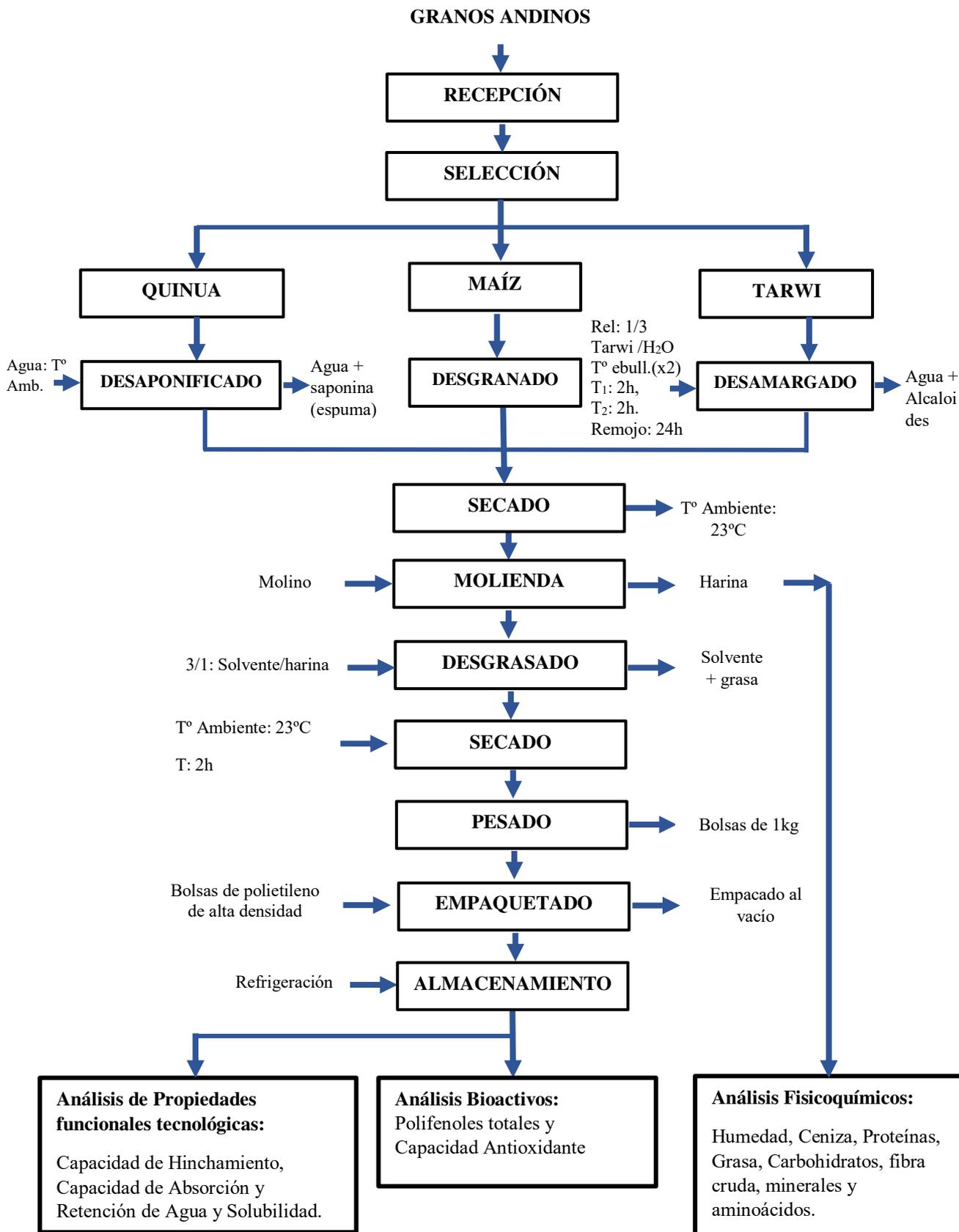


Figura 4 — Diagrama de flujo de Harina desgrasada a partir de granos Andinos



4.4.4. Descripción del Diagrama de Flujo de Obtención de Harinas

- **Recepción:** Se recepciona la materia prima, previamente recolectadas de manera aleatoria en el campo de cultivo en temporada de cosecha, Quinoa (Junio), Maíz (Junio) y Tarwi (Junio, Julio), su procedencia se detalla en la Tabla 16, seguidamente fueron trasladadas al Laboratorio de Análisis de Instrumentación.
- **Selección:** Se separan granos contaminados o dañados e impurezas (pajillas, tierra, insectos, residuos vegetales, etc.) de la materia prima apta para los análisis, este proceso se realiza manualmente.

Se realizaron tratamientos previos a los análisis para cada especie recolectada, como se detalla a continuación:

- **Desaponificado:** Se realizó para la especie Quinoa, remojando por 30 minutos a temperatura ambiente para facilitar el desaponificado, ya que las saponinas se encuentran en la semilla en forma de cristales y al contacto con el agua estas se disuelven, y de esta manera se eliminan. El lavado se ejecutó manualmente friccionando los granos con las manos. La fricción intensa entre los granos, permitió la eliminación de materias extrañas y las saponinas, causantes del amargor en el grano. Se lavó y frotó durante 30 minutos aproximadamente hasta que ya no produzca espuma en el momento del enjuague.
- **Desgranado:** Este procedimiento se realizó para las mazorcas de Maíz, separando manualmente los granos del marlo.
- **Desamargado:** Previo al proceso se remojaron los granos por 24 horas para ablandar su estructura y facilitar la cocción, culminado el tiempo de remojo se procedió a la cocción durante 1 hora, este proceso permite la destrucción de las estructuras, lo cual facilita la difusión de los alcaloides por la desnaturalización parcial de las proteínas a las que están unidas, finalmente se continúa con el lavado, cambiando el agua por un periodo entre 4 y 5 días, de acuerdo a la predominancia del amargor.
- **Secado:** Una vez concluidos los procedimientos previos, los granos se secaron, a temperatura ambiente, el tiempo de secado varió para cada especie por su diferente contenido de humedad.



- **Molienda:** Concluido el tiempo de secado se precedió a moler las muestras de granos andinos, en un molino comercial. Luego se separó 3 kg de cada muestra con el fin de almacenarlas para los análisis fisicoquímicos.
- **Desgrasado:** Se realizó este procedimiento con el fin de eliminar el contenido graso de las muestras, para su posterior análisis de compuestos bioactivos y propiedades Tecnofuncionales, con el fin de evitar interferencias y realizar un procedimiento más eficiente. Se utilizó una relación de 1:3, muestra: solvente, en este caso se usó Éter de petróleo, se desgrasó en bloques de 250 g de harina de cada variedad, en vasos de precipitado de 1L de capacidad, se adicionó 750 ml de solvente y se agitó con la ayuda de un agitador magnético por 30 minutos, se dejó en reposo por 120 minutos, y se volvió a agitar por 10 minutos en un lapso de 30 minutos, finalizado el proceso se eliminó el solvente. De acuerdo a la metodología de VIRGINIA (2002).
- **Secado:** Se vació la muestra en una bandeja de aluminio y se secó a temperatura ambiente, 23°C aproximadamente durante 2 horas.
- **Pesado:** Con la ayuda de una balanza analítica se pesó 1.0 Kg de cada muestra en bolsas de polietileno de alta densidad para envasado al vacío.
- **Empaquetado:** Luego se prosiguió a envasar las muestras en vacío con el fin de tener una conservación adecuada en la que la muestra no esté en contacto con el oxígeno para evitar la pérdida de alguno de sus componentes y/o su modificación, después se les colocó su respectivo rótulo.
- **Almacenamiento:** Las muestras se almacenaron en refrigeración, para ser utilizadas en los diferentes análisis futuros.

4.5. Técnica e Instrumentos

Los análisis de composición nutricional y composición bioactiva se realizaron en los laboratorios de la UNSAAC, mientras que los análisis de propiedades Tecnofuncionales se realizó en los laboratorios de la UNAMBA, para ello se utilizaron las técnicas y materiales, equipos y reactivos que se detallan más adelante.

- **Evaluación de nutrientes:** Para el análisis de componentes nutricionales se determinó, Humedad de Maíz, Quinoa y Tarwi según NTP 205.037 (1975), para Cenizas según el método de la AOAC 942.05 (2012), Proteínas por el método AOAC 955.04 (1990), Grasas, según la AOAC 920.39 (1990), Fibra bruta por la AOAC 962.09 (2010), La cuantificación de minerales, Calcio (Ca) según el método adaptado, análisis químico cuantitativo, Daniel c. Harris, 2da. Edición



(2001), Fósforo (P) de acuerdo al método adaptado de flujo continuo (Análisis del agua, Jean Rodier 9º Edición) Formación del complejo Fosfomolibdico, en medio de Acido Ascórbico (2011) y Hierro (Fe) por el método colorimétrico de la Ortofenantrolina adaptado Análisis del agua, Jean Rodier 9º Edición (2011).

- **Determinación de Perfil de Aminoácidos:** Obtenida por HPLC (262-338 nm) descrita por Henderson et al (2000) y López-Hernández (1997).
- **Evaluación y caracterización de los compuestos bioactivos:** Polifenoles totales según método de Folin Ciocalteau con modificaciones de Pugliese et al (2013), Huang et al (2013), Hu et al (2016) y Antocianinas totales de acuerdo al método pH Diferencial AOAC 205.002 (2005).
- **Análisis de Propiedades funcionales tecnológicas:** Se analizó la solubilidad según las metodologías de Chen et al. (2014) y Zhang et al (2009). La capacidad de retención y absorción de agua y la capacidad de hinchamiento de acuerdo los métodos de Ma y Mu (2016).
- **Determinación de metales pesados, Cadmio (Cd) y Plomo (Pb):** Fue realizada por Espectrofotometría de Absorción atómica (Horno de Grafito) por la metodología de Varian Australia Pty Ltd (2020).

4.5.1. Materiales

- Cooler
- Bolsas de Polietileno para envasado al vacío
- Campana desecadora
- Pesa sustancia de vidrio con tapa
- Balón Kjeldahl de 100 ml
- Pipetas de 10 ml y 5 ml
- Bureta de 50 ml
- Vasos precipitados de 100 ml
- Capuchón de papel filtro
- Destilador Kjeldahl de vidrio
- Equipo completo de Soxhlet
- Soporte universal
- Pinzas
- Crisoles
- Probeta de 50 ml



- Kitasato de 1000ml
- Embudo busner
- Fiolas de 25 ml
- Frascos ámbar
- Tubos de ensayo de 20 ml
- Tubos cónicos con graduación.
- Piceta

4.5.2. Equipos

- Balanza analítica marca METTLER TOLEDO
- Estufa termostática, marca MEMMERT, tipo UNE 400, Germany.
- Digestor Kjeldahl Marca LABOR
- Mufla, marca LINDBERG/BLUR
- Bomba de vacío, marca ARTHUR H. THOMAS CO, TIPO RH B-KT/C
- Plancha calefactora con termostato
- Espectrofotómetro, marca SPECTROPHOTOMETER MODELO 390. SERIE 001860TN
- Baño maría con agitador Shaker
- Estufa MEMMERT
- Agitador Vórtex ROHS FY 1203000
- Centrífuga CENTURIÓN SCIENTIFIC K241
- Digestor Horno Microondas ANALYTIC KJENA
- Purificador de Agua

4.5.3. Reactivos

- Agua destilada
- Ácido nítrico
- Ácido sulfúrico
- Éter de petróleo
- Ácido sulfúrico concentrado, y solución 0.01N
- Hidróxido de Sodio concentrado, solución 40% y solución 0.01N
- Mezcla Oxidante (Bióxido de Selenio y sulfato de Potasio)
- Indicador mixto (solución Alcohólica de Verde de Bromo cresol y rojo de metilo)



- Hexano puro p.a.
- Solución de Ácido Sulfúrico 1.25%
- Solución de Hidróxido de sodio 1.25%
- Alcohol Etílico 96%
- Ácido Clorhídrico solución 1:3
- Etilen Diamino Tetraacético Sódico solución 0.01M (E.D.T.A.)
- Carbonato de Calcio p.a.
- Solución Buffer PH 12 (Hidróxido de Sodio 1N)
- Indicador Murexida en Cloruro de Sodio
- Ácido sulfúrico (c), 5N, (70ml en 500 ml aforo)
- Solución tartrato doble de Antimonio y Potasio 0.3g/1000
- Solución Molibdato de Amonio 40g/1000
- Solución Acido Ascórbico 17.6g/1000
- Reactivo Fosfato monopotásico desecado.
- Reactivo (400ml de Ácido sulfúrico 5N, 120 ml de Solución Molibdato de Amonio, 240 ml Acido Ascórbico, 40 ml de Tartrato doble de Antimonio y Potasio.)
- Solución de Ácido Clorhídrico 1N
- Solución saturada de acetato de Sodio (1300g/L)
- Solución Acido Ascórbico al 1%
- Solución Ortofenantrolina al 0.1%
- Hierro electrolítico / preparar una solución de 0.01g/L, diluir 1/100.

4.6. Análisis estadístico

4.6.1. Hipótesis estadísticas (nula y alterna)

- **Hipótesis Nula:** La composición nutricional, bioactiva y propiedades tecnofuncionales de las nueve variedades de granos andinos, son similares.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_9$$

- **Hipótesis Alterna:** Al menos una variedad de los granos andinos difiere en la composición nutricional, bioactiva y propiedades Tecnofuncionales.

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_k$$



- **Estadístico:** Se utilizó el estadístico Fisher (F) para aceptar o rechaza la Hipótesis Nula y para la comparación de medias de las diferentes Variedades se empleó Tukey
- **Nivel de significancia:** El nivel de significancia fue de $p=0.05$.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Análisis de resultados

a) Composición Nutricional - Análisis Físicoquímico de las harinas de los granos andinos

Se determinó la composición físicoquímica de tres especies y nueve variedades (Ver Tabla 16), los resultados se reportan en base seca. (Ver Tabla 18).

El análisis de varianza aplicado a los datos de composición físicoquímica se observa en la Tabla 22, donde se muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las 9 variedades en estudio. Por lo tanto, se realizó la comparación de medias con la Prueba de Tukey del análisis físicoquímico (Ver Anexo 3) el mismo que detallo luego de la tabla 18:



Tabla 18 — Composición Nutricional en (B.S) de la harina de los granos andinos

Var.	Muestras	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
V1	Maíz Blanco	6.74±0.21 ^{*a}	6.14±0.09 ^a	1.66±0.03 ^{* a}	2.17±0.03 ^a	85.45±0.31 ^c
V2	Maíz Amarillo	8.25±0.17 ^b	5.36±0.10 ^{ab}	1.66±0.05 ^a	2.32±0.10 ^a	84.73±0.27 ^c
V3	Maíz Morado	7.83±0.05 ^b	4.53±0.06 ^{*b}	1.88±0.10 ^{ab}	2.14±0.03 ^{*a}	85.75±0.13 ^{**c}
V4	Quinoa Blanca	10.94±0.15 ^c	8.74±0.04 ^c	3.05±0.07 ^c	6.72±0.17 ^{bc}	77.27±0.21 ^b
V5	Quinoa Roja	12.90±0.12 ^d	7.80±0.04 ^c	3.14±0.05 ^{** c}	6.17±0.07 ^b	76.15±0.16 ^b
V6	Quinoa Negra	13.63±0.09 ^c	6.38±0.04 ^a	3.11±0.04 ^c	5.47±0.17 ^b	76.87±0.10 ^b
V7	Tarwi Yunguyo	37.30±0.10 ^{**f}	28.76±0.41 ^{**d}	1.83±0.05 ^b	7.42±0.10 ^{**c}	32.11±0.53 ^{*a}
V8	Tarwi H6 Inia	37.24±0.51 ^g	28.52±0.35 ^d	2.03±0.04 ^b	6.24±0.32 ^b	32.20±0.89 ^a
V9	T. Allqamari	36.14±0.08 ^g	28.69±0.98 ^d	1.95±0.12 ^a	6.97±0.70 ^c	33.22±0.78 ^a

Los valores presentados en la tabla representan el promedio de las 9 variedades con 3 repeticiones ± la desviación estándar. (*) Valor más bajo entre todas las variedades. (**) Valor más alto entre todas las variedades.

Tabla 19 — Composición de Minerales en (B.S) de la harina de los granos andinos

Var	Muestras	Calcio (mg/100g)	Fósforo (mg/100g)	Hierro (mg/100g)
V1	Maíz Blanco	6.97±0.16 ^{*a}	290.27±6.59 ^{*a}	3.01±0.04 ^d
V2	Maíz Amarillo	15.62±1.82 ^b	312.07±26.31 ^a	2.10±0.05 ^c
V3	Maíz Morado	16.57±0.39 ^b	387.96±6.46 ^b	0.29±0.04 ^{*a}
V4	Quinoa Blanca	97.09±2.0 ^c	407.97±6.31 ^b	5.28±0.11 ^{**h}
V5	Quinoa Roja	106.17±0.50 ^d	398.10±3.09 ^{bc}	5.04±0.14 ^g
V6	Quinoa Negra	100.48±2.34 ^{cd}	430.95±4.09 ^c	1.00±0.05 ^b
V7	Tarwi Yunguyo	99.37±0.91 ^{cd}	463.68±4.90 ^e	4.10±0.11 ^f
V8	Tarwi H6 Inia	113.66±4.62 ^{**c}	487.89±3.63 ^{**de}	3.21±0.11 ^d
V9	T. Allqamari	101.61±0.70 ^c	493.03±7.85 ^d	4.50±0.10 ^c

Tabla 20 — Análisis de Varianza de Composición Nutricional de harina de granos

Componente	Fuente De Variación	GL	Suma de Cuadrados	Media Cuadrática	F	Significancia
Humedad	Entre grupos	8	73,047	9,131	1032,383	0.000
	Error	18	0,159	0,009		
	Total	26	73,206			
Proteína	Entre grupos	8	4448,584	556,073	12567,49	0.000
	Error	18	0,796	0,044		
	Total	26	4449,381			
Grasa	Entre grupos	8	2983,162	372,895	2612,124	0.000
	Error	18	2,570	0,143		
	Total	26	2985,731			
Ceniza	Entre grupos	8	9,909	1,239	254,895	0.000
	Error	18	0,087	0,005		
	Total	26	9,996			
Fibra	Entre grupos	8	117.483	14,685	184,756	0.000
	Error	18	1,431	0,079		
	Total	26	118,914			
Carbohidratos	Entre grupos	8	14464,364	1808,045	8255,776	0.000
	Error	18	3,942	0,219		
	Total	26	14468,306			
Calcio	Entre grupos	8	49320,262	6165,033	1549,599	0.000
	Error	18	71,612	3,978		
	Total	26	49391,874			
Fósforo	Entre grupos	8	122411,049	15301,381	146,160	0.000
	Error	18	1884,401	104,689		
	Total	26	124295,449			
Hierro	Entre grupos	8	74,195	9,274	1154,484	0.000
	Error	18	0,145	0,008		
	Total	26	74,339			



Al realizar el ANOVA para la composición Nutricional, las evidencias estadísticas muestran diferencia significativa de sus medias en la composición nutricional de todos los componentes, ya que, $P\text{-valor} < 0.05$, entonces se rechaza la H_0 , y se acepta la $H_a: \mu_1 \neq \mu_k$, existe diferencia significativa en la composición fisicoquímica en las variedades de los granos andinos, por ello se realizó la comparación de Medias de Tukey. (Ver Anexo 3).

- Humedad:** El mayor contenido de humedad lo tuvo la especie Maíz en sus tres variedades siendo la V_3 (Maíz morado) que presentó mayor contenido de humedad 11.28% entre las 9 variedades en estudio; seguido de los pseudocereales, siendo la V_5 (Quinoa roja Pasankalla) la que presentó mayor contenido 10.80% entre las variedades de esta especie y el menor contenido lo tiene la especie Tarwi, V_7 (Tarwi Yunguyo) 6.7% (Ver Anexo 3.1) como se observa en la siguiente figura.

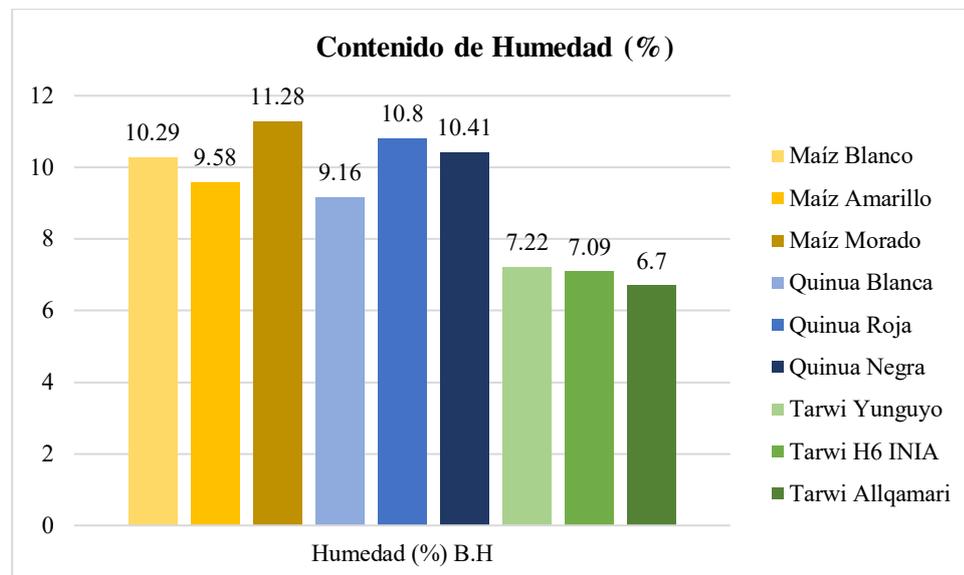


Figura 5 — Comparación de medias de Humedad de 9 variedades de granos andinos

A continuación, se presentan los resultados en base seca (b.s).

- Proteína:** El mayor contenido de Proteína lo tuvo la especie Tarwi en sus tres variedades, la V_7 (Tarwi Yunguyo) y V_8 (Tarwi H6 Inia) son estadísticamente iguales y la V_7 presentó mayor contenido de proteína 37.30%, entre las 9 variedades; los pseudocereales, estadísticamente $V_6 \neq V_5 \neq V_4$, presentando la V_6 (Quinoa negra Collana) mayor porcentaje entre sus variedades 13.63% y el menor contenido lo tuvo la especie Maíz, sus V_3 y V_2 , son estadísticamente iguales y difieren del más bajo, V_1 (Maíz blanco) 6.74%. (Ver Anexo 3.2 y Figura 7)



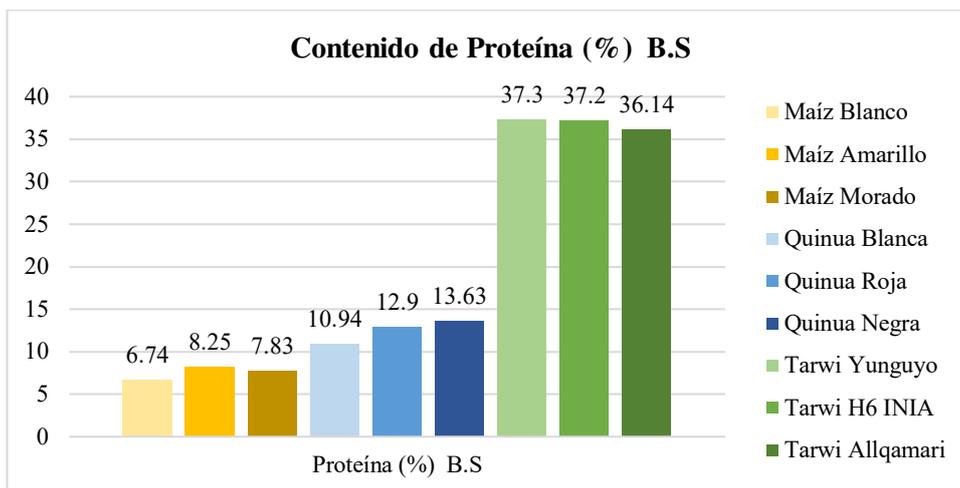


Figura 6 — Comparación de medias de Proteína de las 9 variedades de granos andinos

- Grasa:** Las variedades de Tarwi V₇, V₈ y V₉ son estadísticamente iguales, V₇ (Tarwi Yunguyo) presentó mayor porcentaje 28.76% respecto a las 9 variedades, seguido de los pseudocereales, V₅ y V₄ son iguales estadísticamente y difieren de la V₆, la V₄ (Quinoa Blanca) presentó mayor porcentaje 8.74% y el menor contenido fue de la especie Maíz, V₃ (Maíz morado) contiene 4.53% y es estadísticamente igual que V₂, tal como se ilustra en la siguiente figura. (Ver Anexo 3.3)

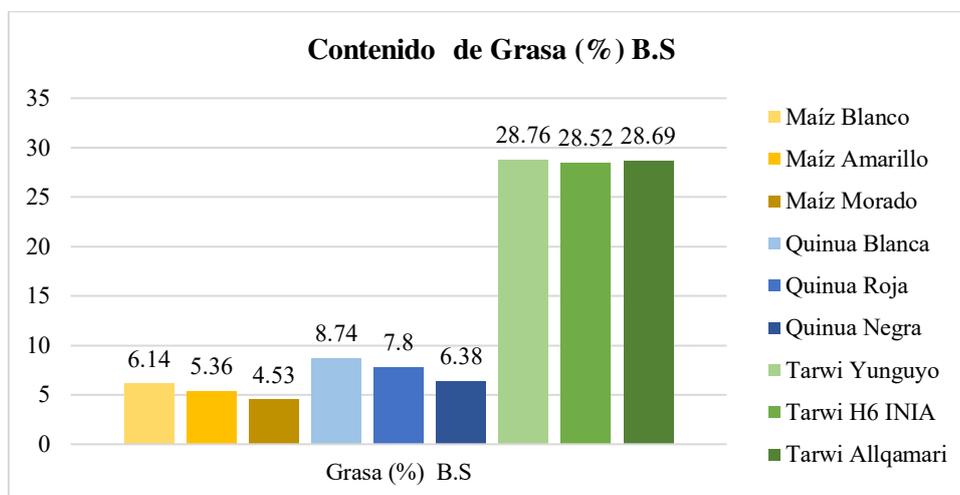


Figura 7 — Comparación de medias de Grasa de las 9 variedades de granos andinos

- Cenizas:** Las V₄, V₅ y V₆ de la especie Quinoa son estadísticamente iguales y los valores más altos entre las 9 variedades, V₅ (Quinoa roja Pasankalla) reportó el mayor contenido 3.14%; sigue la especie Tarwi, siendo la V₇ (Tarwi Yunguyo) estadísticamente diferente de V₈ y V₉, por tener el menor contenido 1.83%, la V₈ (Tarwi H6 INIA) presentó mayor contenido de cenizas 2.03% y la especie con contenido más bajo fue el Maíz, V₂ (Maíz amarillo) tuvo 1.66%, estadísticamente la V₁=V₂≠V₃. (Ver Anexo 3.4 y Figura 9)



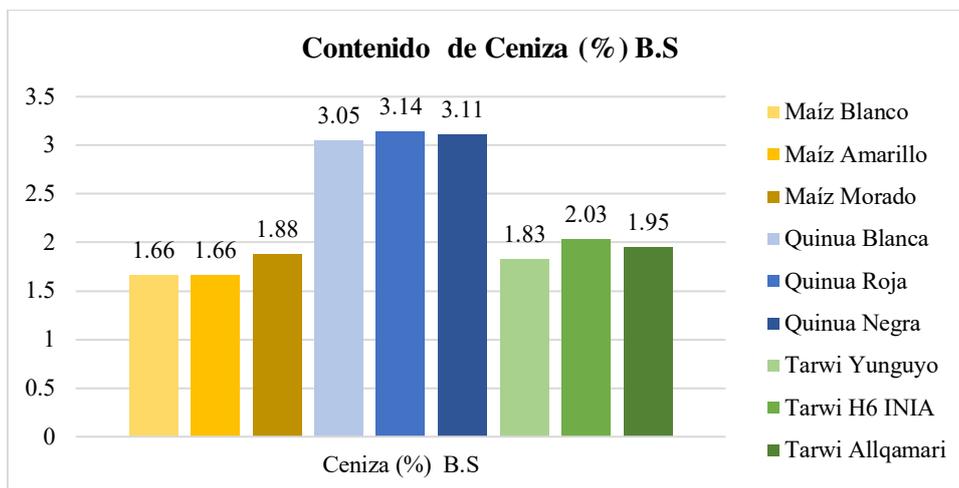


Figura 8 — Comparación de medias de Ceniza de las 9 variedades de granos andinos

- Fibra:** Se reporta el contenido de fibra más alto para la especie Tarwi, la V₇ (Tarwi Yunguyo) presentó el mayor valor 7.42%, siendo estadísticamente igual a las V₄ y V₉; seguido de los pseudocereales, la V₄ (Quinoa Blanca) obtuvo el mayor porcentaje 6.72% que difiere estadísticamente de V₅ y V₆; y la especie que reportó menor concentración fue el Maíz, en el cual la V₃ (Maíz morado) contiene 2.14%, siendo estadísticamente igual a la V₁ y V₂ (Ver Anexo 3.5), tal como se muestra en la siguiente figura.

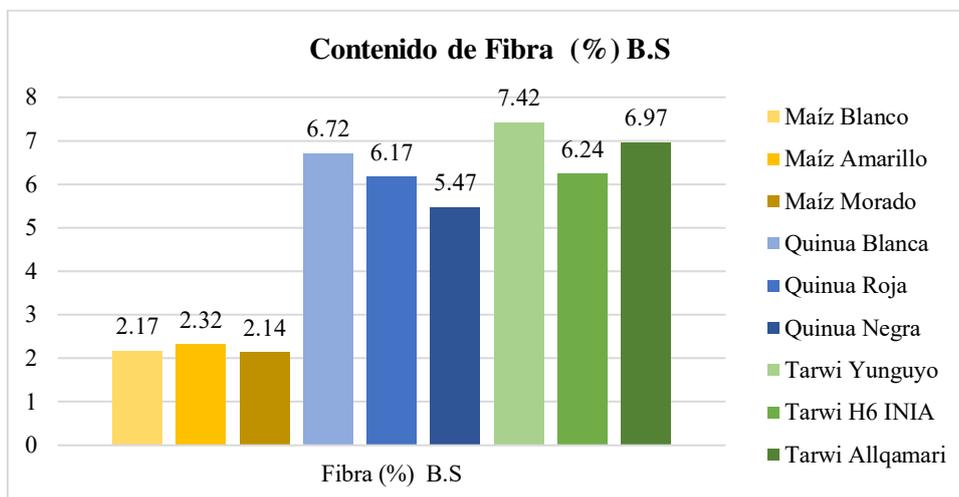


Figura 9 — Comparación de medias de Fibra de las 9 variedades de granos andinos

- Carbohidratos:** En el Anexo 3.6, se muestra que las variedades del Maíz, son estadísticamente iguales ($V_1 = V_2 = V_3$) y tienen mayor contenido entre las 9 variedades, V₃ (Maíz morado), contiene mayor porcentaje, 85.75%; seguido de la especie Quinoa con variedades estadísticamente iguales ($V_4=V_5 = V_6$) siendo, la V₄



(Quinoa Blanca) que presentó mayor contenido, 77.27% y la especie Tarwi tiene el porcentaje más bajo, en el que la V₉ (Tarwi Allqamari) contiene 33.22% y es estadísticamente iguales a las V₈ y V₉. (Ver Figura 11)

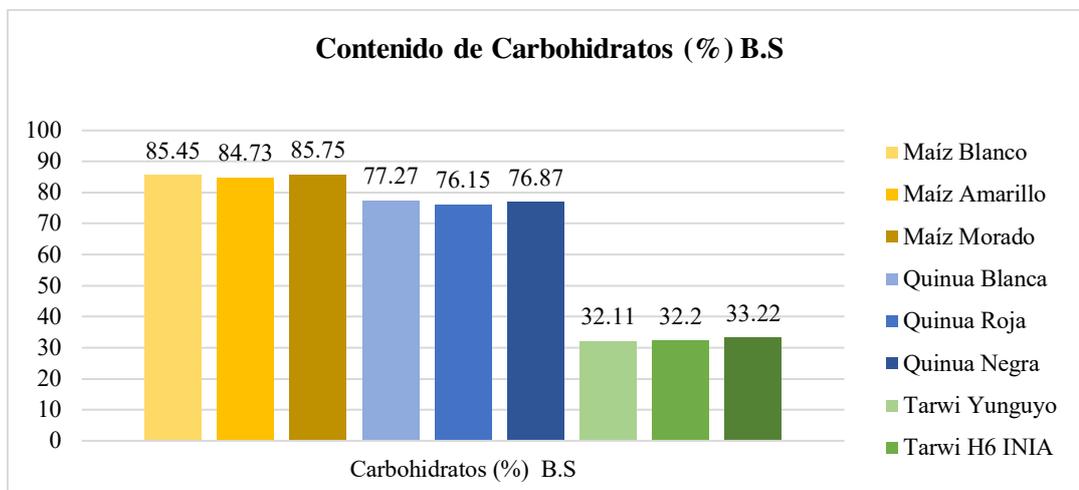


Figura 10 — Comparación de medias de Carbohidratos de las 9 variedades de granos andinos

- Calcio:** La V₈ (Tarwi H6 INIA) difiere significativamente de las demás variedades, presentó el mayor contenido 113.66 mg/100g entre las 9 variedades, seguido de las variedades de la especie Quinoa, con igualdad estadística ($V_4 = V_5 = V_6$), siendo la V₆ (Quinoa roja Pasankalla) que presenta mayor contenido 106.17 mg/100g y las variedades del Maíz presentaron menor contenido la V₁ (Maíz blanco) con 6.97% difiriendo estadísticamente ($V_1 \neq V_2 = V_3$). (Ver Anexo 3.7)

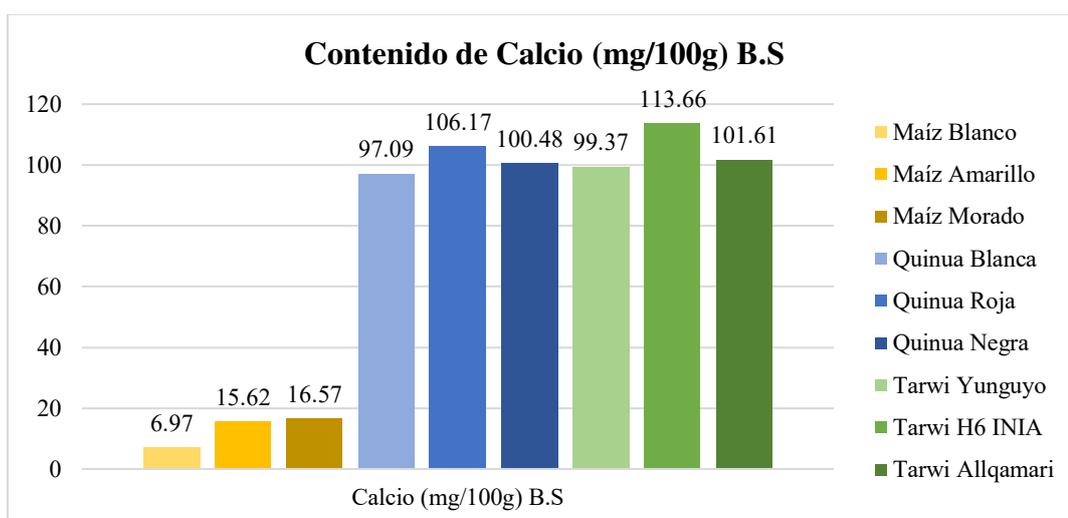


Figura 11 — Comparación de medias de Calcio de las 9 variedades de granos andinos

- Fósforo:** en el Anexo 3.8, se detalla que la mayor concentración lo tienen las V₈ y V₉ de la especie Tarwi, estadísticamente iguales, la V₉ (Tarwi Allqamari) tiene el mayor contenido 493.03 mg/100g, los pseudocereales, siendo la V₆ (Quinoa negra Collana) 430.95 mg/100g que presentó mayor valor y es estadísticamente igual a la V₆ y el menor contenido lo tuvo la especie Maíz, en el que la V₁ (Maíz blanco) reporta 290.27 mg/100g. tal como se ilustra en la Figura 13.

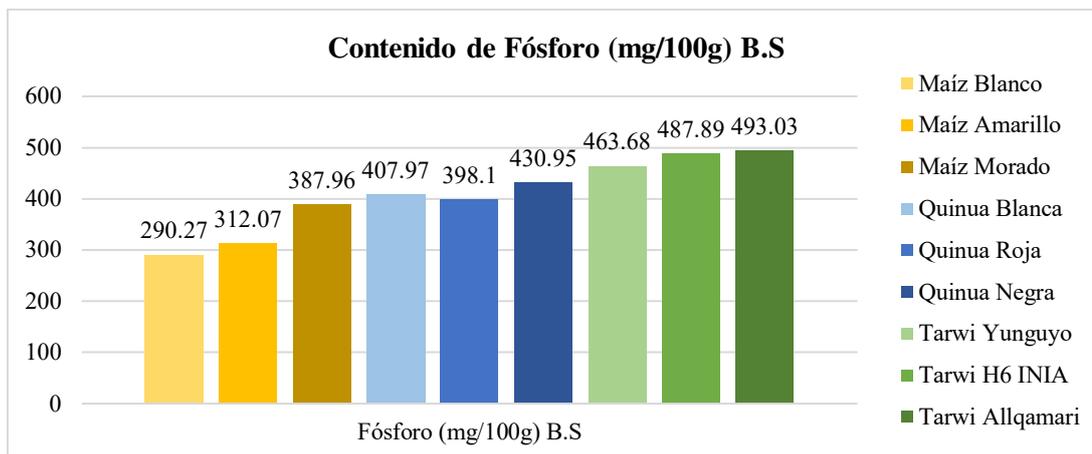


Figura 12 — Comparación de medias de Fósforo de las 9 variedades de granos andinos

- Hierro:** La especie Quinoa tiene el mayor contenido, siendo la V₄ (Quinoa blanca) 5.28 mg/100g que presenta mayor valor al tener igualdad estadísticamente que la V₅ y diferir de V₆, seguido del Tarwi, donde la V₉ (Tarwi Allqamari) 4.50 mg/100g reporta alta concentración del mineral y estadísticamente V₇ ≠ V₈ ≠ V₉ y la especie Maíz reportó el menor valor, siendo la V₃ (Maíz morado) con un contenido de 0.29 mg/100g entre las 9 variedades. Anexo 3.9

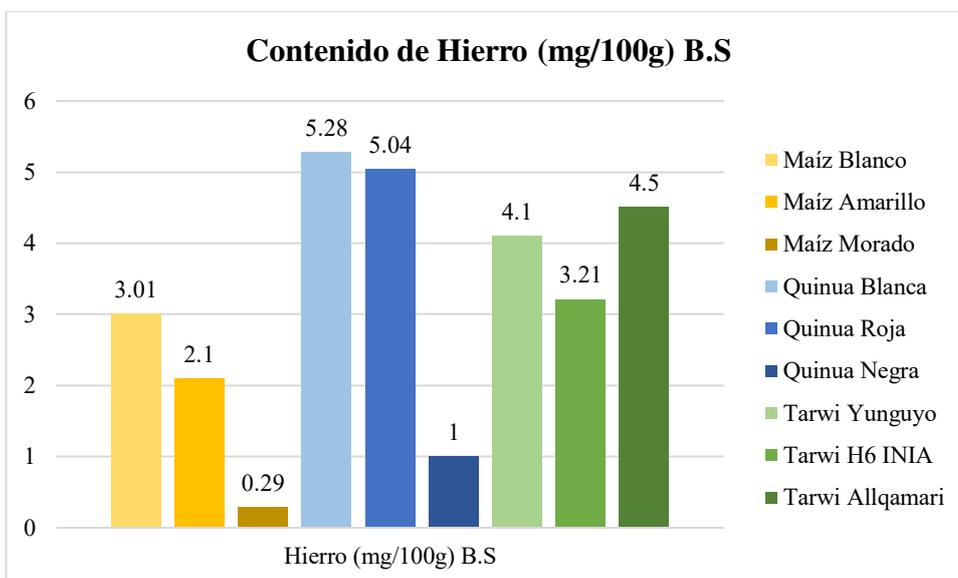


Figura 13 — Comparación de medias de Hierro de las 9 variedades de granos andinos



b) Perfil aminoacídico de los granos andinos en tres variedades cada especie

Se determinó el perfil de 17 aminoácidos de tres especies y nueve variedades (Ver Tabla 16), se reportan los resultados en base seca. (Ver Tabla 20).

El análisis de varianza aplicado a los datos de perfil de aminoácidos se observa en la Tabla 21, donde se muestra que existe diferencia significativa entre las 9 variedades de los granos andinos.

La comparación de medias se realizó mediante la Prueba de Tukey del análisis de perfil de aminoácidos (Ver Anexo 4) que presento a continuación:



Tabla 21 — Perfil Aminoacídico (B.S) de las harinas de granos andinos

Aminoácidos (mg/100g)	Maíz Blanco	Maíz Amarillo	Maíz Morado	Quinua Blanca	Quinua Roja Pasankalla	Quinua Negra Collana	Tarwi Yunguyo	Tarwi H6INIA	Tarwi Allqamari
Ácido Aspártico	14.92±0.78 ^a	14.56±1.16 ^{*a}	17.21±2.19 ^a	25.96±0.46 ^b	36.18±1.21 ^b	34.88±4.01 ^b	155.33±8.54 ^c	146.71±1.71 ^c	153.70±1.41 ^c
Ácido Glutámico	75.98±2.60 ^{*a}	80.91±6.34 ^a	87.25±6.25 ^{ab}	87.01±0.96 ^{ab}	102.77±1.48 ^b	104.07±9.55 ^b	565.11±38.05 ^c	510.25±4.68 ^d	531.33±4.26 ^c
Serina	60.63±3.23 ^{*a}	61.33±4.01 ^a	69.66±3.53 ^{ab}	86.32±2.80 ^{ab}	100.80±2.90 ^b	101.08±9.16 ^b	467.44±31.17 ^c	377.81±8.56 ^d	429.14±3.75 ^c
Histidina*	43.18±2.13 ^a	40.74±1.76 ^a	39.49±6.32 ^{*a}	45.39±2.91 ^a	52.91±3.29 ^a	52.80±3.01 ^a	224.20±9.55 ^{bc}	188.17±3.10 ^b	204.27±34.07 ^b
Glicina	76.66±6.46 ^a	69.13±2.42 ^{*a}	95.47±14.25 ^a	186.88±10.70 ^b	215.77±8.57 ^b	121.25±12.16 ^b	605.58±23.04 ^c	581.57±7.09 ^c	578.56±21.37 ^c
Treonina*	48.71±3.19 ^{abc}	54.88±4.37 ^{bc}	30.92±26.87 ^{ab}	75.46±3.41 ^c	72.81±6.08 ^{bc}	71.69±3.02 ^{bc}	225.46±32.22 ^d	6.13±0.01 ^{*a}	204.81±13.42 ^d
Arginina*	31.90±0.94 ^a	30.67±1.36 ^{*a}	33.25±0.69 ^a	71.92±3.18 ^b	85.04±3.39 ^{bc}	92.87±4.12 ^c	332.60±16.80 ^d	334.06±7.37 ^{**d}	321.39±5.65 ^d
Alanina	145.86±3.43 ^a	143.50±6.36 ^a	159.66±1.73 ^a	143.55±4.84 ^{*a}	165.03±7.57 ^a	155.35±7.11 ^a	288.89±26.30 ^b	408.6±4.24 ^{**c}	325.68±3.77 ^d
Tirosina	4.35±0.19 ^a	4.59±0.34 ^{*a}	5.13±0.27 ^a	5.94±0.38 ^a	7.83±0.32 ^a	7.14±0.71 ^a	45.88±3.19 ^b	46.54±0.54 ^b	44.87±0.37 ^b
Cistina	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Valina*	21.85±3.40 ^a	20.04±1.26 ^{*a}	21.89±0.70 ^a	30.23±0.60 ^{abc}	36.59±1.04 ^c	35.15±2.94 ^c	115.23±7.24 ^d	110.95±0.91 ^d	113.86±0.14 ^d
Metionina*	15.60±0.31 ^b	16.35±0.68 ^b	15.63±0.50 ^b	19.91±0.31 ^c	22.76±0.32 ^c	20.21±1.83 ^d	42.86±1.13 ^f	5.39±0.01 ^{*a}	37.91±1.11 ^e
Fenilalanina*	25.43±0.58 ^b	25.45±1.62 ^b	30.05±1.21 ^{bc}	36.33±0.91 ^{bcd}	49.29±2.07 ^d	44.18±5.26 ^{cd}	171.12±12.83 ^e	6.31±0.01 ^{*a}	69.25±6.82 ^e
Isoleucina*	17.72±0.74 ^{*a}	18.99±0.92 ^{ab}	19.67±0.36 ^{ab}	28.15±0.74 ^{bc}	31.05±3.84 ^c	30.84±0.51 ^c	129.13±8.33 ^c	119.49±5.03 ^d	118.63±2.07 ^{de}
Leucina*	73.14±2.13 ^{*a}	76.65±4.47 ^a	85.88±4.58 ^a	63.65±0.60 ^a	75.86±2.99 ^a	72.26±5.09 ^a	294.64±20.94 ^b	280.06±4.23 ^b	278.55±2.46 ^b
Lisina*	28.51±1.51 ^a	25.90±1.18 ^{*a}	31.27±0.61 ^a	99.80±6.89 ^b	111.93±8.07 ^b	102.92±716 ^b	369.49±27.02 ^c	354.77±8.33 ^c	358.34±9.21 ^c
Prolina	6.43±3.38 ^a	2.55±0.30 ^{*a}	6.95±2.03 ^a	5.50±2.43 ^a	3.50±1.88 ^a	14.45±11.04 ^{**a}	8.67±4.34 ^a	8.67±4.34 ^a	13.29±9.34 ^a

Los valores presentados en la tabla representan el promedio de las 9 variedades con 3 repeticiones ± la desviación estándar, en Base Seca.

(*) Aminoácidos esenciales

(*) Valor más bajo entre todas las variedades.

(**) Valor más alto entre todas las variedades.

Tabla 22 — Análisis de Varianza - Perfil Aminoacídico de harinas de granos andinos

Aminoácido	Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Ácido aspártico	Entre grupos	8	100724,971	12590,621	1136,95	0,000
	Error	18	199,332	11,074		
	Total	26	100924,303			
Ácido glutámico	Entre grupos	8	843784,797	105473,100	3235,10	0,000
	Error	18	586,848	32,603		
	Total	26	844371,645			
Serina	Entre grupos	8	730820,496	91352,562	686,161	0,000
	Error	18	2396,444	133,136		
	Total	26	733216,940			
Histidina*	Entre grupos	8	156697,722	19587,215	131,819	0,000
	Error	18	2674,660	148,592		
	Total	26	159372,382			
Glicina	Entre grupos	8	1266549,81	158318,727	877,483	0,000
	Error	18	3247,625	180,424		
	Total	26	1269797,43			
Treonina*	Entre grupos	8	137390,542	17173,818	76,225	0,000
	Error	18	4055,489	225,305		
	Total	26	141446,031			
Arginina	Entre grupos	8	455882,444	56985,305	1250,41	0,000
	Error	18	820,319	45,573		
	Total	26	456702,762			
Alanina	Entre grupos	8	237912,893	29739,112	294,104	0,000
	Error	18	1820,121	101,118		
	Total	26	239733,014			
Tirosina	Entre grupos	8	9574,385	1196,798	887,289	0,000
	Error	18	24,279	1,349		
	Total	26	9598,664			
Valina*	Entre grupos	8	44922,423	5615,303	656,661	0,000
	Error	18	153,923	8,551		



	Total	26	45076,346			
Metionina*	Entre grupos	8	3256,930	407,116	535,484	0,000
	Error	18	13,685	0,760		
	Total	26	3270,615			
Fenilalanina*	Entre grupos	8	94285,891	11785,736	426,798	0,000
	Error	18	497,058	27,614		
	Total	26	94782,948			
Isoleucina*	Entre grupos	8	58435,819	7304,477	566,497	0,000
	Error	18	232,094	12,894		
	Total	26	58667,913			
Leucina*	Entre grupos	8	265460,792	33182,599	547,849	0,000
	Error	18	1090,240	60,569		
	Total	26	266551,031			
Lisina*	Entre grupos	8	545968,003	68246,000	583,678	0,000
	Error	18	2104,634	116,924		
	Total	26	548072,637			
Prolina	Entre grupos	8	398,901	49,863	1,128	0,391
	Error	18	795,813	44,212		
	Total	26	1194,714			

Al realizar el ANOVA, las evidencias estadísticas muestran que no existe diferencia significativa para el aminoácido Prolina, sin embargo, los demás aminoácidos sí presentan diferencia significativa de sus medias, entonces se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a : $\mu_1 \neq \mu_k$, existe diferencia significativa en el perfil de aminoácidos de las variedades de los granos andinos a excepción de la Prolina. Se realizó la Comparación de medias de Tukey, se detallan más adelante en el **Anexo 4**.

Se presenta la descripción de resultados de la siguiente manera:

- **Ácido Aspártico:** Las V_7 , V_8 y V_9 (especie Tarwi) son estadísticamente iguales y presentaron los contenidos más altos, siendo la V_7 (Tarwi Yunguyo) la que presentó 155.33 mg/100g, el mayor contenido entre las 9 variedades, seguido de los pseudocereales, la V_5 (Quinoa roja Pasankalla) reporta el mayor contenido 36.18 mg/100g y estadísticamente ($V_4=V_5=V_6$); y el contenido más bajo lo tiene la especie Maíz, siendo la V_2 (Maíz amarillo) el de menor contenido 14.56 mg/100g, tal como se ilustra en la siguiente figura (Ver Anexo 4.1)

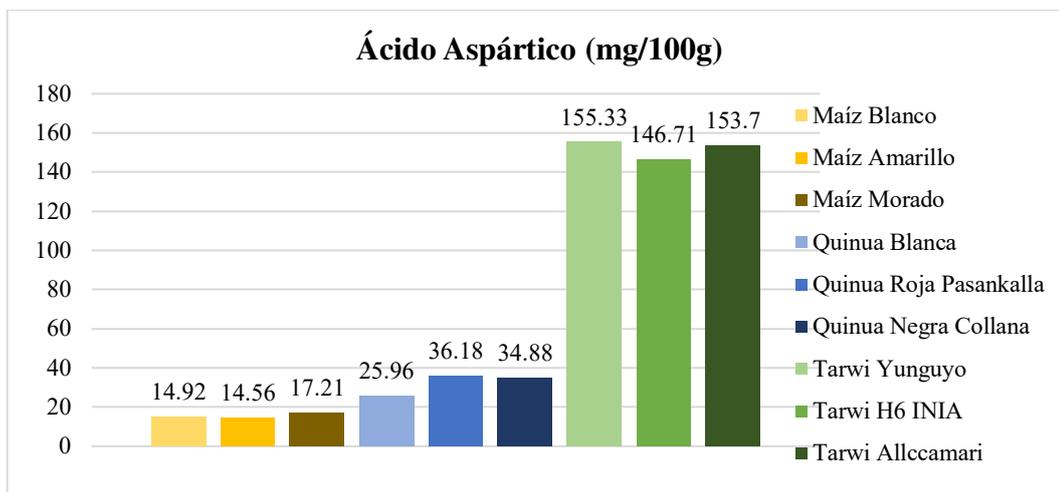


Figura 14 — Comparación de medias de Ácido Aspártico de las 9 variedades de granos andinos

- Ácido Glutámico:** Los mayores contenidos fueron para la especie Tarwi, reportando la V₇ (Tarwi Yunguyo) 565.11 mg/100g como el mayor contenido, seguido de la especie Quinoa donde sus variedades tienen igualdad estadística y el mayor valor entre estas, es de la V₆ (Quinoa negra Collana) tuvo 104.07 mg/100g y las variedades de menor contenido fueron V₁, V₂, V₃ (especie Maíz), la V₁ (Maíz blanco) presentó 75.98 mg/100g, a su vez estas variedades son estadísticamente iguales. (Ver Anexo 4.2 y Figura 16)

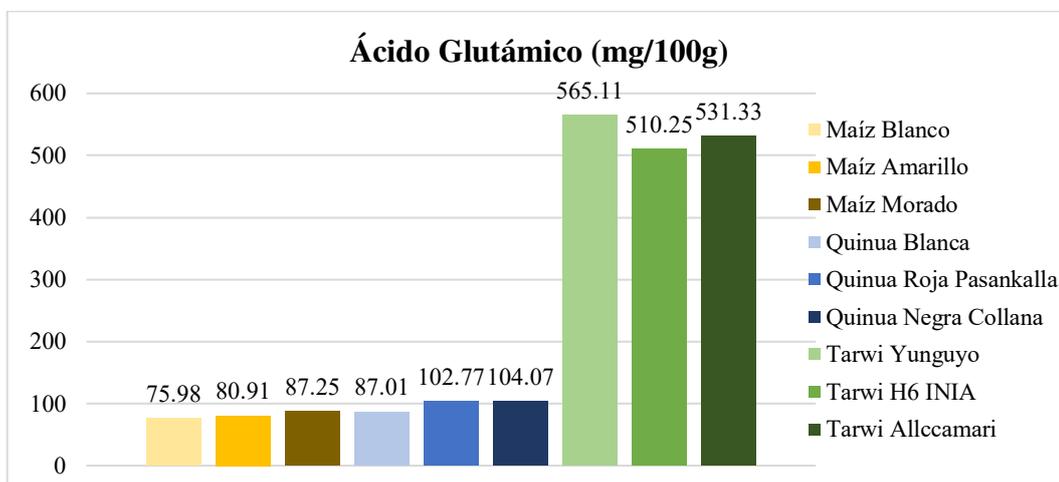


Figura 15 — Comparación de medias de Ác. Glutámico de 9 variedades de granos andinos

- Serina:** Se reportó la concentración más alta en la especie Tarwi, siendo la V₇ (Tarwi Yunguyo) con 467.44 mg/100g como el contenido más alto, seguido de los pseudocereales, donde las variedades no difieren estadísticamente (V₄=V₅=V₆), y V₆ (Quinoa negra Collana) tiene el mayor valor 101.08 mg/100g y las V₁, V₂ y V₃ de la especie Maíz tienen el contenido más bajo siendo la V₁ (Maíz blanco) el más bajo



entre las nueve variedades, 60.63 mg/100g. Se presentan en la siguiente Figura. (Ver Anexo 4.3)

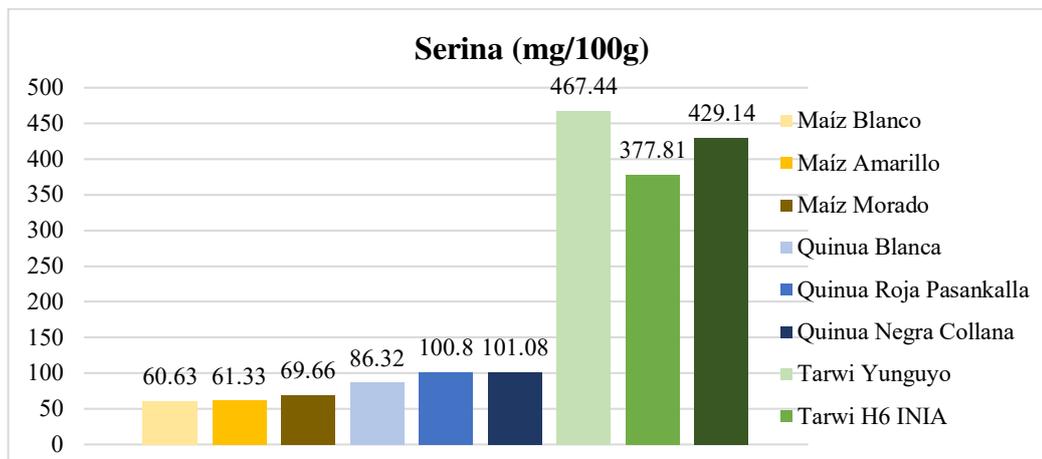


Figura 16 — Comparación de medias de Serina de las 9 variedades de granos andinos

- Histidina*:** La especie Tarwi tiene los valores más altos, siendo la V₇ (Tarwi Yunguyo) 224.20 mg/100g el que presentó mayor contenido y las especies Quinoa y Maíz, tienen los valores más bajos, sus variedades son estadísticamente iguales, (V₁=V₂=V₃=V₄=V₅=V₆) los valores de Quinoa oscilan entre 45.39 y 52.90 mg/100g, siendo la Quinoa Roja Pasankalla la de mayor concentración y los contenidos de maíz oscilan de 39.49 a 40.73 mg/100g y la V₂ (Maíz amarillo) tiene el contenido más alto. (Ver Anexo 4.4 y Figura 18)

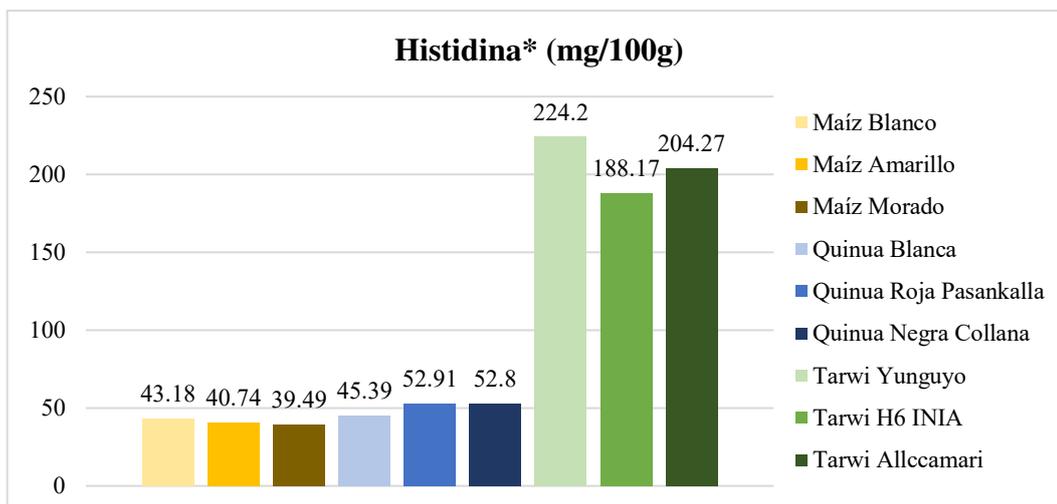


Figura 17 — Comparación de medias de Histidina de las 9 variedades de granos andinos

- Glicina:** Los contenidos de Glicina, fueron mayores para la especie Tarwi, y estadísticamente la V₇ = V₈ = V₉ siendo la V₇ (Tarwi Yunguyo) 605.58 mg/100g que reportó mayor concentración, seguido de la especie Quinoa, siendo la V₅ (Quinoa Roja Pasankalla) 215.77 mg/100g, el mayor contenido y el menor valor lo tuvo la



especie Maíz, siendo V₂ (Maíz amarillo) el mínimo entre las nueve variedades, 69.13 mg/100g, tal como se detalla en la siguiente figura. (Ver Anexo 4.5)

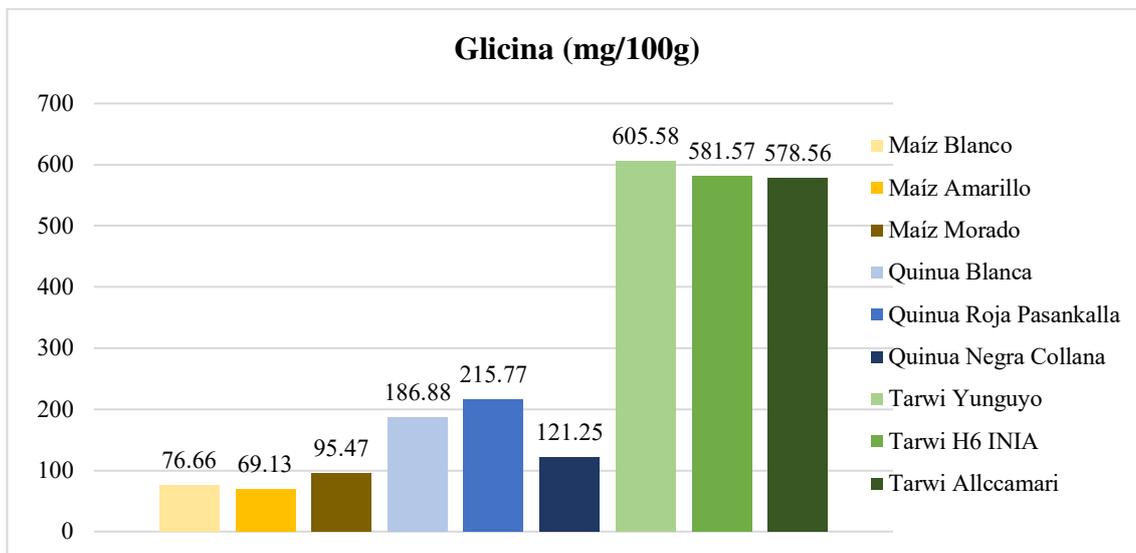


Figura 18 — Comparación de medias de Glicina de las 9 variedades de granos andinos

- Treonina*:** Los contenidos más altos entre las nueve variedades fueron para las V₇ y V₉ (especie Tarwi), sin embargo la V₈ (Tarwi H6INIA) 6.13 46 mg/100g fue el más bajo entre las nueve variedades y la V₇ (Tarwi Yunguyo) la más alta 225.46 mg/100g, estadísticamente $V_7 = V_9 \neq V_8$, seguido de los pseudocereales, con contenido estadísticamente igual entre sus variedades, la V₄ (Quinoa blanca.) 75.46 mg/100g es el de mayor valor; las variedades del Maíz oscilan entre 30.92 mg/100g y 54.88 mg/100g y estadísticamente $V_1 = V_3 \neq V_2$. (Ver Anexo 4.6 y Figura 20)

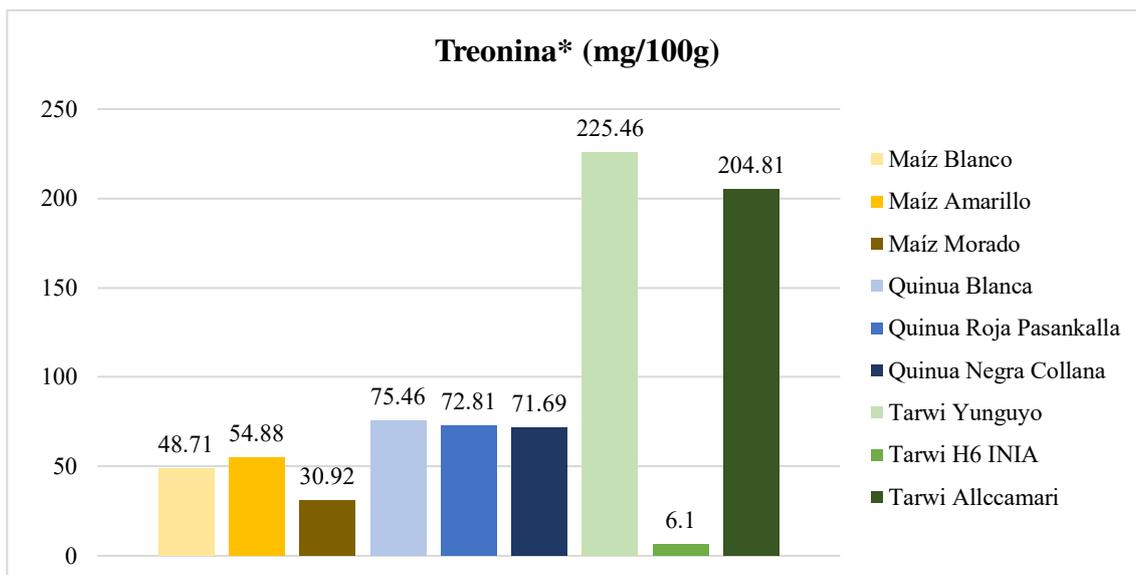


Figura 19 — Comparación de medias de Treonina* de las 9 variedades de granos andinos



- **Arginina*:** Se reporta las variedades de Tarwi con los valores más altos entre las 9 variedades y estadísticamente iguales, siendo la V₈ (Tarwi H6 INIA) con 334.06 mg/100g la más alta, respecto a la especie Quinoa, la V₆ (Quinoa negra Collana) tiene la concentración más alta, 92.87 mg/100g y sus variedades difieren estadísticamente entre sí, el menor reporte lo tuvo la especie Maíz, estadísticamente V₁ = V₂ = V₃, siendo la V₂ (Maíz amarillo) el valor más bajo con 30.66 mg/100g, así como muestra la siguiente figura. (Ver Anexo 4.7)

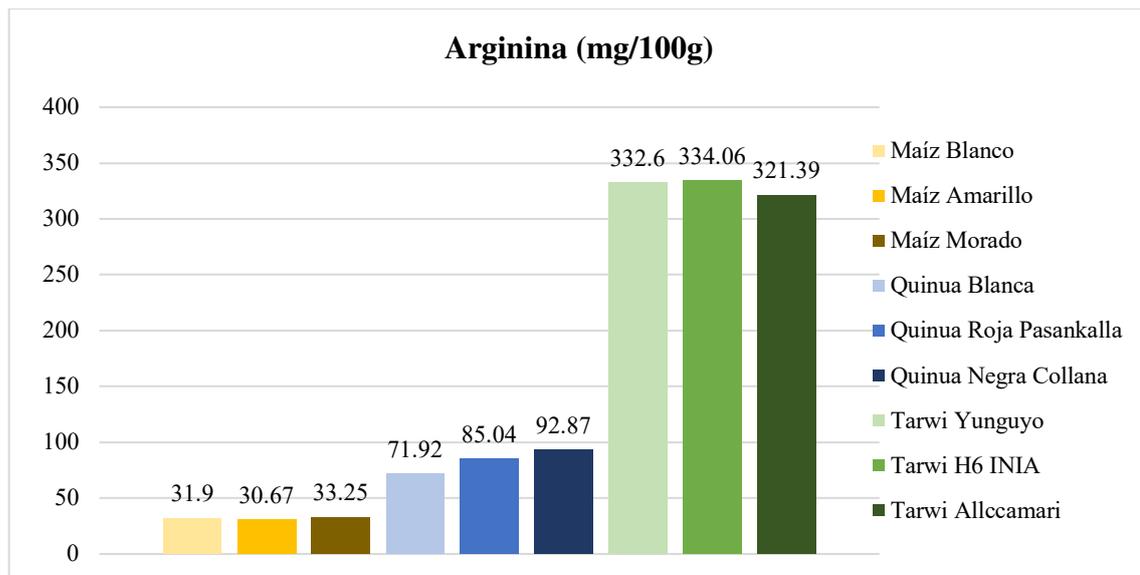


Figura 20 — Comparación de medias de Arginina de las 9 variedades de granos andinos

- **Alanina:** Los contenidos de Alanina fueron estadísticamente iguales para las variedades de Maíz y Quinoa, oscilando entre 143.50 mg/100g y 165.02 mg/100g, donde la V₅ (Quinoa Roja Pasankalla) 159.66 mg/100g como el valor más alto entre sus variedades; en la especie Maíz, la V₂ (Maíz amarillo) contiene un 143.50 mg/100g, siendo el valor más bajo entre todas las variedades, los valores más altos lo tienen las variedades de leguminosas, estadísticamente V₇ ≠ V₈ ≠ V₉, y la V₈ (Tarwi H6 INIA), obtuvo mayor cantidad 408.6 mg/100g entre las nueve variedades, como se ilustra en la siguiente figura. (Ver Anexo 4.8)

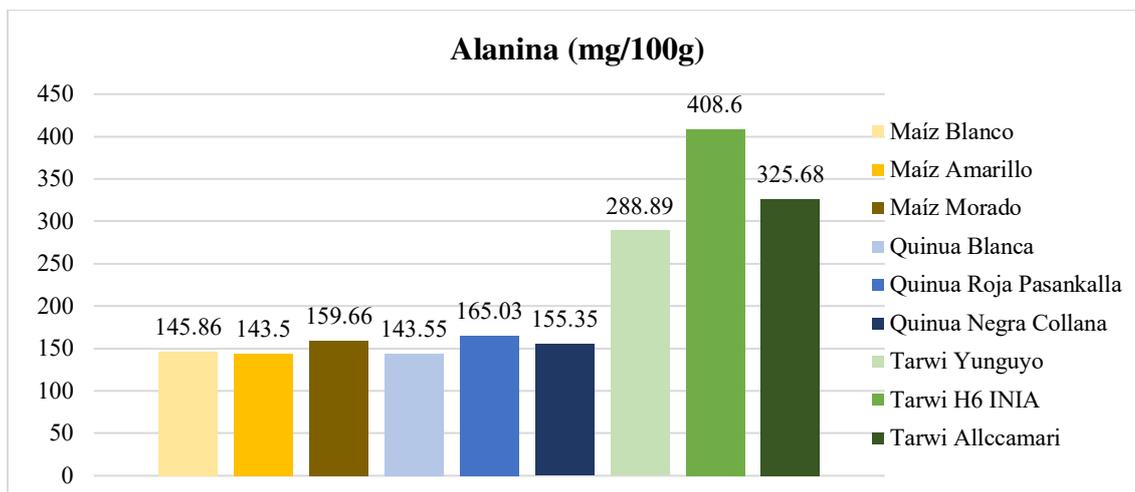


Figura 21 — Comparación de medias de Alanina de las 9 variedades de granos andinos

- Tirosina:** Las variedades de la especie Maíz y Tarwi tienen los valores más bajos y son estadísticamente iguales, fluctuando entre 4.59 mg/100g y 7.83 mg/100g, la V₅ (Quinoa roja Pasankalla) 36.58 mg/100g obtuvo el mayor valor entre sí, la V₁ (Maíz blanco) obtuvo 4.35 mg/100g, siendo el valor más bajo entre las nueve variedades y respecto a la especie Tarwi, fue la que presentó el mayor contenido, siendo la V₈ (Tarwi H6 INIA) 46.54 mg/100g la más alta entre las nueve variedades. (Ver Anexo 4.9 y Figura 23)

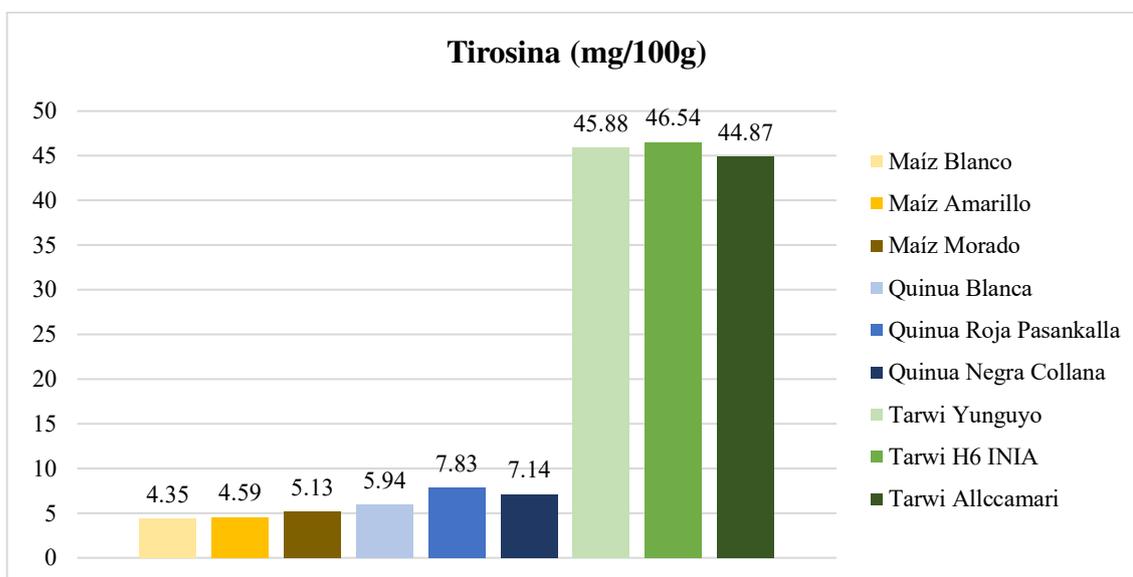


Figura 22 — Comparación de medias de Tirosina de las 9 variedades de granos andinos

- Valina*:** La especie con mayor contenido fue el Tarwi, con variedades estadísticamente iguales, siendo V₇ (Tarwi Yunguyo) 115.23 mg/100g de mayor concentración entre las nueve variedades, seguido de los pseudocereales con



variedades estadísticamente iguales, siendo la V₅ (Quinoa roja Pasankalla) 36.59mg/100g el mayor valor y la especie Maíz tuvo los menores contenidos sin diferencia estadística, siendo la V₂ (Maíz amarillo) 20.05 mg/100g la variedad con menor contenido entre las nueve variedades, así como se muestra en la siguiente gráfica. (Ver Anexo 4.10)

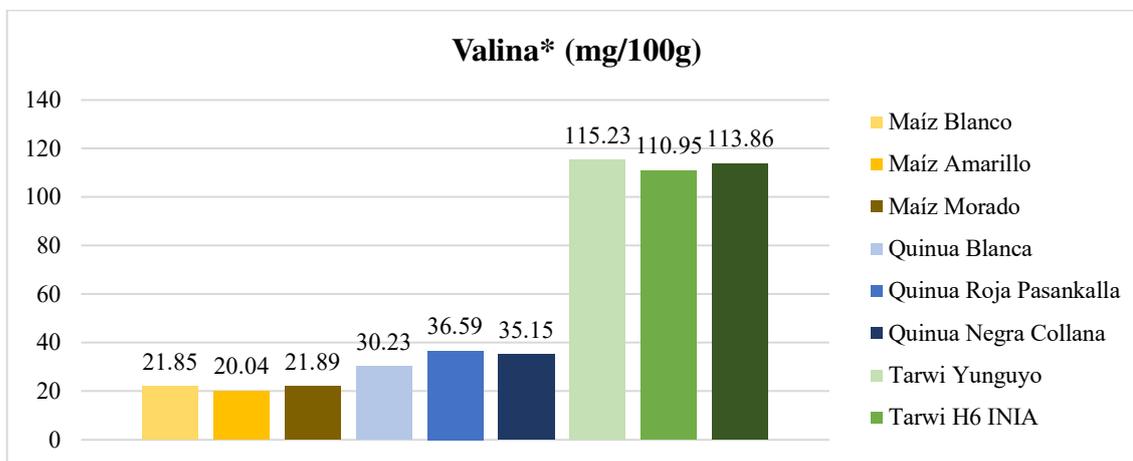


Figura 23 — Comparación de medias de Valina* de las 9 variedades de granos andinos

- Metionina*:** Las variedades de la especie Tarwi, difieren estadísticamente ($V_7 \neq V_8 \neq V_9$), la V₇ y V₉ contienen valores altos entre todas las variedades y la V₇ (Tarwi Yunguyo) 42.86 mg/100g presentó mayor contenido, pero la V₈ (Tarwi H6 INIA) contiene 5.39 mg/100g, siendo el más bajo entre las nueve variedades, los pseudocereales, difieren entre sí, siendo V₅ (Quinoa roja Pasankalla) con 22.76 mg/100g y las variedades de Maíz no difieren estadísticamente, tuvieron valores bajos pero mayores a la V₈, así, la V₁ (Maíz blanco) presentó 15.60 mg/100g, como se ilustra en la siguiente figura. (Ver Anexo 4.11)

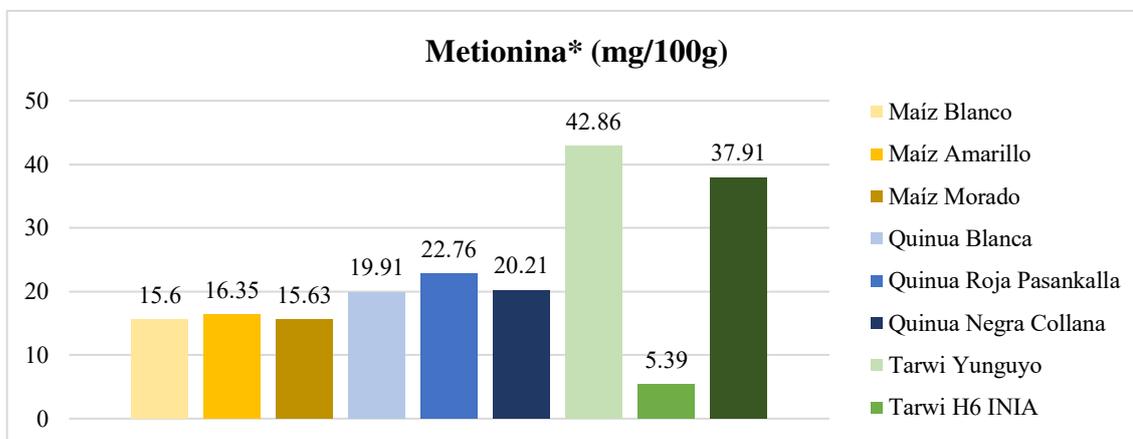


Figura 24 — Comparación de medias de Metionina* de las 9 variedades de granos andinos



- Fenilalanina*:** El comportamiento del contenido de Fenilalanina* fue similar al de la Metionina, ya que, las variedades V₇ y V₉ (Yunguyo y Allqamari), de Tarwi, tuvieron altos contenidos entre todas las variedades, 171.12 mg/100g y 169.25 mg/100g respectivamente, pero la V₈ (Tarwi H6 INIA) tuvo el valor menor entre las nueve variedades 6.30 mg/100g, las variedades de los pseudocereales son estadísticamente iguales, así la V₅ (Quinua roja Pasankalla) con 49.29mg/100g, fue la de mayor valor y una vez más las variedades del Maíz, tienen valores bajos, V₁ (Maíz blanco) obtuvo 25.43 mg/100g. (Ver Anexo 4.12 y Figura 26)

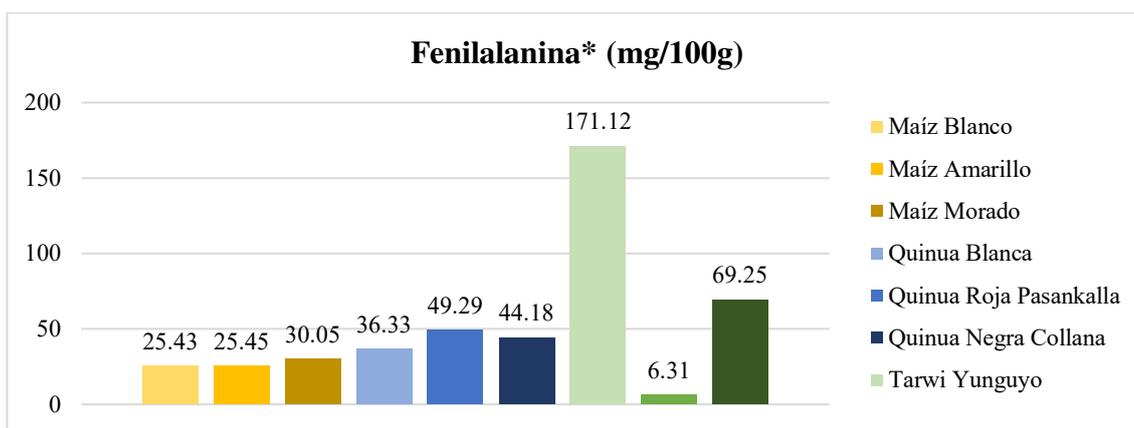


Figura 25 — Comparación de medias de Fenilalanina de las 9 variedades de granos andinos

- Isoleucina*:** La especie con mayor contenido fue el Tarwi y estadísticamente V₇=V₈ y V₈=V₉, siendo la V₇ (Tarwi Yunguyo) la de mayor contenido 129.13 mg/100g entre las nueve variedades, seguido de la especie Quinua, con variedades iguales estadísticamente, la V₅ (Quinua roja Pasankalla) 31.05 mg/100g tiene el valor mayor y los contenidos más bajos lo tiene la especie Maíz, estadísticamente la V₁=V₂=V₃, donde la V₁ (Maíz blanco) presenta 17.72 mg/100g siendo el contenido más bajo, como se observa en la siguiente figura y Anexo 4.13.

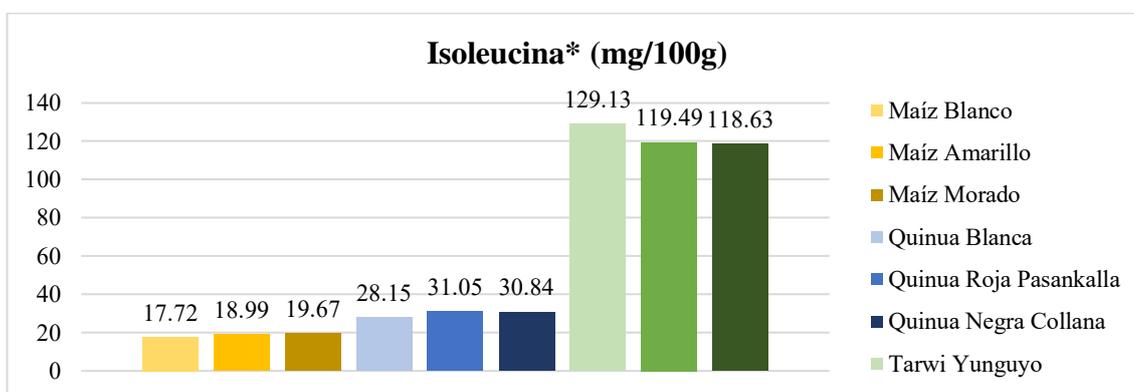


Figura 26 — Comparación de medias de Isoleucina* de las 9 variedades de granos andinos



- Leucina*:** Las variedades de las especies Maíz y Quinoa son estadísticamente iguales, y los de menor contenido, siendo la V₃ (Maíz morado) 85.88 mg/100g el de mayor valor entre las V₁ y V₂, respecto a los pseudocereales la V₅ (Quinoa roja Pasankalla) posee el contenido más elevado, 63.65 mg/100g sin embargo, el mayor contenido fue para la especie Tarwi, donde la V₇ (Tarwi Yunguyo) 294 mg/100g obtuvo el mayor valor entre las nueve variedades. (Figura 28 y Anexo 4.14)

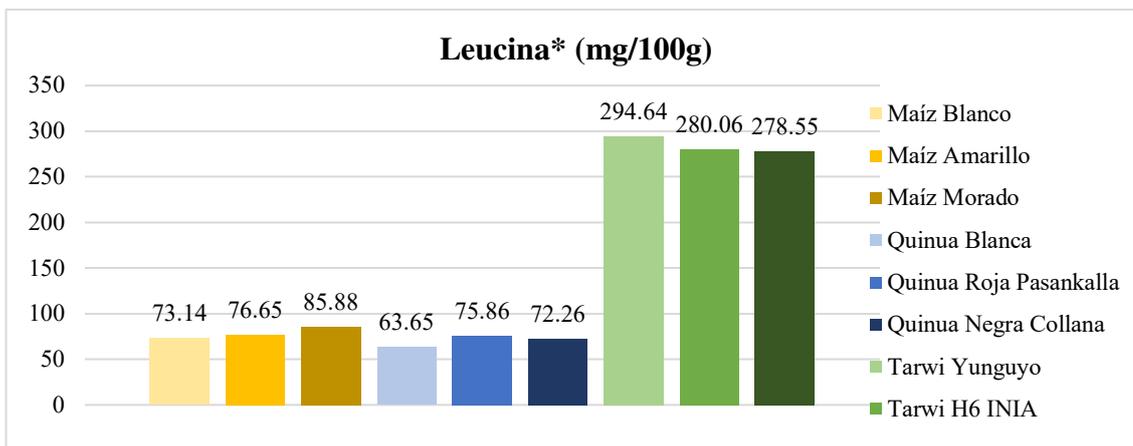


Figura 27 — Comparación de medias de Leucina* de las 9 variedades de granos andinos

- Lisina*:** La especie Tarwi reportó el mayor contenido entre las nueve variedades e igualdad estadística en sus variedades, la V₇ (Tarwi Yunguyo) presentó mayor concentración 369.49 mg/100g, seguido de la especie Quinoa, siendo la V₅ (Quinoa roja Pasankalla) con 111.93 mg/100g la de mayor valor y el contenido más bajo lo tuvo la especie Maíz, la V₂ (Maíz amarillo) 25.90 mg/100g presentó el menor valor de las 3 especies, tal como ilustra la Figura 29. (Ver Anexo 4.15)

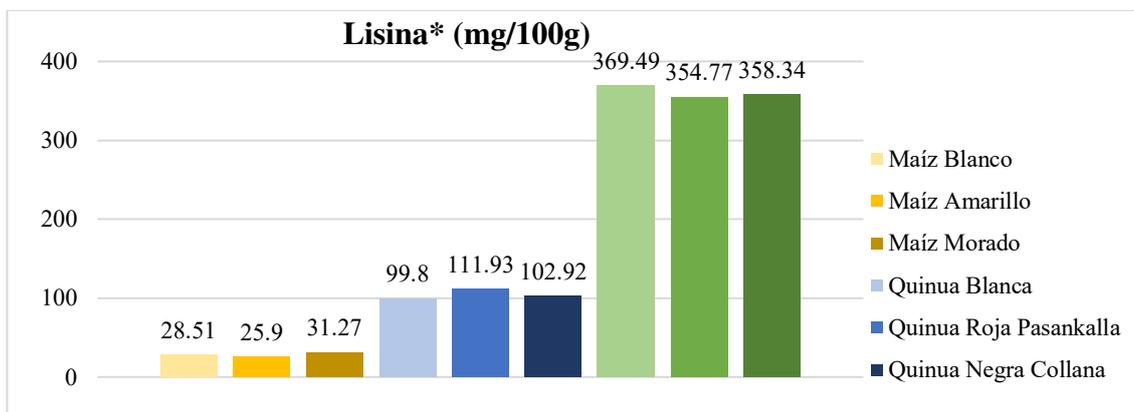


Figura 28 — Comparación de medias de Lisina* de las 9 variedades de granos andinos



- Prolina:** las variedades de las tres especies no difieren significativamente, y el contenido más alto fue mayor para la especie Quinoa, siendo la V₆ (Quinoa negra Collana) 14.45 mg/100g que reporta el mayor contenido, seguido de la especie Tarwi, siendo la V₉ (Tarwi Allqamari) la de mayor concentración 13.29 mg/100g y el menor valor reportó la V₂ (Maíz amarillo) con 2.55 mg/100g. (Ver Figura 30 Anexo 4.16)

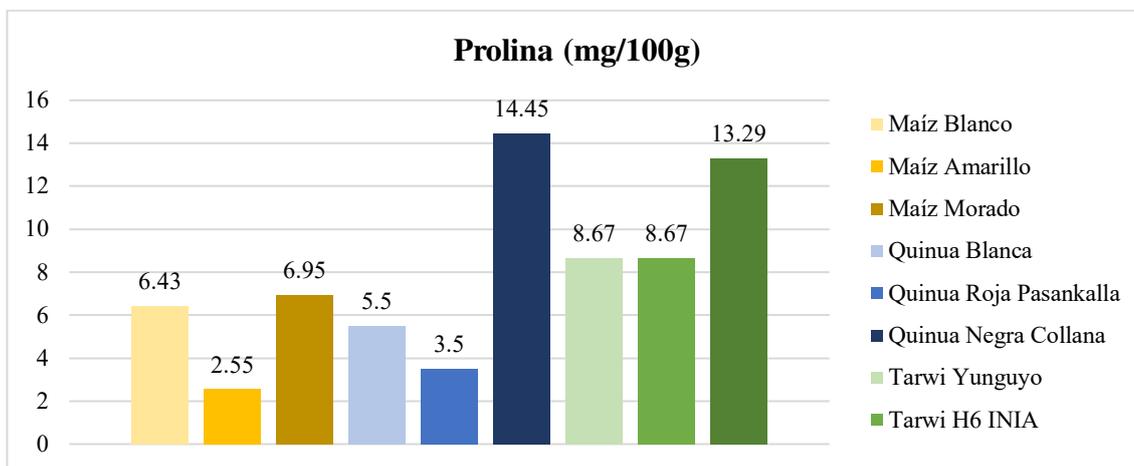


Figura 29 — Comparación de medias de Prolina de las 9 variedades de granos andinos

c) Composición Bioactiva de los granos andinos en tres variedades cada especie

Se determinó la composición bioquímica de tres especies y nueve variedades (Ver Tabla 16), se reportan los resultados en base seca. (Ver Tabla 22).

En la tabla 23, se muestra el análisis de varianza aplicado a los datos de análisis bioactivo, se observa que existe diferencia significativa entre las 9 variedades de los granos andinos.

Para la comparación de medias se utilizó la Prueba de Tukey del análisis bioactivo tanto para Polifenoles totales y Capacidad Antioxidante (Ver Anexo 5) el cual detallo en la Tabla 23:



Tabla 23 — Composición Bioactiva en Base Seca (B.S) de los granos andinos

Var.	Muestras	Polifenoles totales (mg Eq AG/100g)	Capacidad antioxidante (mg Eq Trolox CI50/100g)
V1	Maíz Blanco	130.14±2.04 ^{cd}	60.0±0.21 ^c
V2	Maíz Amarillo	126.51 ±1.77 ^{cd}	57.82±2.47 ^c
V3	Maíz Morado	373.19±19.13 ^{**e}	723.92±1.94 ^{**f}
V4	Quinoa Blanca	141.71±1.21 ^d	116.37±0.43 ^e
V5	Quinoa Roja Pasankalla	105.57±1.65 ^b	63.47±1.39 ^d
V6	Quinoa Negra Collana	115.86±0.61 ^{bc}	116.67±0.74 ^e
V7	Tarwi Yunguyo	33.79±0.29 ^a	12.06±0.13 ^{ab}
V8	Tarwi H6 INIA	32.33±0.44 ^{*a}	11.41±0.09 ^{*a}
V9	Tarwi Allqamari	43.74±0.53 ^a	15.22±0.21 ^b

Los valores presentados en la tabla representan el promedio de las 9 variedades con 3 repeticiones ± la desviación estándar.

(*) Valor más bajo entre todas las variedades.

(**) Valor más alto entre todas las variedades.

Tabla 24 — Análisis de Varianza de la Comp. Bioactiva de harina de granos andinos

Compuesto	Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Significancia
Polifenoles	Entre grupos	8	257458,718	32182,340	765.363	0.000
	Error	18	756,87	42,048		
	Total	26	258215,59			
Capacidad antioxidante	Entre grupos	8	1226361,29	153295,162	108747,9	0.000
	Error	18	25,373	1,410		
	Total	26	1226386,66			



Finalizado el Análisis ANOVA para los resultados de la composición bioactiva, las evidencias estadísticas muestran diferencia significativa de sus medias en la composición bioactiva de todos los compuestos, entonces se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a : $\mu_1 \neq \mu_k$, existe diferencia significativa en la composición bioactiva de las variedades de granos andinos, la comparación de medias se detalla en el **Anexo 8**.

- Polifenoles Totales:** Los valores más altos entre las nueve variedades lo tuvieron la V_3 (Maíz morado) 373.19 mg Eq AG/100g, siendo estadísticamente diferente a la, la V_1 y V_2 , los cuales contienen 126.51 mg Eq AG/100g y 130.14 mg Eq AG/100g respectivamente, seguido de la especie Quinua, la V_4 (Quinua blanca) contiene 141.71 mg Eq AG/100g siendo el de mayor entre sus variedades y estadísticamente $V_4 \neq V_5$ (roja Pasankalla) = V_6 (negra Collana), el menor contenido fue reportado en la especie Tarwi donde sus variedades no difieren estadísticamente, siendo la V_8 (Tarwi H6 INIA) 32.33 mg Eq AG/100g el menor contenido entre todas las variedades. (Ver Figura 30 y Anexo 5.1)

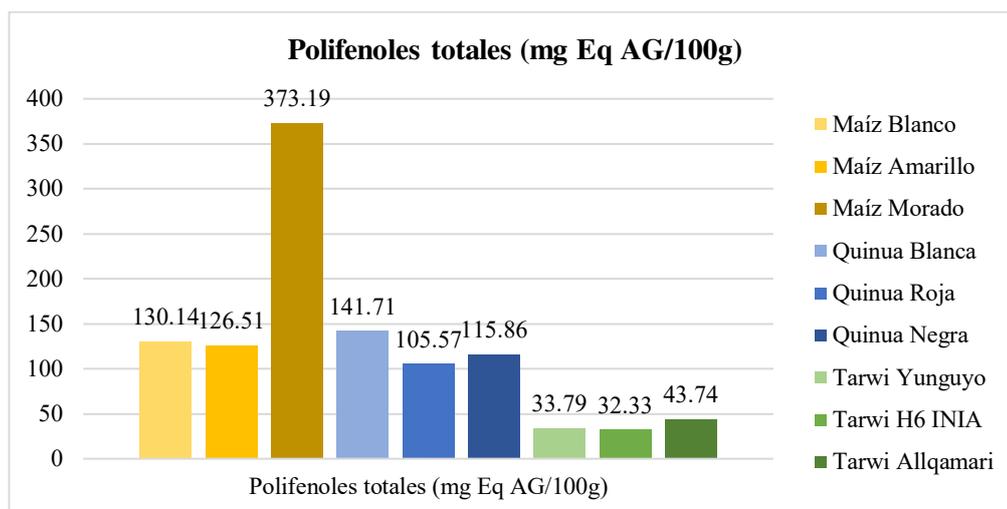


Figura 30 — Comparación de medias de Polifenoles de las 9 variedades de granos andinos

- Capacidad Antioxidante:** Se reportan los valores más altos entre las variedades de las tres especies, en las V_3 , V_6 y V_4 que corresponden a Maíz morado 723.92 mg/100g, Quinua negra Collana 116.67 mg/100g y Quinua blanca 116.36 mg/100g respectivamente, los contenidos más bajos fueron para la especie Tarwi, siendo la V_8 (Tarwi H6 INIA), 11.41 mg/100g el de menor valor y estadísticamente $V_9 \neq V_7 = V_8$. (Ver Figura 31 y Anexo 5.2)



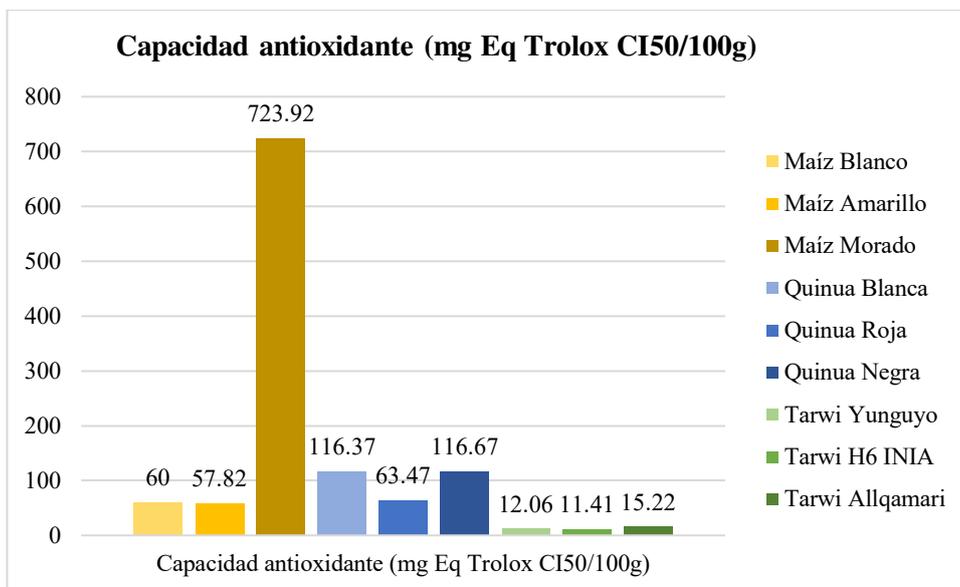


Figura 31 — Comparación de medias de Cap. Antioxidante de 9 variedades de granos andinos

d) Propiedades Tecnofuncionales de granos andinos en tres variedades cada especie

Se determinaron las propiedades Funcionales tecnológicas de tres especies y nueve variedades (Ver Tabla 16), los resultados se reportan en la Tabla 24.

El análisis de varianza aplicado a los datos de propiedades Funcionales tecnológicas se observa en la Tabla 25, donde se muestra que existe diferencia significativa entre las 9 variedades de los granos andinos.

Para la comparación de medias se utilizó la Prueba de Tukey para Polifenoles totales y Capacidad Antioxidante (Ver Anexo 6), el cual presento a continuación:



Tabla 25 — Propiedades Tecnofuncionales de la harina de los granos andinos

Var.	Propiedades Tecnofuncionales	Capacidad de Absorción de Agua (CAA) (g/g)	Capacidad de Retención de Agua (CRA) (g/g)	Capacidad de Hinchamiento (CH) (ml/g)	Solubilidad (S) (%)
V1	Maíz Blanco	1.85 ± 0.10 ^{*a}	2.19± 0.18 ^{*a}	0.87± 0.29 ^{*a}	82.44± 0.20 ^{ab}
V2	Maíz Amarillo	1.85 ± 0.19 ^a	2.59±0.23 ^{ab}	1.33±0.01 ^{ab}	83.18±1.37 ^{ab}
V3	Maíz Morado	2.08 ± 0.14 ^a	2.78±0.19 ^{ab}	0.92±0.07 ^a	79.94±0.36 ^{ab}
V4	Quinoa Blanca	2.23 ± 0.20 ^a	2.97±0.19 ^{abc}	2.25± 0.28 ^{cd}	73.84± 5.00 ^{*ab}
V5	Quinoa Roja Pasankalla	2.38 ± 0.01 ^a	3.56± 0.25 ^{bcd}	2.02±0.39 ^{bcd}	74.03±1.27 ^{ab}
V6	Quinoa Negra Collana	2.42 ± 0.38 ^a	2.91± 0.33 ^{abc}	1.57±0.36 ^{abc}	68.58±15.84 ^a
V7	Tarwi Yunguyo	3.55 ± 0.27 ^b	3.95± 0.87 ^{cd}	2.75± 0.56 ^{**d}	86.36± 1.85 ^{**b}
V8	Tarwi H6 INIA	3.70 ± 0.25 ^{**b}	4.13±0.14 ^{**d}	2.70±0.21 ^d	86.12±1.25 ^b
V9	Tarwi Allqamari	3.35 ± 0.10 ^b	4.05±0.32 ^d	2.75±0.19 ^d	84.97±2.64 ^b

Los valores presentados en la tabla representan el promedio de las 9 variedades con 3 repeticiones ± la desviación estándar. (*) Valor más alto entre todas las variedades.

Tabla 26 — Análisis de Varianza de las Propiedades Tecnofuncionales de la harina de los granos andinos

Propiedad	Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Significancia
CAA	Entre grupos	8	12,840	1,605	36,041	0,000
	Error	18	0,802	0,045		
	Total	26	13,642			
CRA	Entre grupos	8	11,737	1,467	10,790	0,000
	Error	18	2,447	0,136		
	Total	26	14,184			
CH	Entre grupos	8	14,013	1,752	18,542	0,000
	Error	18	1,700	0,094		
	Total	26	15,713			
S	Entre grupos	8	968,299	121,037	3,737	0,010
	Error	18	583,034	32,391		
	Total	26	1551,333			

Se analizó la Varianza de las Propiedades Tecnofuncionales de la harina de los granos, para lo que existe diferencia significativa de las medias de los resultados de las propiedades Tecnofuncionales, entonces se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a : $\mu_1 \neq \mu_k$.



Dado esto se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey (ver el Anexo 6).

A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

- Capacidad de Absorción de Agua (CAA):** La especie con mayor CAA fue el Tarwi, sus variedades V₇, V₈ y V₉ son estadísticamente iguales siendo la V₈ (Tarwi H6 INIA) 3.70 g/g el de valor más alto, las variedades V₁, V₂, V₃, V₄, V₅ y V₆ (especie Maíz y Tarwi) son estadísticamente iguales y tienen los valores más bajos, siendo la V₆ (Quinoa Negra Collana) 2.42 g/g la de mayor valor entre sus variedades, respecto a la especie Maíz, V₃ (Maíz morado) tuvo 2.08 g/g, el valor más alto entre sus variedades y el contenido más bajo entre las nueve variedades fue de la V₂ (Maíz blanco) 1.84 g/g, así como se muestra en la siguiente figura. (Ver Anexo 6.1).

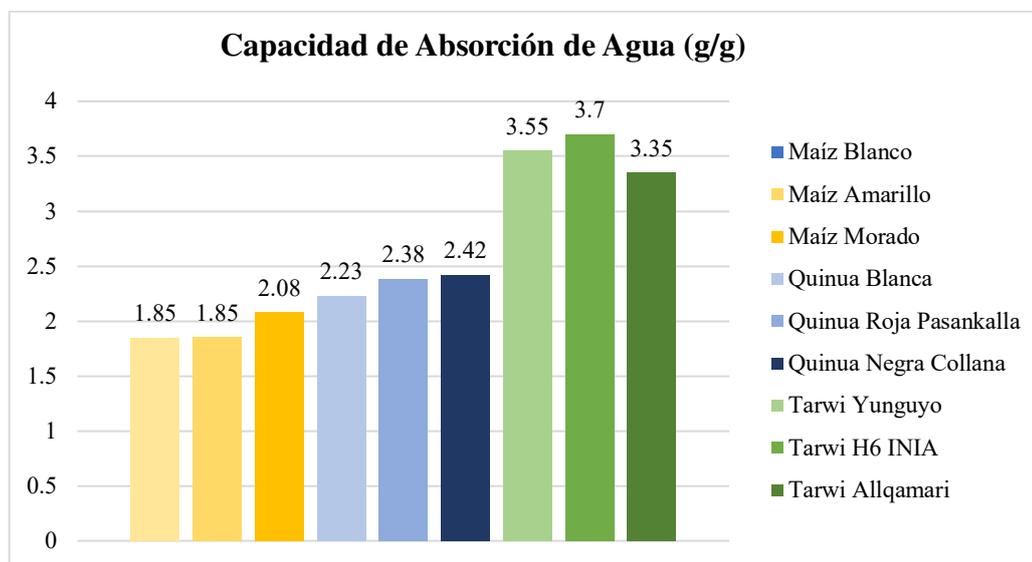


Figura 32 — Comparación de medias de CAA de 9 variedades de granos andinos

- Capacidad de Retención de agua (CRA):** El tarwi fue la especie con los mayores valores de CRA seguido de la Quinoa, siendo V₉, V₈, V₇ y V₅, estadísticamente iguales, así, la V₈ (Tarwi H6 INIA) 4.13 g/g tuvo el valor más alto entre las nueve variedades, le sigue la especie Quinoa, con la V₅ (Quinoa roja Pasankalla) 3.56 g/g, tuvo el mayor contenido entre sus variedades y los valores más bajos fue para las V₁, V₂ y V₃ de la especie maíz, siendo la V₁ (Maíz blanco) 2.19 g/g el valor más bajo. (Ver Anexo 6.2 y Figura 33).



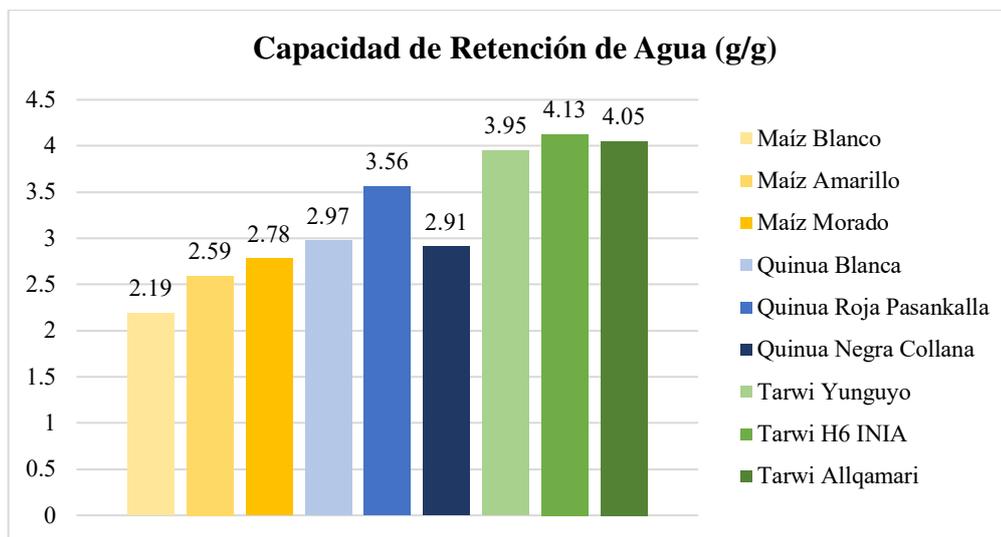


Figura 33 — Comparación de medias de CRA de 9 variedades de granos andinos

- Capacidad de Hinchamiento (CH):** las variedades de tarwi estadísticamente iguales fueron los que tuvieron mayor CH entre las nueve variedades, siendo la V₇ (Tarwi Yunguyo) 2.75 ml/g el de mayor valor, seguido de la especie Quinoa, es así que la V₄ (Quinoa Blanca) 2.25 ml/g tiene el mayor valor entre sus variedades y la menor CH se dio en las variedades del Maíz, que no difieren estadísticamente, siendo la V₁ (Maíz blanco) 0.86 ml/g el de mínimo valor de todas las variedades, tal como se ilustra en la siguiente figura. (Ver Anexo 6.3)

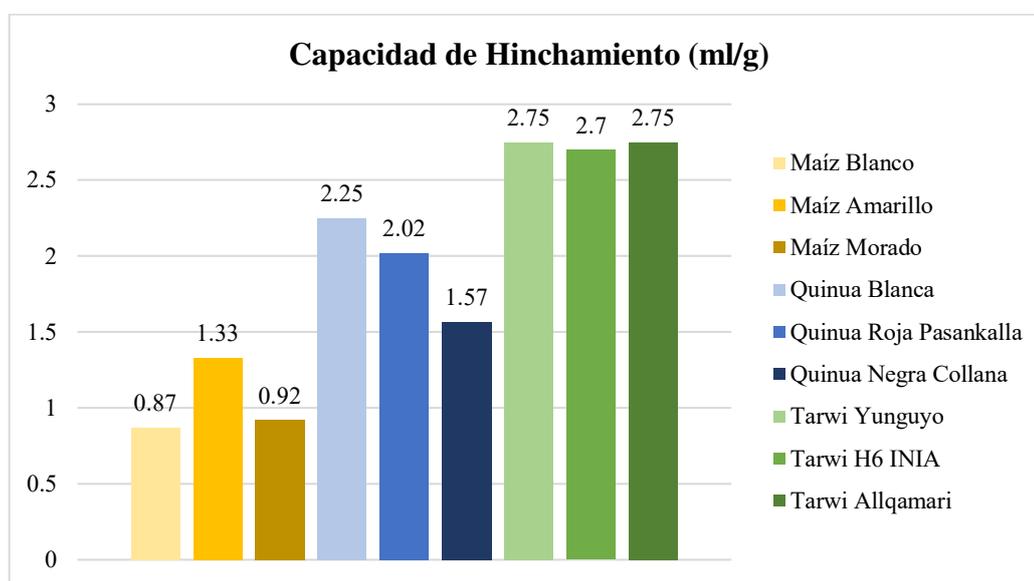


Figura 34 — Comparación de medias de CH de 9 variedades de granos andinos

- Solubilidad (S):** Las variedades V₄, V₅, V₃, V₁, V₂, V₉, V₈ y V₇ son estadísticamente iguales (especie Maíz, Quinoa y Tarwi), de los cuales el mayor porcentaje entre las 9 variedades lo tiene la V₇ (Tarwi Yunguyo) 86.36%, seguido de la especie Maíz,



siendo la V₂ (Maíz amarillo) 83.18% el valor más alto y finalmente la variedad con el porcentaje más bajo y que difiere estadísticamente de todas las variedades es la V₆ (Quinoa negra Collana) con 68.58 %, como se detalla en la figura a continuación. (Ver Anexo 6.4)

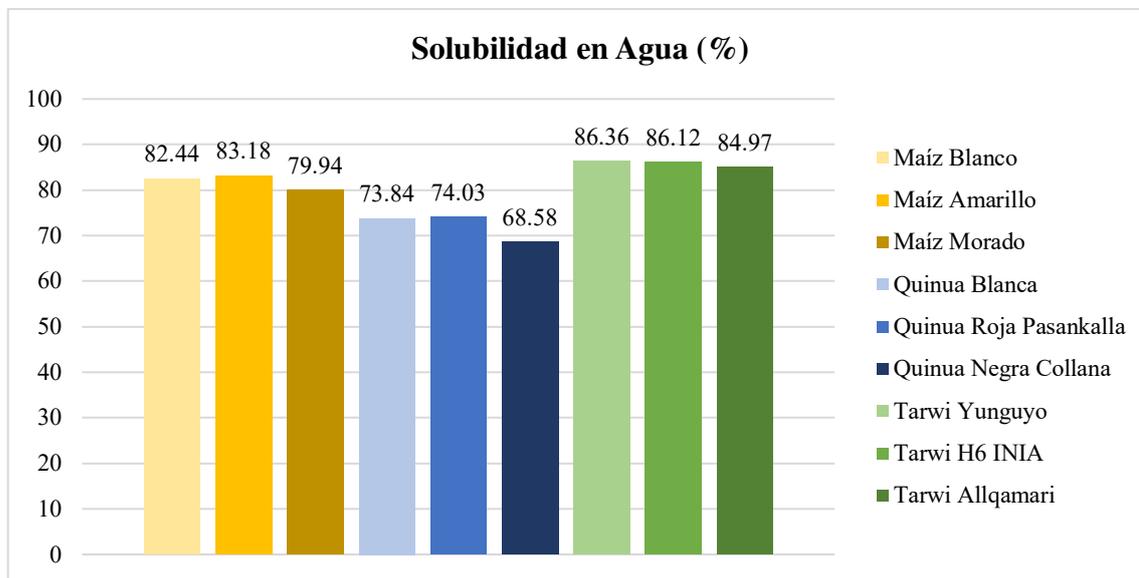


Figura 35 — Comparación de medias de Solubilidad (S) de 9 variedades de granos andinos

e) Contenido de Metales Pesados en la harina de granos andinos

Se determinó el contenido de Metales Pesados de tres especies y nueve variedades (Ver Tabla 16), los resultados se reportan en la Tabla 26.

El análisis de varianza aplicado a los datos de metales pesados se observa en la Tabla 27, donde se muestra que existe diferencia significativa entre las 9 variedades de los granos andinos.

Para la comparación de medias se utilizó la Prueba de Tukey tanto para Cadmio y Plomo (Ver Anexo 7) el cual preciso de la siguiente manera:

Tabla 27 — Contenido de Metales Pesados en Harina de Granos andinos

Var.	Muestras	Cadmio ppb/50 ml de sol	Plomo ppb/50 ml de sol
V1	Maíz Blanco	0.067 ^{*a}	6.325 ^c
V2	Maíz Amarillo	0.09 ^d	5.617 ^{*a}
V3	Maíz Morado	0.077 ^b	6.395 ^d
V4	Quinua Blanca	0.116 ^{**f}	6.542 ^f
V5	Quinua Roja Pasankalla	0.083 ^c	6.031 ^b
V6	Quinua Negra Collana	0.068 ^a	6.488 ^e
V7	Tarwi Yunguyo	0.092 ^d	8.408 ^{**i}
V8	Tarwi H6 INIA	0.108 ^e	7.722 ^h
V9	Tarwi Allqamari	0.077 ^b	6.558 ^g

Los valores presentados en la tabla representan el promedio de las 9 variedades.

(**) Valor más alto entre todas las variedades. (*) Valor más bajo entre todas las variedades.

Tabla 28 — Análisis de Varianza de metales pesados de harina de granos andinos

Metales	Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Significancia
Cadmio	Entre grupos	8	0,007	0,001	858,83	0,0000
	Dentro de grupos	18	0,000	0,000		
	Total	26	0,007			
Plomo	Entre grupos	8	17,698	2,212	2580109,80	0,000
	Dentro de grupos	18	0,000	0,000		
	Total	26	17,698			

Se analizó la Varianza del contenido de metales pesados de las harinas de los granos, para lo que el P-valor < 0.05, entonces se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a : $\mu_1 \neq \mu_k$, existe diferencia significativa entre las variedades. Dado esto se continuó con la prueba de comparación de medias de Tukey (ver el **Anexo 6**).

Se describen los resultados:



- Cadmio (Cd):** Se tiene la mayor cantidad en la especie Quinoa, donde la V₄ (Quinoa blanca) 0.116 ppb/50 ml de sol. reporta el valor más alto, seguido de la especie Tarwi, siendo la V₈ (Tarwi H6 INIA) 0.108 ppb/50 ml de sol el valor más alto. y el menor contenido de Cd lo tiene la V₁ (Maíz blanco) con 0.067 ppb/50 ml de sol respecto a todas las variedades. (Ver Gráfica 36 y Anexo 7.1.)

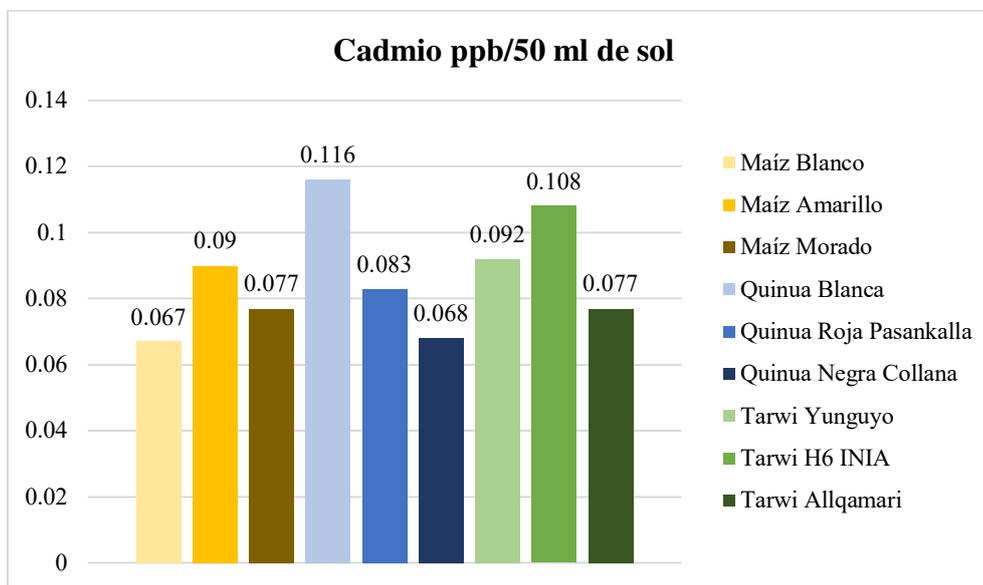


Figura 36 — Comparación de medias de Contenido de Cd de 9 variedades de granos andinos

- Plomo (Pb):** En el Anexo 7.2. se muestra a la especie Tarwi con los valores más altos, siendo la V₇ (Tarwi Yunguyo) el que tiene mayor contenido, 8.408 ppb/50 ml de sol, seguido de la especie Quinoa, donde la V₄ (Quinoa blanca) 6.542 ppb/50 ml de sol tiene la mayor cantidad de Pb y el menor contenido lo tiene la especie Maíz, siendo la V₂ (Maíz amarillo) 5.617 ppb/50 ml de sol el de menor contenido, así como se ilustra en la siguiente gráfica.

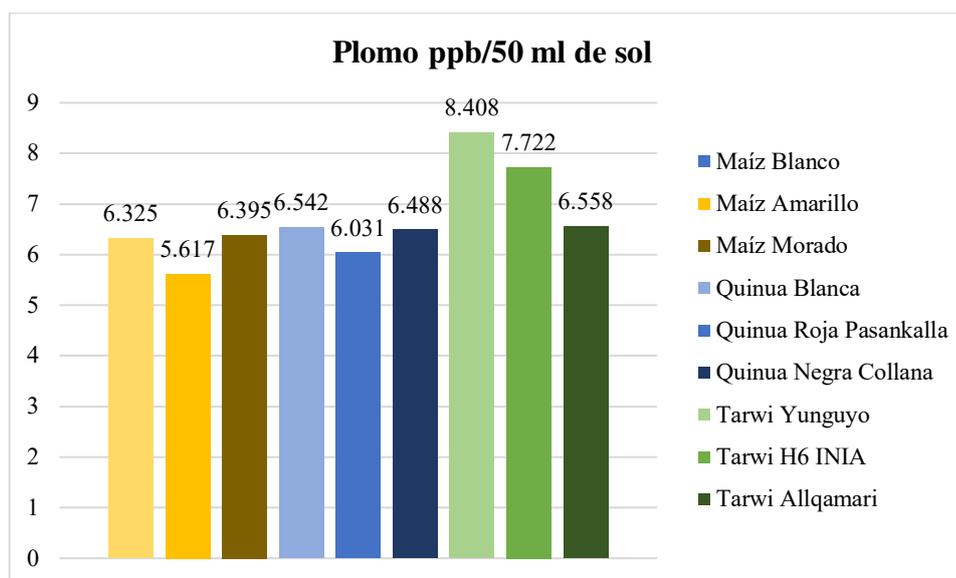


Figura 37 — Comparación de medias de Contenido Pb de 9 variedades de granos andinos

5.2. Contratación de Hipótesis

Hipótesis General: Existen diferencias en la composición nutricional, componentes bioactivos y propiedades funcionales tecnológicas de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Maíz (*Zea mays*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) de la región Apurímac.

La hipótesis general para su contrastación se compone de la siguiente manera:

a) Composición fisicoquímica

Hipótesis secundaria 1

Existen diferencias en los contenidos de humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra, carbohidratos, calcio, fósforo y hierro de las tres variedades de granos andinos.

Contratación de la hipótesis secundaria 1

Ho: La composición nutricional, bioactiva y propiedades tecnofuncionales de las nueve variedades de granos andinos, son similares. $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_9$

Ha: Al menos una variedad de los granos andinos difiere en la composición nutricional, bioactiva y propiedades Tecnofuncionales. $\mu_1 \neq \mu_k$

Según la tabla 22 de Análisis de Varianza de la Composición fisicoquímica de los granos andinos, existen diferencias significativas ya que el grado de significación es menor que 0,05; entonces se rechaza la Ho.

La hipótesis secundaria 1, queda así:

Existe diferencia en la composición nutricional de las nueve (9) variedades de granos andinos.

b) Perfil Aminoacídico

Hipótesis secundaria 2

Existen diferencias en los aminoácidos ácido aspártico, ácido glutámico, serina, histidina*, glicina, treonina*, arginina, alanina, tirosina, valina*, metionina*, fenilalanina*, isoleucina*, leucina*, lisina* y prolina de las tres variedades de granos andinos.

Contrastación de la hipótesis secundaria 2

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_9$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_k$$

Según la tabla 25 de Análisis ANOVA del Perfil Aminoacídico de los granos andinos, para Prolina no hay diferencia significativa porque la significancia > 0.05 , entonces se acepta la H_a , mientras que los demás aminoácidos tienen diferencias significativas porque el p-valor $< 0,05$, y aceptamos la H_0 .

La hipótesis secundaria 2, queda así:

El aminoácido Prolina es similar en las 9 variedades de los granos andinos, mientras que los demás aminoácidos difieren entre sí.

c) Composición bioactiva

Hipótesis secundaria 3

Existen diferencias en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de las tres variedades de granos andinos.

Contrastación de la hipótesis secundaria 3

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_9$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_k$$



Según la tabla 28 de Análisis de Varianza de la Composición Bioactiva de los granos andinos, existe diferencia significativa porque el p-valor $< 0,05$, por lo tanto, se acepta la H_a .

La hipótesis secundaria 3, queda así:

Los contenidos de polifenoles y capacidad antioxidante difieren para las nueve (9) variedades de granos andinos.

d) Propiedades Funcionales tecnológicas

Hipótesis secundaria 4

Existen diferencias significativas en la Capacidad de Absorción de agua (CAA), Capacidad de Retención de Agua (CRA), Capacidad de Hinchamiento (CH) y Solubilidad (S) de las tres variedades de granos andinos.

Contrastación de la hipótesis secundaria 4

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_9$

$H_a: \mu_1 \neq \mu_k$

Según la tabla 30 de ANOVA, para las Propiedades funcionales tecnológicas de los granos andinos, existe diferencia significativa porque el p-valor $< 0,05$ y rechazamos la H_0 .

La hipótesis secundaria 4, queda así:

Las propiedades tecnofuncionales, CAA, CRA, CH y S, no son similares para las nueve (9) variedades de granos andinos.

5.3. Discusión

a) Discusiones: Composición Nutricional de los granos andinos

En la Tabla 19 se presentan los resultados de la composición fisicoquímica de las 9 variedades de granos andinos en estudio.

- **Humedad:** Los reportes de humedad fueron distintos de acuerdo al tipo de grano, el Tarwi obtuvo valores similares a los reportados por QUISPE (2015), ya que sus resultados son 8.7% y 8.9% para las variedades Yunguyo y H6 INIA respectivamente, por otro lado, RUÍZ (2019) obtuvo 8.12% de humedad en



harinas de tarwi. La quinua presenta un porcentaje entre 9.16 y 10.8, que se encuentra dentro del rango reportado por AGUILAR (2017) (10.20%-11.41%) y de la NTP 205.062 (Máx. Humedad: 13.5%); la humedad del Maíz variedad amarillo y blancos reportados en la presente investigación coinciden con los resultados de VALLE et al., (2019) 10.13-10.5%, el maíz morado contiene 11.28% de humedad y se encuentra dentro del rango del BID – maíz morado, Requisitos Técnicos de acceso a EE.UU (Máx. 15%).

- **Proteína:** Los contenidos de proteína en Tarwi obtenidos (Ver Tabla 19), son cercanos a reportes de otros autores. QUISPE (2015) en su estudio de diez genotipos de Tarwi, reporta valores entre 35.8% a 45.5%, en el que resalta la variedad Yunguyo, al igual que en nuestra investigación, y el porcentaje de proteína de Tarwi Allqamari supera al resultado obtenido por TAPIA (2015), que reporta en su trabajo 44.3% de proteína en Tarwi y La Tabla Peruana de composición de alimentos (2017) reporta un contenido de 49.6 g/100g en harina de chocho. Las diferencias pueden ser, por una característica propia de la leguminosa, la gran capacidad de adaptación y por lo tanto, absorción de nitrógeno (Ortega et al, 2010), por la variedad estudiada, la procedencia, además, durante los últimos años, muchos de los genotipos del lupino fueron modificados genéticamente ARAUCO (2011).
- En el estudio realizado por QUISPE (2015) se obtiene que las variedades analizadas de *Lupinus mutabilis* sin deslupinizar presentan proteína cruda entre 41% y 47% mientras que los desamargados presentaron entre 35.8 % a 53.1%, este incremento (alrededor de un 20%) es debido a la disminución de la materia seca, es decir la merma de los carbohidratos solubles, fibra soluble, oligosacáridos, flavonoides, alcaloides y minerales, lo cual depende del tiempo de proceso del desamargado, a mayor tiempo mayor será la pérdida de componentes. (MOSTAFA, et al., 2013)
- Frente a otras legumbres el contenido de proteína de Tarwi es superior, ya que, en caso de la soya, contiene 32% de proteína (MINSA, 2019)

El resultado obtenido en la especie Quinua es similar a lo encontrado en investigaciones previas, ARZÁPALO Y HUAMAN (2014) reportan 12.6% Q.



Roja Pasankalla, 11.1% para Q. Negra Collana, contenidos que son inferiores a los reportados en la presente tesis y según las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos – TPCA (2017) la Q. Blanca contiene 12.5% de proteína, que es superior al nuestro.

Los contenidos más bajos son los de la especie Maíz, (6.74%-8.25%) siendo el M. amarillo de mayor porcentaje, de acuerdo con la TPCA, el M. Blanco tiene un 5.90% de Proteína, el M. Amarillo tiene un 6-7% y el M. morado 7.3%, para ÁLVAREZ (2016), el M. blanco posee en su composición 6.54%, el M. amarillo 4.27% y el M. morado 7.3%, se encuentra diferencia notable con los autores, ya que nuestros resultados son superiores. Según AGUILAR (2017), el contenido de proteínas difiere notablemente entre los cereales inclusive entre la misma especie debido al genotipo cultivado y las condiciones ambientales que afectan el desarrollo y maduración de los frutos.

- **Grasa**, Los valores reportados más altos, fueron V1 (Maíz blanco) 6.14%, V4 (Quinoa Blanca) 8.74% y V9 (Tarwi Allqamari) 28.76%, de los cuales el Tarwi contiene mayor contenido Graso de las 3 especies mencionadas (Tabla 19 y Anexo 3.3), de acuerdo ÁLVAREZ (2016), el maíz blanco contiene 7.67%, el M. Amarillo 6.36% y M. morado contiene 4.07%, el autor reporta porcentajes mayores en V1 y V2, pero no en la V3, para AGUILAR (2017) la variedad Roja Pasankalla contiene 8.29% y la Negra collana 6.62%, y VALENZUELA et al (2015), reporta 6.77% para Quinoa Blanca Inia Salcedo, para quinoa nuestro resultado es mayor en comparación con resultados de otros autores, QUISPE (2015) reporta 21.3 % Tarwi Yunguyo, 19.8% para H6 INIA, indiscutiblemente existe variación en todas las especies, a lo cual el mismo autor afirma que el método de desamargado o deslupinizado ocasiona disminución en el contenido graso (hasta un 10%), además las variaciones en las otras especies tienen explicación por los diversos cultivares de la materia prima de acuerdo con GONZALES (2012).
- **Ceniza**, según nuestros resultados en b.s (Tabla 19), los contenidos son similares a lo reportado por otros autores, la especie con mayor contenido de Cenizas es la Quinoa Roja Pasankalla, seguido de Tarwi H6 INIA y por último Maíz morado. Los valores de la Quinoa se encuentran dentro de lo establecido por la NTP (2009), que indica que el valor máximo es 3.5%. Para PADRÓN (2015) en base seca, la



Q. blanca INIA Salcedo obtuvo 2.38%, la Q. Roja Pasankalla 3.15%, lo cual demuestra que nuestros resultados son superiores a la referencia, AGUILAR (2017) menciona que la existencia de variación puede estar influenciada por dos razones, primero, las condiciones de cultivo como los componentes del suelo en el que se cultivados, los fertilizantes aplicados y segundo, la lixiviación de los compuestos inorgánicos solubles al momento de realizar el desaponificado, considerando que nuestras muestras pasaron por este proceso. Para nuestra Leguminosa en estudio, QUISPE (2015) reporta 2.5 % de cenizas en base seca en el T. H6 INIA, 3.2% en el T. Yunguyo, valores que son ligeramente superiores a los conseguidos en la presente, el mismo autor detalla que el proceso de desamargado acuoso de las muestras de Tarwi, pueden generar variaciones entre variedades de una misma especie.

El contenido de ceniza en Maíz, también posee leve grado de superioridad frente a los resultados de ÁLVAREZ (2016), M. Blanco 1.49%, M. Amarillo 1.29% y M. Morado 1.42, La variación de minerales se atribuye a las condiciones de cultivo del grano (EDOGBANYA, 2016).

- **Para el caso de la fibra**, el Tarwi Yunguyo tiene mayor contenido, 7.42%, seguido de la Quinoa Blanca 6.72% y el Maíz Amarillo 2.32%. (Anexo 3.5) Los valores para quinua son superiores a los obtenidos por ARZÁPALO y HUAMÁN (2014) que, reportan 4.84%, 3.96% y 3.6% de las variedades Blanca, Roja y Negra correspondientemente, nuestra investigación reporta entre 5.74 y 6.71%, las TPCA (2017) indica que la Q. blanca contiene 2.2% y no presenta valores para Q. roja y Q. negra, siendo así, nuestros valores superan significativamente a la referencia y esta diferencia puede estar causada por la cantidad de compuestos que constituyen las paredes celulares de los grano. QUISPE (2015) reporta contenido de fibra cruda en Tarwi desamargado H6 INIA 18.4% Y T. Yunguyo 11.4%, valores que indiscutiblemente son superiores en más del 80%, esta diferencia podría deberse a la diferente metodología del deslupinizado ya que QUISPE (2015) indica que el genotipo *L. mutabilis* posee mayor fibra soluble (pectinas, gomas y mucílagos) que la insoluble, es así que la m.s se reduce y la fibra aumenta porcentualmente.

Para ÁLVAREZ (2016) el maíz Blanco contiene 2.97% de fibra cruda, el M. Amarillo 7.79% y el M. Morado contiene 3.32%, en la presente investigación



los contenidos son menores, y según EDOGBANYA (2016), las características fisicoquímicas varían por los efectos de los factores edafológicos, genéticos y climáticos.

- **Carbohidratos:** Nuestros resultados de Maíz oscilan entre 84.73% - 85.75%, liderando respecto a las demás variedades, MEX-ÁLVAREZ (2016) en su estudio de 6 variedades de maíz obtiene de 70.91% a 75.07%, siendo el maíz amarillo y morado de mayores contenidos, coincidiendo con nuestro reporte, pero siendo inferiores a nuestros resultados. Estos macronutrientes son componente mayoritario de los cereales, es por ello que los maíces son las muestras con más contenido de Carbohidratos, ROSLI, (2013) indica que los cereales son fuente de energía primaria por su gran aporte de calorías metabolizables. A la vez, las características organolépticas, referidas al sabor son influenciadas por el porcentaje de Carbohidratos, ya que brinda dulzura al cereal. Para ARZÁPALO (2014) las muestras de Q. Blanca, Q. Roja y Q. Negra, oscilan entre 90.96% y 93.5%, dichos valores comparados con los obtenidos en la investigación son mayores en un 20% aproximadamente, esto varía de acuerdo las condiciones ambientales, además del proceso para la obtención de la harina. WANG *et al.*, (2007) citado por ARZÁPALO (2014).

QUISPE (2015) obtuvo para T. H6 INIA, 24.6% de carbohidratos y para T. Yunguyo 30.0%, valores inferiores comparados con los resultados de la presente investigación, las leguminosas estudiadas presentan alto contenido de carbohidratos, y esta es la forma en la que estas especies almacenan la glucosa, que son bastante afectadas por las condiciones climáticas de desarrollo y maduración. (RUÍZ, 2019).

- **Calcio (Ca):** Los valores más altos de Calcio en cada especie son Tarwi H6 INIA, 113.66 mg/100g, Quinoa Negra Collana 106.17 mg/100g y por último el Maíz morado 16.57 mg/100g de acuerdo con la Tabla 19 y Anexo 3.7), la Tablas PCA (2017) indica que las especies en harina, Chocho contiene 93 mg Ca/100g, Quinoa tiene 104 mg Ca/100g y maíz 64 mg Ca/100g, no indica valores de las variedades estudiadas, nuestros resultados son superiores comparando con la Quinoa y el Tarwi pero el Maíz difiere de lo reportado anteriormente. QUISPE (2015) reportó que el tarwi contiene 100.56 mg/100g, que comparado con la Arveja (98.54 mg/100g) los valores de Tarwi son superiores. AGUILAR (2017)



obtiene 85.0 mg Ca/100g para Quinoa, mientras nosotros reportamos contenidos mayores, de esta manera aportando aproximadamente el 75% de lo requerido diariamente de acuerdo al Instituto Nacional de la Salud (2019).

- **Fósforo (P):** AGUILAR (2017) en su estudio de composición nutricional de la quinua, obtiene 178.1 mg/100g mientras que, en nuestra investigación, la Quinoa oscila entre 398.09 y 430.95mg/100g, el MINSA (2014) citado por QUISPE (2015) reporta 48.79 mg/100g de Fósforo en Tarwi y ORTEGA et al., obtiene 124 mg/100g, mientras nosotros reportamos Tarwi (463.67 - 487.89 mg/100g). Por último, en el caso de Maíz, MARTINEZ et al., (2017) obtuvo 295.19 mg/100g como promedio de 50 variedades de Maíz, en la presente tesis oscilan entre 290.27 a 387.96mg/100g, es así que obtuvimos valores sumamente altos a comparación con los autores, dicha diferencia puede justificarse por las diferentes condiciones de cultivo, así como el tipo de suelo y la adición de fertilizantes. (AGUILAR, 2017) Por otro lado, los valores de Fósforo en la especie Tarwi, obtenidos en el presente estudio alcanzan el requerimiento diario en niños por cada 100 gr de alimento (450 mg P) (INS, 2019).
- **Hierro (Fe),** de acuerdo con la Tabla 19 y Anexo 3.9, los contenidos de hierro oscilan entre 0.29 y 5.28 mg/100g, donde los valores más altos lo tienen la Quinoa blanca y roja a excepción de la variedad negra que contiene 1.003 mg/100g, en las TPCA (2017) reporta 9.65mg/100g para harina de quinua, sin especificar variedad, PADRÓN (2015) obtiene 4.57 mg/100g en Quinoa Blanca y trigo 3.52 mg/100g, datos que son inferiores a nuestro resultado y comparada con el trigo la quinua es rica en (Fe). Las leguminosas tienen más hierro que lo reportado QUISPE (2015) 4.28 mg/100g. MARTINEZ (2017) en su estudio de 50 variedades de maíz obtiene un promedio de 1.27mgFe/100g, el cual es inferior al resultado de la presente investigación. Los contenidos de hierro en el Tarwi Allqamari y la Quinoa roja alcanzan aproximadamente la mitad del requerimiento en niños (10 mgFe/día), (INS, 2019) por el contrario el maíz morado mostró déficit de este mineral en su composición.

En la Tabla 22 se muestran los resultados del perfil aminoacídico de las harinas de los granos andinos.

El perfil aminoacídico contiene 17 aminoácidos, de los cuales 9 son esenciales: histidina, treonina, arginina, Valina, Metionina, Fenilalanina, Isoleucina,



Leucina y Lisina, RANGEL *et al* (2003) citado por LAURENTE (2016) indica que los aminoácidos esenciales (A.E) no son sintetizados o producidos por nuestro organismo, por lo tanto, deben ser incluidos en la dieta, caso contrario se generan daños en la salud.

Se puede apreciar los resultados en la Tabla 22, donde el Tarwi, resalta por tener alto contenido de Á. Glutámico, Serina, Glicina, Alanina y Lisina*, en el caso del maíz fueron Á. Glutámico, Glicina, Alanina y Leucina*, respecto a la Quinoa, fueron Á. Glutámico, Glicina, Alanina y Lisina*. De acuerdo con LAURENTE (2016) el aminoácido con mayor contenido en Tarwi es el Á. Glutámico, al igual que en la presente investigación. El hecho de que la lisina* sea uno de los aminoácidos resaltantes en todas las muestras es un indicador positivo, ya que, este aminoácido no es muy abundante en los vegetales, su importancia radica en que es participe de las funciones principales para el desarrollo celular en el cerebro humano. (RANGEL, *et al.* 2003)

El primer aminoácido limitante (A.A de menor cantidad) es la Prolina, y la Quinoa Negra es la que más contenido tiene frente a las demás muestras, el segundo aminoácido limitante es la Tirosina los cuales son aminoácidos no esenciales, y el tercer aminoácido limitante es la Metionina* que es un A.E, de acuerdo con el reporte de LAURENTE (2016), indica a la Metionina* y Prolina como aminoácidos limitantes en las muestras que Tarwi que estudió. BORJA (2014) reporta en su trabajo de investigación el contenido de aminoácidos del lupino (mg/g de proteína de lupino) con: tirosina 37, arginina 98, leucina 74, serina 52, treonina 38, lisina 55, ácido glutámico 227, isoleucina 45, alanina 37, histidina 27, glicina 43, fenilalanina 38, cistina 14, prolina 42, ácido aspártico 113, valina 42 y metionina 8. Reportando la metionina como aminoácido limitante y los de mayor presencia en el grano fueron el ácido aspártico y ácido glutámico de esta manera la presente tesis concuerda con las bibliografías.

MANSILLA (2018), en su estudio del valor nutricional de maíces reporta que el maíz contiene mayormente A. Glutámico, Arginina*, Alanina y Leucina*, que se asemeja a lo reportado en la presente tesis. Respecto al Maíz MIRANDA *et al.*, (2012) indica que la quinoa es rica en Fenilalanina*, Leucina*, Lisina y Valina, nuestros resultados concuerdan respecto al alto contenido en Leucina*.



b) Discusiones: Composición Bioactiva de los granos andinos

En la **Tabla 25**, se reportan los resultados de las muestras desgrasadas de la composición bioactiva de las nueve variedades en estudio; las antocianinas son compuestos liposolubles e hidrosolubles de acuerdo con CANO y ARNAO (2004). En el estudio de Zumo de naranja, encontraron que la muestra posee actividad antioxidante y que esa es causada por antocianinas hidrosolubles y por ello es recomendable desgrasar las muestras para evitar la interferencia de la grasa en los análisis ya que, no siempre se analizan compuestos hidrosolubles.

- Polifenoles:** El Tarwi contiene entre 31.53 y 40.58mg Eq AG/100g de Polifenoles totales, mientras que CÓRDOVA, *et al.* (2020) reporta 1.24 mg Eq AGE/g b.s. en muestras desengrasadas al igual que en la presente investigación, el contenido de Polifenoles para Quinoa oscila entre 115.86 ay 141.71mg Eq AG/100g, AGUILAR (2017) obtuvo 59.87 mg Eq AGE/g en quinua blanca, 80.42 mg Eq AGE/g en quinua negra y 97.49 mg Eq AGE/g en quinua roja, datos que son muy bajos a comparación de nuestro reporte, TANG et al (2015) reportan que las variedades Pasankalla y Collana poseen altas concentraciones de polifenoles y capacidad antioxidante comparados con la variedad blanca, cuando en nuestra investigación se observa de manera contraria. Para el caso del Maíz blanco y morado, 130.14 y 373.19 mg Eq AG/100g respectivamente. SERNA *et al.*, (2013) obtuvo 29 μ mol equivalentes Trolox/g para maíz morado, y 17.5 μ mol equivalentes Trolox/g para el maíz blanco, lo cual es bastante similar a comparación con nuestros resultados.
- Capacidad Antioxidante:** De acuerdo con LIU *et al.*, (2019) los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante se encuentran relacionados proporcionalmente, es decir a menor cantidad de compuestos fenólicos una menor capacidad antioxidante. Esta relación se observa en nuestra investigación en todas las muestras. La Capacidad antioxidante del maíz morado es el más alto en la tesis, 723.92 mg Eq Trolox CI50/100g. De acuerdo a la tesis de QUISPE (2015) la capacidad antioxidante del tarwi oscila entre 33.6 y 40.3 mg Eq Trolox CI50/100g, valores que duplican los resultados obtenidos en nuestra investigación, la quinua varía de 63.47 a 116.67 mg Eq Trolox CI50/100g, de acuerdo a DÍAZ (2016) la variedad negra obtuvo 47.4, siendo muy baja a comparación de nuestro resultado, dicha diferencia en granos se atribuye



factores como la genética, procesos agrotécnicos y las condiciones ambientales (YU, 2003).

c) **Discusiones: Propiedades funcionales tecnológicas de los granos andinos**

Los resultados se detallan en la **Tabla 28**.

- **Capacidad de Absorción de Agua (CAA):** la variedad Maíz morado tiene el valor más alto respecto a los maíces, con un valor de 2.08 g/g, referente a las muestras de Quinoa, el valor más alto es para Quinoa Negra Collana con 2.42 g/g y el valor más alto de las variedades de Tarwi es para el Tarwi H6 INIA, con 3.70g/g, y de esta manera es la variedad de Tarwi la que tiene mayor cap. de Absorción de agua de todas las muestras de granos andinos, seguido de Quinoa y finalmente el Maíz. RODRÍGUEZ *et al.*, (2012) consigue 2.31 g/g para la quinoa, VEGAS (2017) obtiene 4,37 g H₂O absorbida/g sólidos en el Tarwi, se entiende que los datos coinciden para la Quinoa, sin embargo, para el Tarwi el valor de la referencia es poco más alto, esto puede variar por el contenido protéico y por la variedad de Tarwi estudiado. La capacidad de absorción e agua es una propiedad funcional de las proteínas, fundamentalmente en las materias primas de alimentos viscosos como sopas, salsas, masas y alimentos horneados, es decir en los procesos en los que es importante la existencia de una buena interacción proteína-agua. (ABUGOCH , 2006)
- Respecto a la **Capacidad de Retención de Agua (CRA)**, BERMUDEZ (2017), obtiene en su investigación un 3.5 g/g en Quinoa mientras en la presente tesis se obtuvo 3.56 g/g para quinoa, donde nuestro resultado es coherente de acuerdo a lo citado, BREÑA (2018) reporta que la CRA para el Tarwi fue de 3.41 g/g, de esta manera los datos coinciden con la bibliografía, la importancia de una adecuada CRA, se debe a que es un indicativo del comportamiento de las proteínas, de esta manera se encaminan a ser utilizadas para productos de panadería, industrias cárnicas y geles alimentarios; además la calidad final del producto depende de esta propiedad (MERCADO, 2012), de igual manera, la textura de múltiples alimentos, especialmente en embutidos, carnes molidas y productos de panadería. BARAC *et al.*, (2010)



- **Solubilidad (S):** El mayor contenido lo tiene el T. Yunguyo con 86.36% seguido de M. Amarillo con 83.18% y por último la Q. Blanca con 73.84%, valores que superan los reportados por ARZÁPALO (2014), donde obtiene entre 4.9% y 5.0 % de Solubilidad en almidones de tres variedades de Quinua, pero tiene mucho sentido ya que las muestras de harina con mayor contenido son aquellas que resaltaron por su valor protéico. De acuerdo con BREÑA (2014), el Tarwi tiene una solubilidad de 87.74%, valor muy cercano al reportado en la presente investigación. La solubilidad de las proteínas del tarwi es importante para la aplicación en el tipo de proceso alimentario. MOLINA et al. (2013) afirman que esta propiedad es necesaria para la producción de alimentos donde la proteína debe encontrarse en forma de solución, brindando propiedades gelificantes, emulsificantes y espumantes. CASTEL (2010) confirma lo anterior, de la solubilidad depende el comportamiento funcional de las proteínas y su aplicación en alimentos procesados, cuidando el estado fisicoquímico de las moléculas, ya que son vulnerables al calentamiento, procesamiento, secado y condiciones de almacenamiento.

LÓPEZ (2014) propone métodos para medir la capacidad emulsionante de las proteínas, basándose en la capacidad de absorción agua-aceite que mide su afinidad, ya sea hidrófilo o lipófilo; entonces, se determinará la tendencia de la solubilidad (liposoluble o hidrosoluble).

Es importante mencionar que, la mezcla de agua y sustancias hidrofóbicas generan un proceso termodinámicamente no favorable. La energía libre es positiva con los solutos de baja solubilidad, este descenso de entropía ocurre debido a las especiales estructuras que forma el agua en el grupo de estos compuestos apolares incompatibles (hidratación hidrofóbica). Dado que la hidratación hidrofóbica es termodinámicamente perjudicial, es comprensible que el agua tienda a reducir su asociación con los compuestos apolares. De esta manera, se estimulará la asociación en un ambiente acuoso incompatible, cuando haya dos grupos apolares separados, con lo cual se reduce el área interfacial agua-apolar, proceso que es termodinámicamente favorable. Este proceso, que es una hidratación hidrofóbica parcialmente invertida, se conoce como, Interacción hidrofóbica.

Puesto que entre el agua y los grupos apolares existe en una relación opuesta, las propias estructuras del agua minimizan el contacto con grupos apolares. El tipo de estructura del agua que se piensa existe en la capa próxima a grupos apolares.



Un aspecto de la relación contraria entre el agua y los grupos hidrófobos es: la asociación del agua con los grupos hidrófobos de las proteínas, por lo tanto, un producto con contenido graso puede ser Soluble, como es el caso del Tarwi en la investigación presente, que a pesar de contener altos porcentajes de grasa la propiedad de solubilidad es alta entre las 3 especies en estudio. (FENNEMA, 2001)

- En cuanto a la **Capacidad de Hinchamiento** el Maíz Amarillo tiene la mayor Capacidad de Hinchamiento (CH) con un valor de 1.33ml/g, referente a la Especie de Quinoa se tiene a la Quinoa Blanca con mayor CH, 2.25ml/g y por último se observa a la especie Tarwi, donde variedad con mayor CH, es el Tarwi Yunguyo con 2.75 ± 0.56 ml/g, mientras que VEGAS (2017) obtiene 3.8ml/g, valor levemente más alto al dato obtenido en la presente investigación, esto puede ser debido a que el estudio del autor citado no se realizó con la misma variedad del Tarwi. Por otro lado, ANDRADE *et al.*, (2012) establece que la presencia de aminoácidos polares (moléculas con afinidad por el agua) en la estructura proteica beneficia el poder de hinchamiento de las harinas. Parte de los aminoácidos polares presentes en el tarwi, quinoa y maíz se encuentran lisina* y treonina*, dato que se corrobora con los resultados de la presente tesis, y se tiene que uno de los aminoácidos con mayor contenido en las tres muestras de harinas, fue la Lisina*.

d) **Discusiones: Contenido de metales pesados de los granos andinos**

Referido al contenido de metales pesados, el contenido de Cadmio (Cd) entre las variedades de Maíz, es más alta para el Maíz Amarillo con 0.09 ppb/50 ml de sol, y CUEVAS y WALTER (2004) reportan que en los granos de maíz no se detectó Cadmio. En el caso de las variedades de Quinoa se tiene a la Quinoa Blanca con 0.116 ppb/50 ml de sol., mientras que ALCOCER Y HUAMÁN (2018) analizaron Quinoa y obtuvieron 0.175 ppm, valor mucho más alto que lo obtenido en la presente tesis, esta diferencia puede deberse a la procedencia y exposición de las muestras antes del análisis, ya que, las muestras estudiadas por el autor citado son muestras obtenidas del mercado La Victoria, mientras que nuestra muestra fue colectada en la misma parcela de cultivo; respecto a la especie Tarwi se tiene al Tarwi H6 INIA con 0.108 ppb/50 ml de sol., siendo el contenido más alto entre sus variedades, sin embargo ninguna de las variedades exceden el límite máximo permisible dados por



MERCOSUR y La Unión Europea, que indica que el LMP de Cadmio en alimentos debe ser 0.10 ppm.

En lo referido al Contenido de Plomo (Pb), se tiene al Maíz morado con el contenido más alto respecto a las variedades de Maíz, con un valor de 6.395 ppb/50 ml de sol., la Quinoa Blanca con un contenido de 6.542 ppb/50 ml de sol., que corresponde al más alto en la especie Quinoa, y respecto a la especie Tarwi, es el Tarwi Yunguyo el que tiene mayor contenido, con 8.408 ppb/50 ml de sol., siendo así este último la muestra con mayor contenido de Pb en comparación con las 8 variedades restantes, seguido de Quinoa Blanca y por último el Maíz Morado, de acuerdo con MERCOSUR y La Unión Europea los límites máximos permisibles para Plomo 0.20 ppm, a lo que nuestros granos andinos no sobrepasan, por lo tanto las muestras son aptas para el consumo humano.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se determinó la composición nutricional de tres especies y nueve variedades de granos andinos. El potencial nutricional corresponde a la especie Tarwi ya que, resalta en el contenido protéico, grasa, fibra, calcio, fósforo y contiene aminoácidos esenciales. Los granos con alto contenido de Hierro fueron los de la Quinoa, alcanzando la mitad del requerimiento diario de los niños en edad de desarrollo, por lo tanto, el consumo de estos dos granos favorece en la mitigación de la anemia y desnutrición en nuestra región Apurímac.
- Se evaluó la bioactividad mediante el contenido de Polifenoles y Capacidad Antioxidante en los granos andinos, pero es el Maíz morado el que destaca respecto al contenido bioactivo, por lo tanto, esta variedad es fuente importante de compuestos que benefician la salud mediante la prevención de enfermedades degenerativas.
- Las propiedades Tecnofuncionales (CAA, CRA, CH y S) son predominantes en el Tarwi, por lo tanto, esta especie podría ser incorporada en la formulación de productos cárnicos, panificación y geles de igual manera se pueden utilizar en la formulación de bebidas donde se requiere alta solubilidad, adicionalmente pueden ser utilizados en procesamiento de alimentos que requieren propiedades de gelificación, emulsificación y formación de espuma.
- Las muestras estudiadas presentaron bajos niveles de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), los cuales no sobrepasan los Límites máximos permisibles impuestos por MERCOSUR y La Unión Europea (0.10 ppm para Cd y 0.20 ppm para Pb), lo que indica que probablemente los lugares de procedencia de las muestras no se encuentran contaminados por lo tanto los granos son aptos para el consumo humano.



6.2. Recomendaciones

- Se recomienda continuar con el estudio de estos granos andinos revalorando su potencial nutricional y bioactivo tales como el Tarwi Allqamari.
- Formular productos innovadores con los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Realizar ensayos biológicos aprovechando la potencialidad de los granos andinos estudiados.
- Implementar los laboratorios con materiales y equipos que permitan realizar estudios de forma integral.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(INEI), Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2020. *Perú: Panorama Económico Departamental*. Lima : INEI, 2020.

(IPE), INSTITUTO PERUANO DE ECONOMÍA. 2021. [ipe.org.pe](https://www.ipe.org.pe). [En línea] IPE, 25 de Mayo de 2021. [Citado el: 13 de Julio de 2021.] <https://www.ipe.org.pe/portal/apurimac-desnutricion-cronica-y-anemia/>.

(MINAGRI), Ministerio de Agricultura. 2017. *Anuario Agrícola*. Lima : MINAGRI, 2017.

(MINAGRI), Ministerio Nacional de Agricultura. 2019. Plan Nacional de Cultivos 2019, Campaña Agrícola 2019-2020. [ed.] Jenny Miriam Acosta Reátegui. Lima, Perú : MINAGRI, 2019. Vol. I.

ABUGOCH , L, y otros. 2008. *Estudio fisicoquímico y propiedades funcionales de las proteínas de Quinoa*. s.l. : Journal of Agricultural and Food, 2008. 56(12): 4745–4750.

agricultura, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y. 2013. [FAO.org](https://www.fao.org/3/ab489s/AB489S04.htm). [En línea] 2013. <https://www.fao.org/3/ab489s/AB489S04.htm>.

AGRORURAL. 2019. Ministerio de Desarrollo Agrario Riego - AGRORURAL. [En línea] 2019. <https://www.agrorural.gob.pe/sede/direccion-zonal-apurimac/>.

AGUILAR Angulo, Luis Alexander. 2015. *Evaluación del rendimiento del grano y capacidad simbiótica de once accesiones de Tarwi, bajo condiciones de Otuzco - La Libertad*. Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015.

AGUILAR Izquierdo, Julio César. 2017. *Componentes bioactivos y valor nutricional de tres variedades de harina de quinua malteada*. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2017.

AGUILERA Ortiz, Miguel, y otros. 2011. *Propiedades funcionales de las Antocianinas*. México : Revista Biotecnía, 2011. Vol. 13.

ALCÁZAR Del Castillo, Jorge. 2004. *Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias*. Cusco : CP Ingeniería Agroindustrial, 2004. 9972-9639-0-X.



ALCOCER Santivañez, Eneth Elizabeth y HUAMÁN Huamán, Edtih Cindy. 2018. *Determinación de Arsénico, Cadmio, Plomo y Mercurio en Quinoa expendida en los mercados de La Victoria, Enero 2018.* Lima : Universidad Norbert Wiener, 2018.

ANCCO Rojas, PORFIRIO. 2019. Caracterización de los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en los frutos silvestres de *Citharexylum dentatum* D. Don (Yanali) y *Hesperomeles escalloniifolia* Schldl (Capachu). Andahuaylas : Universidad Nacional José María Arguedas, 2019.

ANDRADE, M, Tapia, D y Menegalli, F. 2012. *Propiedades fisicoquímicas, térmicas y funcionales de harina de Achira.* 2012. 64: 348-358.

APARICIO. 2014. *Obtención de almidón resistente por tratamiento en autoclave a partir de almidón de plátano modificado: Caracterización fisicoquímica, morfológica y estructural.* México : Instituto Politécnico Nacional, 2014.

ARAUCO. 2011. *Caracterización de la variabilidad fenotípica y componentes de rendimiento de colecciones de tarwi de la región central de Perú.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2011.

ARZAPALO Quinto, Doyla Leonora y HUAMÁN Cóndor, Katty Betza. 2014. *Extracción y caracterización de almidón de tres variedades de Quinoa Negra Collana, Roja Pasankalla y Blanca Junin.* Tarma : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.

BARAC, M, y otros. 2010. *Perfil y propiedades funcionales de proteínas de seis genotipos de semillas de Arveja.* s.l. : International Journal of Molecular Sciences, 2010. 11(12): 4973-4990.

BERMUDEZ Naranjo, Diego. 2017. *Evaluación tecnológica de la harina de quinua, variedad piartal como espesante alimentario obtenido bajo diferentes condiciones de proceso.* Bogotá : Universidad de La Salle, 2017.

BERNAL, C, LEAL, A y GARZÓN , J. 2008. *Obtención a escala de Laboratorio de octenilsuccinato aluminico de almidón de Quinoa con miras a su utilización en producto cosmético.* Bogotá : Fundación Universidad de América Colombia, 2008.

BORJA Lozano, Jackelyn Elena. 2014. *Obtención de péptidos bioactivos de Lupinus mutabilis (tarwi) mediante proteasas de Bacillus sp.* Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2014.



BORJA, J. 2014. *Obtención de péptidos bioactivos de Tarwi mediante proteasas de Bacillus sp.* Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2014.

BREÑA Díaz, Daniel Ángel. 2018. *Obtención de un aislado protéico de torta de Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y la evaluación de sus propiedades tecnofuncionales.* Lima : UNALM, 2018.

BREÑA Díaz, Daniel ángel. 2018. *Obtención de un aislado protéico de torta de tarwi y evaluación de sus propiedades tecno-funcionales.* Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018.

CAMARENA Mayta, Félix, y otros. 2012. *Revaloración de un cultivo subutilizado chocho o tarwi, Lupinus mutabilis Sweet.* Lima : Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica., 2012. 978-9972-50-140-1.

CARVAJAL Larenas, F E, LINNEMAN R, Anita y ROBERT Nout, M J. 2015. *Lupinus mutabilis Sweet: Composition, Uses, Toxicology, And Debittering.* Quito : s.n., 2015.

CASTEL, M. 2010. *Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto.* Buenos Aires : s.n., 2010.

CÓRDOVA Ramos, Javier, y otros. 2020. *Efecto del proceso tecnológico sobre la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales del lupino andino.* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2020. 11(2): 157 – 165 (2020).

CUEVAS , Gabriela y WALTER, Ingrid. 2004. *Metales pesados en Maíz cultivado en suelo enmendado con diferentes dosis de copost de lodo residual.* Madrid : Univeersidad Autónoma de México, 2004. 0188-4999.

DIRESA, Dirección Regional de Salud de Apurímac. 2019. *Informe anual de porcentajes de Anemia y desnutrición en niños y gestantes del año 2018.* Abancay : DIRESA, 2019.

EDOGBANYA, P. 2016. *Estudio comparativo de la composición proximal de las partes comestibles de Adansonia digitata L. Obtenido de Zaria, Estado de Kaduna. Nigeria.* Nigeria : Journal of Biology, 2016. 1: 1–6.

FAO, Food and Agricultural Organization of the United Natios -. 2013. PÁGINA WEB FAO. [En línea] 2013. <http://www.fao.org/home/es/>.



GONZALES Cortés, Nicolás y et al.,. 2016. *Características y propiedades del maíz (Zea mays L.)*. México : s.n., 2016. Vol. 7.

GORE, Gobierno Regional de Apurímac-. 2020. PÁGINA WEB REGIÓN APURÍMAC. [En línea] 2020. <http://www.regionapurimac.gob.pe/2013/transparencia/wp-content/uploads/2020/12/ORDENANZA%20REGIONAL%20N%20015-2020-GR-APURIMAC.CR.pdf>.

Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades del color de las harinas de Quinua y Chontaduro. **DUSSÁN Sarria, Saúl, HURTADO Hurtado, Deysi y CAMACHO Tamayo, Jesús. 2019.** Bogotá : Scielo, 2019, Vol. 30 (5).

GUIZAR. 2014. *Obtención y caracterización física y química del almidón de Camote de Cerro.* México : IPN, 2014.

JAYASENA, V, CHIH, H y NASAR, S. 2010. *Functional Properties Of Sweet Lupin Protein Isolated And Tested At Various Ph Levels.* s.l. : Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2010. Vol. 6.

KLUPSAITE, D y JUODEIKIENE, G. 2015. *Composición y Propiedades funcionales de Extracto de Proteína.* s.l. : Kauno Technologies University Review, 2015. Vol. 19.

LAURENTE Flores, Yeny Roxana. 2016. *“Obtención del concentrado protéico y deteminación del perfil de aminoácidos de dos variedades de Tarwi.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2016.

LAURENTE Flores, Yeny Roxana. 2016. *Obtención de concentrado protéico y determinación del perfil de aminoácidos de dos variedades de Tarwi.* Puno : Universidad Nacional del Altiplanno, 2016.

LIU, R y Shi, L. 2019. *Effect of reffining process on physicochemical parameters, chemical compositions and in vitro antioxidants activities of rice bran oil.* s.l. : LWT-Food Science and Technology, 2019. 109: 26-32.

LÓPEZ Hernandez, Orestes Darío y NAVAS Enríquez, Vanessa Alexandra. 2017. *Obtención de un hidrolizado enzimático de harina de chocho (Lupinus mutabilis Sweet).* Ambato : Universidad Técnica de Ambato, 2017.



Lupinus mutabilis Sweet, a traditional Ecuadorian grain: Fatty acid composition, use in the Ecuadorian food system and potencialfor reducing malnutrition. **BERTI, P, y otros. 2013.** Ecuador : Global Advanced Research Journal of Agricultural Science, 2013, Vol. 2 (6).

MERCADO Romero, J. 2012. *Obtención de un aislado protéico a partir de tortas de Sacha Inchi y evaluación de sus propiedades tecnofuncionales.* Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2012.

MERCOSUR. 2012. *Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Límites Máximos de contaminantes inorgánicos en Alimentos.* Asunción : Resolución MERCOSUR/GMC/RES. N°12/2011, 2012.

MEX Álvarez, R y et al.,. 2016. *Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del estado de Campeche (México).* México : Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 2016. 12 (2): 74-80, 2016.

MEX Álvarez, R, y otros. 2013. *Actividad antioxidante de cinco variedades de maíz cultivadas en Campeche :* Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 2013. 0717 7917.

MOLINA, C, Lucas, M y Jover, M. 2013. *Evaluation of the potential of Andean lupin meal as an alternative to fish meal in juvenile *litopenaeus vannamei* diets.* 2013. 4(10):148-156.

MUZQUIZ, M, y otros. 2011. *Composición química de un nuevo *Lupinus* species found En sdolor, *Lupinus mariae-josephi* H. Pascual (Fabaceae).* Madrid : Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), 2011. 1695-971-X.

OLOWALANA , C y Coker , H. 2014. *Efecto comparativo de la composición proximal, minerales y propiedades funcionales de la germinación de maíz blanco y amarillo.* s.l. : Tendencias emergentes en Ingeniería, 2014. 5(7): 111-115.

OMS. 2011. Organización Mundial de la Salud - OMS. [En línea] 2011. https://www.who.int/vmnis/database/anaemia/anaemia_data_status_t2/es/.

ONSAARD, E, POMSAMUD, P y AUDTUM, P. 2010. *Functional Properties Of Sesame Protein Concentrates From Sesame Meal.* s.l. : Asian Journal Of Food an AgroIndustry, 2010. Vol. 3.



ORTEGA , Davi Eduar, y otros. 2010. *Caracterización de semillas de lupino (Lupinus mutabilis) sembrado en los Andes de Colombia.* Palmira : s.n., 2010. Vol. 59. 0120-2812.

PORRAS , J, y otros. 2013. *Comparative study of functional properties of protein isolates obtained from three Lupinus species.* s.l. : Advances in Bioresearch, 2013.

QUINTERO Dueñas, Ana María. 2014. *Vigilancia competitiva de la quinua: Potencialidad para el departamento de Boyacá.* Boyacá : Elsevier Doyma, 2014. Vol. 5.

QUISPE Sanca, David. 2015. *Composición Nutricional de diez genotipos de Lupino desamargados por proceso acuoso.* Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015.

RANGEL, A, y otros. 2003. *Funcional propieties of purified vicilins from cowpea and pea and cowpea protein isolate.* s.l. : Journal Agriculture Food Chemycal, 2003. 51: 572 – 579.

RANGEL, Alessandra, y otros. 2003. *Propiedades funcionales de vicilinas purificadas de caupí (Vigna unguiculata) y guisante (Pisum sativum) y aislado de proteína de caupí.* s.l. : J Agric Food Chem, 2003.

REYES García , Maía, Gómez-Sánchez Prieto, Iván y Espinoza Barrientos, Cecilia. 2017. *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos.* Lima : Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2017.

RODRÍGUEZ Sandoval, Eduardo, Lascano, Alexandra y Sandoval, Galo. 2012. *Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua y papa en las propiedades termodinámicas y de panificación de masas.* 2012. 15(1): 199 - 207, 2012.

ROMO, Sandra, y otros. 2006. *Potencial nutricional de harinas de quinua (chenopodium quinoa w) variedad piartal en los andes colombianos primera parte.* Colombia : s.n., 2006. Vol. 4. 1692-3561.

ROSLI, W. 2013. *The ability of zea mays ears (young corn) powder in enhancing nutritional composition and changing textural properties and sensory acceptability of yeast bread.* s.l. : International Food Research Journal, 2013. 20: 799–804.

RUIZ Aguilar, Nelson Adolfo. 2019. *Determinación del contenido nutricional en harinas de chocho, gandul y zarandaja como fuentes de carbohidratos y minerales.* Ambato - Ecuador : Universidad Técnica de Ambato, 2019.



SALCEDO Chávez, Beatriz, y otros. 2002. *Optimización del método de precipitación isoeléctrica para la obtención de aislados proteicos de semillas de amaranto (Amaranthus cruentus)*. México : Journal Agricultural Food Chemistry, 2002.

SERNA Saldivar, Sergio, y otros. 2013. *Potencial nutracéutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión*. Monterrey : Universidad Autónoma de Sinaloa, 2013.

SERNA Saldivar, Sergio, y otros. 2013. *Potencial nutraceutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión*. México : Revista Fitotecnia Mexicana, 2013. Vol. 36. 0187-7380.

SUCA, G. 2016. *Potencial de Tarwi como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo Agroindustrial*. Lima : Revista Peruana de Química e Ingeniería, 2016. Vol. 18.

SUQUILANDA Valdivieso, Manuel. 2018. *Producción Orgánica de Cultivos Andinos. Producción Orgánica de Cultivos Andinos (Manual Técnico)*. Abancay : Ministerio de Agricultura y Riego, 2018.

TAPIA, Mario E. 2016. *El estado de Arte en el Perú sobre Chocho, Tarwi o Tauri*. Lima : Universidad Agraria La Molina (UNALM), 2016.

UNICEF. 2020. UNICEF PÁGINA WEB OFICIAL. *UNICEF PÁGINA WEB OFICIAL*. [En línea] 2020. <https://www.unicef.es/noticia/que-es-la-desnutricion>.

VALENCIA, Zanhy, y otros. 2017. *Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (Chenopodium quinoa W.)*. Lima : s.n., 2017. 1810-634X.

VEGAS Niño, Rodolfo, IRIS Zavaleta, Amparo y VEGAS Pérez, Carlos. 2017. *Efecto del Ph y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de semillas de Tarwi*. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2017.

VILLACRECES, N. 2011. *Evaluación del procesamiento artesanal del chocho sobre el consumo de agua, tiempo empleado y la calidad nutricional y microbiológica*. Quito - Ecuador : Universidad San Francisco de Quito., 2011.

VIRGINIA Castel, María. 2010. *"Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto"*. Ciudad Santa Fe : Universidad Nacional del Litoral, 2010.



ANEXOS



ANEXO I

PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES EN MUESTRAS DE HARINA DE GRANOS ANDINOS.

1. SOLUBILIDAD EN AGUA (S.A)

La S.A se determinó de acuerdo con los métodos de Zhang et al. (2009) y Chen et al. (2014). Las harinas de las muestras fueron homogenizadas con agua destilada al 1% (peso/volumen) se llevó a calentar hasta 90°C por 25-30 minutos en baño maría con agitación, seguidamente se enfría la solución a temperatura ambiente y se procede a centrifugar a 3000 rpm por 30 minutos, el líquido sobrenadante se extrae en un recipiente para eliminarse. Luego el tubo con los sedimentos se seca en una estufa a 105°C por 2 horas. Seguidamente se pesa para realizar los cálculos.

Se calcula el porcentaje de solubilidad en agua con la siguiente ecuación:

Los resultados se expresan en (%).

$$SA = \left(\frac{m_2}{m_1} \right) * 100$$

Donde:

m₁: Peso seco inicial de la muestra (g)

m₂: Peso seco de la muestra después de la evaporación del agua (g)

2. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (CAA) Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

5. Ambos análisis CAA y CRA, fueron determinados de acuerdo a la metodología descrito por Ma y Mu (2016).
6. Se usó 200 mg de Harina de cada una de las muestras de granos andinos, luego se hidrató con agua destilada (20 ml), se utilizan tubos cónicos y se agita hasta homogenizar la mezcla.

Para la Cap. Absorción de Agua, las muestras hidratadas se dejan a temperatura ambiente por una hora, luego las muestras se centrifugan a 3000 RPM por 10



minutos y luego se elimina el sobrenadante, para culminar se pesan los tubos para realizar los cálculos.

Para la Cap. Retención de Agua, las muestras se almacenan a 37°C por 18 h. Finalizado el tiempo, las muestras se centrifugan a 3000 RPM por 10 minutos y luego se elimina el sobrenadante, se realiza el pesado correspondiente y se proceden con los cálculos.

Los cálculos se realizan utilizando la siguiente ecuación, los resultados se expresan en (g) de agua absorbida o retenida por (g) de materia seca (g/g).

$$CAA = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} ; CRA = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1}$$

Donde:

m₁: Peso seco de la muestra (g)

m₂: Peso de la muestra húmeda (g)

3. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (CH)

7. La CH se determinó de acuerdo al método de Ma y Mu (2016) y Requena et al. (2016). Se pesó 100 mg (0.1g) de muestra en tubos que poseen graduación volumétrica de 0.2 ml, se agregan 15 ml de agua destilada. Se agitan las muestras hasta conseguir homogeneidad, luego se almacenan por 18 horas a temperatura de ambiente. Culminado el tiempo se realiza la verificación visual del aumento de volumen y se apuntan los valores.
8. Los resultados fueron calculados con la siguiente ecuación y fueron expresados en ml de agua por gramo de materia seca (ml/g).

$$CH = \frac{V2 - V1}{m}$$

Donde: V1: Volumen de la muestra seca (ml), V2: volumen de muestra hidratada (ml), m: peso de muestra seca (g).



ANEXO II

**REPORTES DE ANEMIA Y DESNUTRICIÓN EN NIÑOS (<5 AÑOS) EN
APURÍMAC**

**REPORTE DE ANEMIA EN NIÑOS MENORES DE 05 AÑOS EN APURÍMAC-
DIRESA**

RESUMEN POR PROVINCIA NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS CON ANEMIA								
Provincia	Anemia	An. Leve	An. Moderada	An. Severa	Normal	Total Tamizados	Total Anemia	Prevalencia
Abancay	18	830	346	5	4141	5340	1199	22.5%
Andahuaylas	50	1978	829	3	7759	10619	2860	26.9%
Antabamba	0	63	36	0	614	713	99	13.9%
Aymaraes	1	134	33	0	1539	1707	168	9.8%
Chincheros	11	531	245	8	2328	3123	795	25.5%
Cotabambas	108	859	406	4	2835	4212	1377	32.7%
Grao	4	244	108	1	1059	1416	357	25.2%
Apurímac	192	4639	2003	21	20275	27130	6855	25.3%

Extraído de Dirección Regional de Apurímac - DIRESA (2018)

**REPORTE DE DESNUTRICIÓN CRÓNICA EN NIÑOS MENORES DE 05 AÑOS EN
APURÍMAC– DIRESA**

NIÑOS < 3 AÑOS CON DESNUTRICION CRÓNICA - PROVINCIAS					
Provincia	D. Crónico	Excluido	Normal	Total general	% DC
Abancay	778	27	5544	6349	12,3%
Andahuaylas	1858	7	6546	8411	22,1%
Antabamba	126	0	368	494	25,5%
Aymaraes	250	1	963	1214	20,6%
Chincheros	766	13	2337	3116	24,6%
Cotabambas	1026	17	3260	4303	23,8%
Graú	250	1	902	1153	21,7%
Apurímac	5054	66	19920	25040	20,2%

Extraído de Dirección Regional de Apurímac - DIRESA (2018).

CORTE SALUD PÚBLICA DESNUTRICIÓN CRÓNICO	
< 20%	Prevalencia baja
20-29.9%	Prevalencia mediana
30-39.9%	Prevalencia alta
≥ 40%	Prevalencia muy alta

ANEXO III

**PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS – TUKEY DEL ANÁLISIS
FISICOQUÍMICO, BIOACTIVO, TECNOFUNCIONAL Y METALES PESADOS**

3.1. HSD TUKEY: HUMEDAD

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
V7	3	6,7000						
V8	3		7,0900					
V9	3		7,2200					
V4	3			9,1600				
V2	3				9,5800			
V1	3					10,2900		
V6	3					10,4300		
V5	3						10,8000	
V3	3							11.2800
Sig.		1,000	,743	1,000	1,000	,668	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

3.2. HSD TUKEY: PROTEÍNA

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
V1	3	6,7433						
V3	3		7,8333					
V2	3		8,2500					
V4	3			10,9433				
V5	3				12,9033			
V6	3					13,6318		
V7	3						36,1433	
V8	3							37.2367
V9	3							37.3033
Sig.		1,000	,328	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

3.3. HSD TUKEY: GRASA

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05			
		1	2	3	4
V3	3	4,5300			
V2	3	5,3633	5,3633		
V1	3		6,1433		
V6	3		6,3867		
V5	3			7,8033	
V4	3			8,7400	
V8	3				28,5200
V7	3				28,6933
V9	3				28,7567
Sig.		0,214	0,072	0,121	0,997

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

3.4. HSD TUKEY: CENIZA

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05			
		1	2	3	4
V2	3	1,6600			
V1	3	1,6633			
V9	3	1,8333	1,8333		
V3	3		1,8833	1,8833	
V7	3		1,9500	1,9500	
V8	3			2,0333	
V4	3				3,0467
V6	3				3,1133
V5	3				3,1367
Sig.		0,119	0,532	0,238	0,803

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

3.4. HSD TUKEY: FIBRA

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
V3	3	2,1400				
V1	3	2,1733				
V2	3	2,3200				
V6	3		5,4700			
V5	3		6,1667	6,1667		
V8	3		6,2433	6,2433	6,2433	
V4	3			6,7133	6,7133	6,7133
V7	3				6,9700	6,9700
V9	3					7,4167
Sig.		0,996	0,066	0,352	0,082	0,099

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

3.5. HSD TUKEY: CARBOHIDRATOS

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05		
		1	2	3
V9	3	32,1100		
V8	3	32,2033		
V7	3	33,2167		
V5	3		76,1567	
V6	3		76,8667	
V4	3		77,2667	
V2	3			84,7300
V1	3			85,4533
V3	3			85,7533
Sig.		0,154	0,152	0,223

3.6. HSD TUKEY: CALCIO

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
V1	3	6,9667				
V2	3		15,6167			
V3	3		16,5700			
V4	3			97,0933		
V9	3			99,3733		
V6	3			100,4800	100,4800	
V7	3			101,6067	101,6067	
V5	3				106,1667	
V8	3					113,6567
Sig.		1,000	0,999	0,191	0,051	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

3.7. HSD TUKEY FÓSFORO

VARIEDADES	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
V1	3	290,2733				
V2	3	312,0633				
V3	3		387,9567			
V5	3		398,0933			
V4	3		407,9700	407,9700		
V6	3			430,9533		
V9	3				463,6767	
V8	3				487,8900	487,8900
V7	3					493,0367
Sig.		0,249	0,342	0,198	0,154	0,999

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

3.9. HSD TUKEY HIERRO

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
V3	3	0,293							
V6	3		1,003						
V2	3			2,103					
V1	3				3,010				
V8	3				3,210				
V9	3					4,093			
V7	3						4,500		
V5	3							5.0433	
V4	3								5.2833
Sig.		1,000	1,000	1,000	0,204	1,000	1,000	1,000	0.077

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.



ANEXO IV

**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS – TUKEY DEL PERFIL DE
AMINOÁCIDOS**

4.1. HSD TUKEY ÁCIDO ASPÁRTICO

VARIEDADES	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
V2	3	14,5637		
V3	3	14,9167		
V1	3	15,0794		
V4	3		25,9600	
V5	3		34,8383	
V6	3		34,8800	
V8	3			146,7133
V9	3			153,6933
V7	3			155,3300
Sig.		1,000	0,076	0,094

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

4.2. HSD TUKEY ÁCIDO GLUTÁMICO

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
V1	3	75,980				
V2	3	80,913				
V4	3	87,006	87,006			
V3	3	87,246	87,246			
V5	3		102,76	102,76		
V6	3			104,07		
V7	3				155,330	
V8	3					510,2500
V9	3					531.3300
Sig.		0,332	0,064	1,000	1,000	1,000



HSD TUKEY HISTIDINA*

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05		
		1	2	3
3	3	39,4900		
1	3	40,1833		
2	3	40,7367		
4	3	45,3900		
6	3	52,8033		
5	3	52,9067		
8	3		188,1667	
9	3		204,2633	204,2633
7	3			224,1967
Sig.		0,903	0,784	0,560

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

4.3. HSD TUKEY GLICINA

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05		
		1	2	3
V2	3	69,130		
V1	3	76,663		
V3	3	95,463		
V4	3		186,873	
V6	3		212,276	
V5	3		215,773	
V9	3			578,5633
V8	3			581,5667
V7	3			605,5833
Sig.		0,340	0,239	0,310

4.4. HSD TUKEY TREONINA*

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05			
		1	2	3	4
V8	3	6,1333			
V3	3	30,920	30,920		
V1	3	48,713	48,713	48,713	
V2	3		54,883	54,883	
V6	3		71,686	71,686	
V5	3		72,810	72,810	
V4	3			75,460	
V9	3				204,8133
V7	3				225,4667
Sig.		0,053	0,059	0,455	0,748

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

4.5. HSD TUKEY ARGININA

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05			
		1	2	3	4
V2	3	30,663			
V1	3	31,896			
V3	3	33,253			
V4	3		71,923		
V5	3		85,043	85,043	
V6	3			92,870	
V9	3				321,3867
V7	3				332,6000
V8	3				334,0533
Sig.		1,000	0,350	0,876	0,392

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

8.1.HSD TUKEY TIROSINA

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05	
		1	2
V2	3	4,5900	
V1	3	4,6800	
V3	3	5,1267	
V4	3	5,9433	
V6	3	7,1400	
V5	3	7,8267	
V9	3		44,8767
V7	3		45,8800
V8	3		46,5400
Sig.		0,060	0,709

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

8.2.HSD TUKEY VALINA*

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05			
		1	2	3	4
V2	3	20,046			
V1	3	21,853			
V3	3	21,883	21,883		
V4	3		30,233	30,233	
V6	3			35,146	
V5	3			36,586	
V8	3				110,9500
V9	3				113,8633
V7	3				115,2333
Sig.		0,996	0,051	0,229	0,685

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

8.3.HSD TUKEY METIONINA*

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05						
			1	2	3	4	5	6	
V8	3	3	5,3900						
V1	3	3		15,6000					
V3	3	3		15,6267					
V2	3	3		16,3467					
V4	3	3			19,9133				
V6	3	3			20,2100				
V5	3	3				22,7533			
V9	3	3					37,9067		
V7	3	3							42,8633
Sig.			1,000	0,975	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

8.4.HSD TUKEY FENILALANINA*

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05					
			1	2	3	4	5	
V8	3	3	6,3033					
V1	3	3		25,4333				
V2	3	3		25,4467				
V3	3	3		30,0533	30,0533			
V4	3	3		36,3333	36,3333	36,3333		
V6	3	3			44,1867	44,1867		
V5	3	3				46,2900		
V9	3	3					169,2533	
V7	3	3						171,1233
Sig.			1,000	0,276	0,075	0,380	1,000	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.



8.5.HSD TUKEY ISOLEUCINA*

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05				
			1	2	3	4	5
V1		3	17,7200				
V2		3	18,9900	18,9900			
V3		3	19,6667	19,6667			
V4		3		28,1500	28,1500		
V6		3			30,8367		
V5		3			31,0567		
V9		3				118,6333	
V8		3				119,4933	119,4933
V7		3					129,1333
Sig.			0,999	0,103	0,982	1,000	0,076

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

8.6.HSD TUKEY LEUCINA*

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05	
			1	2
V4		3	63,6500	
V6		3	72,2600	
V1		3	73,1367	
V5		3	75,8633	
V2		3	76,6500	
V3		3	85,8867	
V9		3		278,5533
V8		3		280,0633
V7		3		294,6367
Sig.			0,050	0,280

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

8.7.HSD TUKEY LISINA*

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05		
			1	2	3
V2		3	25,9033		
V1		3	28,5133		
V3		3	31,2667		
V4		3		99,8033	
V6		3		102,9200	
V5		3		111,9300	
V8		3			354,7667
V9		3			358,3467
V7		3			369,4833
Sig.			0,999	0,894	0,758

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

8.8.HSD TUKEY PROLINA

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05
			1
V2		3	2,5500
V5		3	3,5033
V4		3	5,5000
V1		3	6,7300
V3		3	6,9500
V7		3	8,6667
V8		3	10,0133
V9		3	13,2867
V6		3	14,4533
Sig.			0,449

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANEXO V

**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS – TUKEY DE LA COMPOSICIÓN
BIOACTIVA**

5.1. HSD TUKEY POLIFENOLES

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
V8	3	32,3300				
V7	3	33,7900				
V9	3	43,7400				
V5	3		105,5700			
V6	3		115,8633	115,8633		
V2	3			126,5100	126,5100	
V1	3			130,1367	130,1367	
V4	3				141,7133	
V3	3					373,1833
Sig.		0,470	0,595	0,216	0,161	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

5.2. HSD TUKEY CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

VARIEDADE	N	Alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
V8	3	11,4100					
V7	3	12,0567	12,0567				
V9	3		15,2200				
V2	3			57,8200			
V1	3			60,0000			
V5	3				63,4767		
V4	3					116,3667	
V6	3					116,6700	
V3	3						723,9233
Sig.		0,999	0,079	0,418	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANEXO VI

**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS – TUKEY DE LAS PROPIEDADES
FUNCIONALES**

6.1. HSD TUKEY CAA

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05	
			1	2
V2		3	1,8490	
V1		3	1,8513	
V3		3	2,0814	
V4		3	2,2322	
V5		3	2,3785	
V6		3	2,4200	
V9		3		3,3496
V7		3		3,5497
V8		3		3,6982
Sig.			0,072	0,548

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

6.2. HSD TUKEY CRA

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05			
			1	2	3	4
V1		3	2,1949			
V2		3	2,5935	2,5935		
V3		3	2,7755	2,7755		
V6		3	2,9094	2,9094	2,9094	
V4		3	2,9711	2,9711	2,9711	
V5		3		3,5566	3,5566	3,5566
V7		3			3,9471	3,9471
V8		3				4,0506
V9		3				4,1048
Sig.			0,261	0,090	0,056	0,670

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

6.3.HSD TUKEY CH

VARIEDADES	N	Alfa = 0.05			
		1	2	3	4
V1	3	0,8687			
V3	3	0,9229			
V2	3	1,3258	1,3258		
V6	3	1,5671	1,5671	1,5671	
V5	3		2,0161	2,0161	2,0161
V4	3			2,2457	2,2457
V8	3				2,7041
V9	3				2,7457
V7	3				2,7471
Sig.		0,187	0,198	0,213	0,150

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

6.4.HSD TUKEY SOLUBILIDAD

VARIEDADE	S	N	Alfa = 0.05	
			1	2
V6		3	68,5780	
V4		3	73,8365	73,8365
V5		3	74,0336	74,0336
V3		3	79,9442	79,9442
V1		3	82,4390	82,4390
V2		3	83,1752	83,1752
V9		3		84,9721
V8		3		86,1235
V7		3		86,3636
Sig.			0,100	0,216

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANEXO VII

**PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS – TUKEY DEL CONTENIDO DE
METALES PESADOS**

7.1. HSD TUKEY CADMIO

VARIEDA DES	N	Alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
1	3	0,06700					
6	3	0,06800					
3	3		0,07700				
9	3		0,07700				
5	3			0,08300			
2	3				0,09000		
7	3				0,09200		
8	3					0,10800	
4	3						0,11600
Sig.		0,940	1,000	1,000	0,317	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

7.2. HSD TUKEY PLOMO

VARIEDA DES	N	Alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	3	5,617								
5	3		6,031							
1	3			6,325						
3	3				6,395					
6	3					6,488				
4	3						6,542			
9	3							6,558		
8	3								7.72177	
7	3									8.4080
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANEXO VIII
FOTOGRAFÍAS
COLECTA DE MUESTRAS



Figura 38 — Colecta de muestras de Quinoa Blanca en Distrito de Cachora



Figura 39 — Colecta en parcela de Tarwi en la comunidad de Siusay, Distrito de Lambrama



Figura 40 — Granos de Tarwi Yunguyo



Figura 41 —Flor de Tarwi Yunguyo

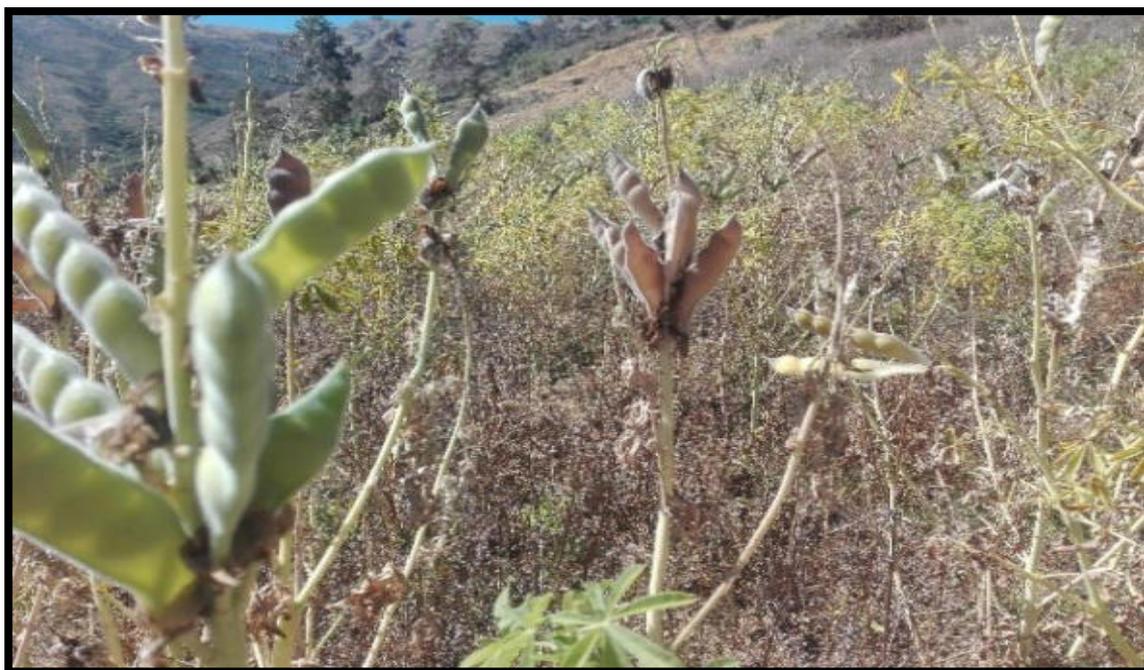


Figura 42 — Vaina madura del Tarwi Yunguyo en Distrito de Cachora



Figura 43 — Colecta de muestras de Maíz Amarillo en Distrito de Huanipaca



Figura 44 — Quinoa Negra Collana en la Feria Agroecológica – Chalhuanca



Figura 45 — Quinoa Roja Pasankalla en la Feria Agroecológica – Chalhuanca



Figura 46 — Colecta de Muestras de Granos andinos en la Región Apurímac



Figura 47 — Reunión de solicitud autorización de uso de muestras



Figura 48 — Reunión de solicitud autorización de uso de muestras



Figura 49 — Muestra de Maíz Blanco



Figura 50 — Muestra de Maíz Amarillo



Figura 51 — Muestra de Maíz Morado



Figura 52 — Muestra de Quinoa Blanca



Figura 53 — Muestra de Quinoa Roja Pasankalla



Figura 54 — Muestra de Quinoa Negra Collana



Figura 55 — Muestra de Tarwi Yunguyo



Figura 56 — Muestra de Tarwi H6 INIA



Figura 57 — Muestra de Tarwi Allqamari

PROCESO DE DESGRASADO DE LAS HARINAS



Figura 58 —Desgrasado de las harinas de las tres variedades de Tarwi



Figura 59 —Desgrasado de las harinas de Quinoa y Maíz

ANÁLISIS DE COMPONENTES FISICOQUÍMICOS



Figura 60 — Determinación de Humedad de la harina de granos andinos



Figura 61 — Determinación de Humedad



Figura 62 — Cenizas de harinas de granos andinos



Figura 63 —Determinación de Cenizas

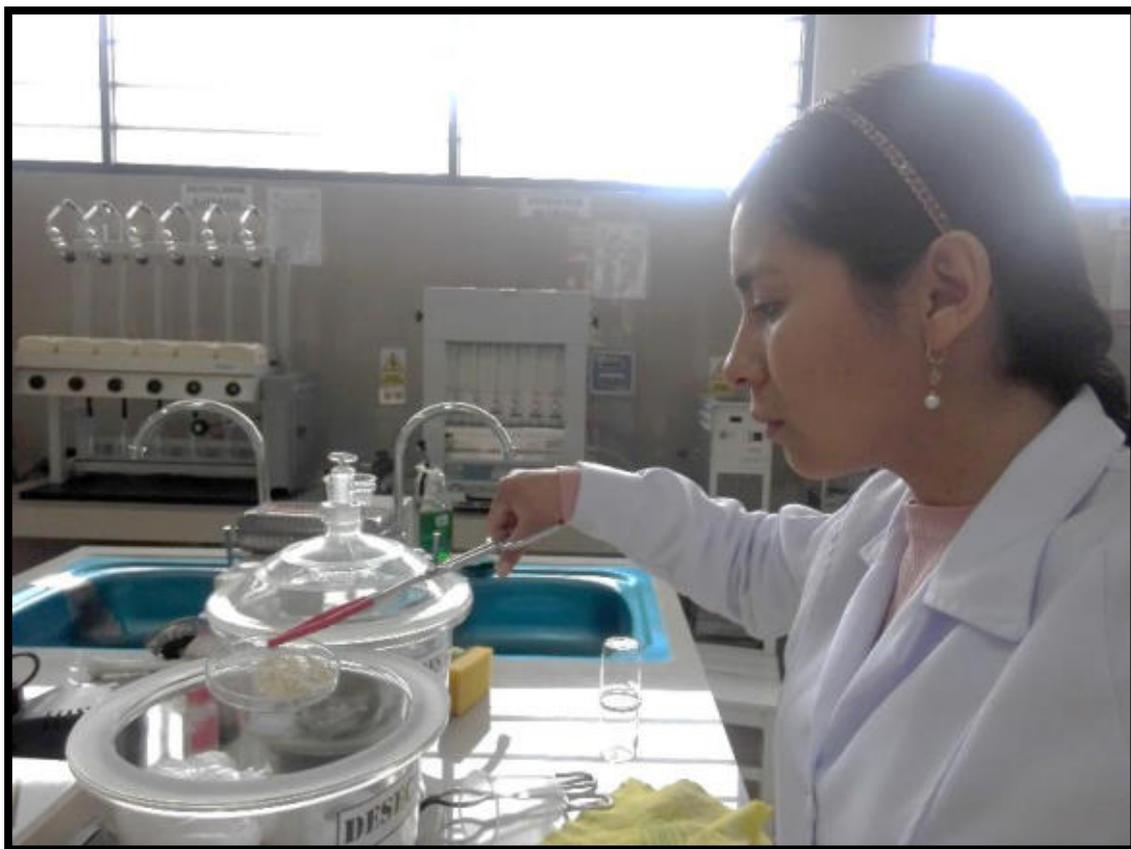


Figura 64 —Procedimiento de Análisis Físicoquímico

ANÁLISIS DE PROPIEDADES FUNCIONALES TECNOLÓGICAS



Figura 65 — Pesado de tubos con muestra de harina de granos andinos



Figura 66 — Hidratado de muestra para CRA



Figura 67 — Muestras del Análisis de CRA y CAA en reposo



Figura 68 — Centrifugación de tubos con muestras – CRA y CAA y Muestras después del centrifugado



Figura 69 — Eliminación de Sobrenadante – CRA y CAA



Figura 70 — Secado de muestras



Figura 71 — Muestras hidratadas para prueba de Solubilidad y CH



Figura 72 — Centrifugado de muestras de Prueba de Solubilidad



Figura 73 — Agitación de muestras en Vórtex

DIGESTIÓN DE MUESTRAS PARA CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS



Figura 74 — Procedimiento para Digestión de Metales Pesados



Figura 75 — Carrusel cargado con muestra / Digestor Microondas digestando muestra de granos andinos



Figura 76 — Liberación de gas en tubos después de la Digestión



Figura 77 — Vaciado de muestra digestada a Fiola



Figura 78 — Aforo con Agua Ultrapura Tipo 1

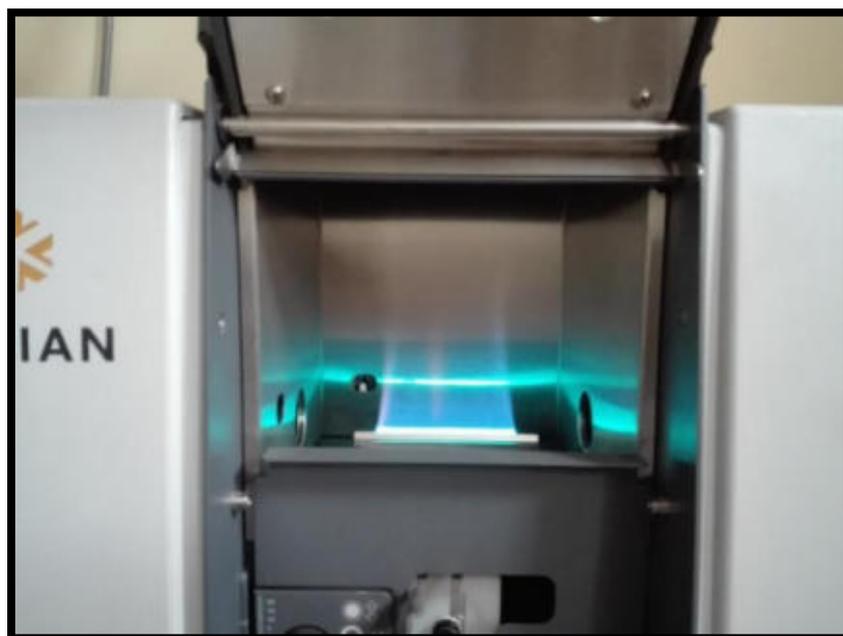


Figura 79 — Flama del Espectrofotómetro de Absorción atómica

EQUIPOS USADOS EN LOS ANÁLISIS BIOACTIVOS



Figura 80 — Columna de Cromatógrafo HPLC



Figura 81 — Cromatógrafo HPLC