

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



**“DETERMINACIÓN BIOLÓGICA DE LA
CALIDAD PROTEICA EN HARINA DE QUINUA
EXTRUIDA DE LA VARIEDAD NEGRA COLLANA”**

TESIS

**PRESENTADA POR:
CECILIA ZEA ZEA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PUNO - PERÚ

2011

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

**“DETERMINACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD PROTEICA EN HARINA DE QUINUA
EXTRUIDA DE LA VARIEDAD NEGRA COLLANA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. CECILIA ZEA ZEA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. M.Sc. Pablo Pari Huarcaya

PRIMER MIEMBRO

M.Sc. Amalia Quispe Romero

SEGUNDO MIEMBRO

Ing. Wilber Incahuanaco Yucra

DIRECTOR

Ing. Eduardo Manzaneda Cabala

ASESOR

Ing. Marienela Calsin Cutimbo

PUNO

-
2011

PERÚ

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

A DIOS, POR DARME SU BENDICIÓN Y ESTAR A MI LADO EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES DE MI VIDA

A MIS AMADOS PADRES, A MIS HERMANOS, POR SU APOYO INCONDICIONAL.

A MIS AMIGOS Y AMIGAS POR APOYARME EN LA CONCLUSIÓN DEL TRABAJO.

“NADA GRANDE SE HA LOGRADO EN EL MUNDO SIN PASIÓN”

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias C.P. de Ingeniería Agroindustrial a los docentes por haber compartido sus conocimientos y contribuir en la formación profesional.
- Al Ing. M.Sc. Roger Segura Peña por contribuir con la dirección y asesoramiento durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Al Ph.D. Carlos Vílchez Perales, por el asesoramiento durante la trabajo ejecución de investigación (Universidad Nacional Agraria la Molina).
- Al Dr. Enrique Morales Moreno, por su apoyo en la dirección y asesoramiento para el desarrollo del trabajo de investigación.
- Al Ing. William Ramos Aro, por su apoyo incondicional para la realización del trabajo de investigación.
- Lic. Roseline Margot Melo Zavaleta, por su apoyo incondicional para la realización del trabajo de investigación.
- Al Señor Mauro Encargado del Laboratorio de Evaluación Nutricional de alimentos de la Universidad Nacional Agraria la Molina.
- A todas las personas que colaboraron para la conclusión de la presente Tesis.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	01
II. REVISIÓN DE LITERATURA	03
2.1. ORIGEN DE LA QUINUA	03
2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	04
2.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	05
2.4. PRODUCCIÓN DE QUINUA	10
2.5. QUINUA “NEGRA COLLANA”	11
2.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LA QUINUA.	13
2.6.1. Proteína	13
2.6.2. Carbohidratos	14
2.6.3. Lípidos	15
2.6.4. Minerales	15
2.7. CALIDAD DE LA PROTEÍNA	16
2.8. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA	17
2.8.1. Relación de Eficiencia Proteica (PER)	18
2.8.2. Utilización de la Proteína Neta (NPU)	18
2.8.3. Valor Biológico (VB)	19
2.8.4. Digestibilidad (D)	20
2.9. PRINCIPALES FORMAS DE TRANSFORMACIÓN Y USOS DE LOS GRANOS DE QUINUA	20
2.10. EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS	22
2.10.1. Proceso de extrusión	24
2.10.2. Tratamiento térmico	25
2.10.3. Efecto de la Extrusión en la Calidad Proteica	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 LUGAR EXPERIMENTAL	27
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS	27

	3.2.1	Materia Prima	27
	3.2.2	Materiales y Equipos de Laboratorio	27
3.3		OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	28
	3.2.1.	Obtención de harina de quinua extruida de la variedad Negra Collana.	28
	3.2.2.	Obtención de harina de quinua sin extruir de la variedad Negra Collana	30
3.4		METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	31
	3.4.1	Evaluación de la cantidad de proteína de la harina de quinua extruida y harina sin extruir de quinua Variedad Collana Negra.	32
	3.4.2	Determinación de la calidad de la proteína de la harina de quinua extruida y harina sin extruir de quinua Variedad Collana Negra	32
	3.4.3.1.	Materiales y equipos	32
	3.4.3.2.	Animales experimentales	32
	3.4.3.3.	Dieta	33
	3.4.3.4.	Conducción experimental	34
	3.4.4.	Diseño estadístico	34
IV.		RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
	4.1.	Elaboración de harina de quinua extruida	37
	4.2.	Evaluación de la cantidad de proteína de la harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de la Variedad Negra Collana	38
	4.3.	Determinación de la calidad de la proteína en harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de quinua Variedad Negra Collana	39
V.		CONCLUSIONES	44
VI.		RECOMENDACIONES	45
VII.		BIBLIOGRAFÍA	46
VIII.		ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág
CUADRO 1.	Características de la semilla de algunas variedades de quinua	09
CUADRO 2.	Avance de siembra campaña agrícola 2008/2009	11
CUADRO 3.	Principales Características	12
CUADRO 4.	Contenido de aminoácidos esenciales de diferentes variedades de quinua (mg/ g de proteína)	14
CUADRO 5.	Evaluación biológica de diversas proteínas de origen animal y vegetal.	17
CUADRO 6.	Composición Físico-Química de la Quinua procesada en sus diversas presentaciones según INN (1994).	22
CUADRO 7.	Composición porcentual y valor nutritivo de la dieta formulada para la determinación de la calidad en harina extruida de quinua de la variedad Collana Negra.	33
CUADRO 8.	Composición porcentual y valor nutritivo de la dieta formulada para determinar de la calidad en harina sin extruir de quinua de la variedad Collana Negra	33
CUADRO 9.	Esquema experimental para evaluar la cantidad de proteína en las harinas de quinua extruida y sin extruir de la Variedad Negra Collana.	35
CUADRO 10.	Esquema experimental para evaluar la ganancia de peso en las harinas de quinua extruida y sin extruir de la Variedad Negra Collana.	35
CUADRO 11.	Composición químico proximal de la harina de quinua Negra Collana en base a 100 g de muestra.	38
CUADRO 12	Determinación de la calidad de las harinas de quinua extruida y sin extruir	40
CUADRO 13	Promedio del consumo de alimento y ganancia de peso de los grupos experimentales alimentados con harina de quinua extruida y sin extruir.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Plantas de quinua mostrando diferentes colores y formas de inflorescencia, en la zona de los salares de Bolivia	06
FIGURA 2. Quinua INIA 420 “Negra Collana”.	12
FIGURA 3. Extrusor	24
FIGURA 4. Diagrama de flujo para la obtención de harina de quinua extruida	29
FIGURA 5. Diagrama de flujo para la obtención de harina de quinua sin extruir.	30
FIGURA 6. extruir.	37
FIGURA 7. Harina de quinua Extruida (a) y Harina de quinua sin extruir (b)	39
FIGURA 8. Porcentaje de proteína de la harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de la variedad Negra Collana	41
Evolución del peso promedio en ratas del grupo experimental alimentado con harina de quinua extruida y sin extruir.	

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evalúa la cantidad y calidad proteica de la harina de quinua de la variedad Collana Negra extruida, evaluando en su primera parte la cantidad mediante el análisis proximal de la harina de quinua sin extruir y harina extruida, encontrándose que existe diferencia significativa ya que la harina extruida presenta un porcentaje de proteína total de 14.02 y la harina sin extruir de 14.94 de quinua variedad Collana Negra, la harina de quinua extruida presenta una pérdida de proteína por la temperatura a que fue sometida por el proceso de extrusión. En la segunda parte de este trabajo se evaluó la calidad biológica de la proteica de la harina quinua extruida y harina sin extruir encontrándose que la harina de quinua extruida es mayor que la harina de quinua sin extruir, mostrando valores de 2,12 la relación de eficiencia proteica (PER), 65,28 valor biológico (VB), 75 digestibilidad aparente (DA), 79.17 digestibilidad verdadera (DV) y 48 de proteína neta (NPU), a comparación de la harina sin extruir que muestra valores de 0.50 la relación de eficiencia proteica (PER), 52.27 valor biológico (VB), 69,84 digestibilidad aparente (DA), 76,19 digestibilidad verdadera (DV) y 36.50 de proteína neta (NPU). Los resultados demuestran que la harina de quinua extruida presenta una buena calidad proteica.

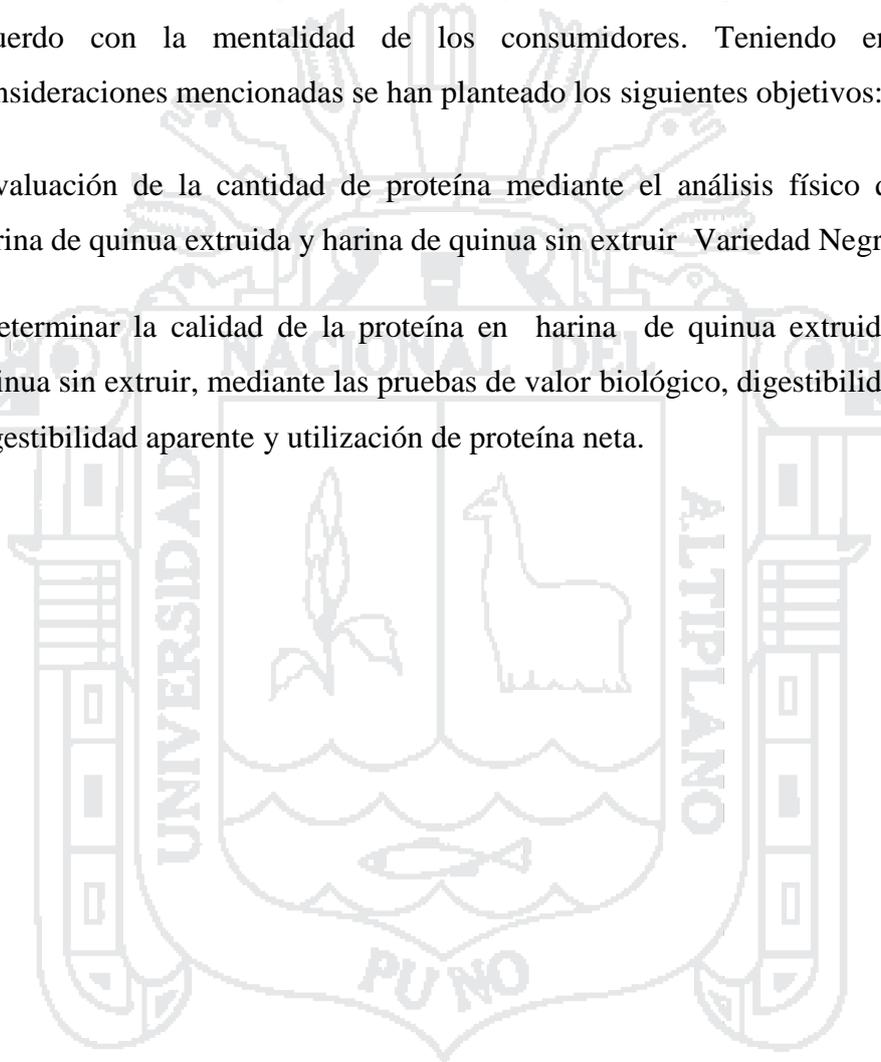
I. INTRODUCCIÓN.

Hoy en día constituye un problema incluir proteínas de alta calidad en las dietas diarias, especialmente en aquellas que raramente consumen proteína de origen animal y deben obtener proteínas de cereales, leguminosas y otros granos. Aun cuando el aporte energético de estos alimentos es adecuado, concentraciones insuficientes de aminoácidos esenciales (AAE) pueden contribuir a aumentar la prevalencia de la desnutrición. Una alternativa para contrarrestar el problema de la deficiencia de AAE es identificar granos con proteína de alto valor biológico. La quinua de la variedad Negra Collana es uno de los cereales que no han sido totalmente explotados, ocupando un lugar predominante como alimento de alto valor nutricional y económico en zonas rurales y urbanas del Perú. Sin embargo diferentes variedades de quinua a pesar de su buen contenido de nutrientes, concluyen que los aminoácidos de las proteínas en las harinas sin extruir y sin lavar, no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. Estas sustancias son los glucósidos denominados saponinas.

La quinua común se caracteriza por poseer un alto contenido proteico y energético. Sin embargo, hacen que disminuya la calidad proteica, en muchos casos las condiciones severas de cocción, causando la disminución de la calidad proteica del alimento, debido principalmente al daño de aminoácidos esenciales susceptibles al tratamiento térmico. Por tanto es necesario investigar e identificar los diferentes métodos de cocción, como es la aplicación de extrusión como una tecnología que aporte a satisfacer la demanda constantemente creciente de proteínas alimenticias, eliminar factores antinutricionales y conservar la calidad de la proteína; además de conocer el efecto que ejercen los tratamientos tecnológicos sobre la calidad nutritiva. Teniendo en cuenta que la quinua contiene alto porcentaje de proteína, pero por la acción del calor podría ocurrir la desnaturalización de los aminoácidos indirectamente o directamente con el tratamiento térmico de extrusión que ocurre conforme se incrementa la temperatura y humedad en el procesamiento para desnaturalizar los aminoácidos esenciales altamente susceptibles, dañando así parte de la proteína del producto en estudio.

Actualmente es necesario conocer el valor nutritivo que presentan los alimentos o suplementos alimenticios que viene consumiendo el hombre o sus animales domésticos. Bajo el término “valor de la proteína” o “valor proteico” se quiere realzar su utilidad para fines tales como crecimiento, sustitución de las perdidas metabólicas, reparación de los tejidos dañados, reproducción o lactación, de acuerdo con la mentalidad de los consumidores. Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas se han planteado los siguientes objetivos:

- Evaluación de la cantidad de proteína mediante el análisis físico químico de la harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir Variedad Negra Collana.
- Determinar la calidad de la proteína en harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir, mediante las pruebas de valor biológico, digestibilidad verdadera, digestibilidad aparente y utilización de proteína neta.



II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN DE LA QUINUA

La zona andina comprende uno de los ocho mayores centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo, dando origen a uno de los sistemas agrícolas más sostenibles y con mayor diversidad genética en el mundo. La quinua, una planta andina, muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí - Bolivia y Sicuani (Cusco) – Perú.

Existen pocas evidencias arqueológicas, lingüísticas, etnográficas e históricas sobre la quinua. Sin embargo, existen evidencias claras de la distribución de los parientes silvestres, botánicas y citogenéticas, lo que posiblemente demuestra que su domesticación tomó mucho tiempo, hasta conseguir la planta domesticada y cultivada a partir de la silvestre, proceso que probablemente se inició como planta usada principalmente por sus hojas en la alimentación y luego por las semillas. Actualmente, las especies y parientes silvestres se utilizan localmente como jataco o llipcha (verdura de hoja) en muchas comunidades del área andina. Posteriormente, la especie fue adaptada a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y culturales, haciendo que la planta presente una amplia adaptación desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm y usos diversos en las diferentes comunidades étnicas de acuerdo a sus necesidades alimentarias (Mujica, 1988)

La quinua en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó en Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las Islas de Chiloé en Chile, también fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, denominándola Huauzontle, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia (Heiser y Nelson, 1974). Se considera que la quinua se habría originado en el hemisferio norte (México y Estados Unidos), en base a estudios de los *Chenopodium* cultivados, concluyendo que *Chenopodium nuttalliae* y *Cenopodium quinoa*, son conespecíficos distintos, pero conespecíficos con sus formas silvestres acompañantes, sugiriendo cambios en la nomenclatura existente, como son incluir dentro de *Chenopodium quinoa* ssp. *milleanum* las diferentes subespecies de *Cenopodium hircinum* y a la especie mexicana cultivada

reducirla como una subespecie de *Chenopodium berlandierii*, del mismo modo sugiere que la quinua se habría derivado directamente de algún tipo silvestre en los Andes (Wilson, 1976).

Se manifiesta que la quinua habría evolucionado independientemente en Sudamérica sin influencia de las especie del Norte, siendo los posibles progenitores *Ch. hircinum* de tierras bajas o una especie silvestre extinguida de los Andes, que pudo haber sido desplazada o asimilada por el acompañante silvestre. Desde el punto de vista de su variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, siendo la región andina y dentro de ella, las orillas del Lago Titicaca, las que muestran mayor diversidad y variación genética (Wilson y Heiser, 1979).

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La quinua es una planta de la familia *Chenopodiaceae*, tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies. Dentro del género *Chenopodium* existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias, como productoras de grano, *Chenopodium quinoa* Willd. y *Chenopodium pallidicaule* Aellen, en Sudamérica, como verdura *Chenopodium nuttalliae* Safford y *Chenopodium ambrosioides* L (Giusti, 1970). Su clasificación taxonómica se muestra a continuación.

Reyno	: Vegetal
División	: Fenerógamas
Clase	: Dicotiledoneas
Sub clase	: Angiospermas
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiáceas
Género	: <i>Chenopodium</i>
Sección	: Chenopodia
Subsección	: Cellulata
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow.
Fuente	: (Giusti, 1970)

2.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

La quinua, es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales, se calcula que su domesticación ocurrió hace más de 7000 años antes de Cristo, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, desde zonas áridas, hasta zonas húmedas y tropicales, desde zonas frías hasta templadas y cálidas; muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequía, helada, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas (Angel Mujica, 1988).

Su período vegetativo varía desde los 90 hasta los 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 2600 mm anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4.5 hasta alcalinos con pH de 9.0, sus semillas germinan hasta con 56 mmhos/cm de concentración salina, se adapta a diferentes tipos de suelos desde los arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado, granate y demás gamas que se pueden diferenciar. La semilla de quinua es el fruto maduro de forma lenticular elipsoidal, cónica o esferoidal. Presenta tres partes bien definidas que son: epispermo, embrión, perisperma, el tamaño de la semilla puede ser entre 1.5 - 2.6 mm de diámetro dependiendo de la variedad, como también su color (Mujica, 1988).

La planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas, su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas.

La raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a

pesar de que pareciera ser una gran cabellera, esta se origina del periciclo, variando el color con el tipo de suelo donde crece, al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 1.80 cm de profundidad, y teniendo también alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, muy excepcionalmente se observa vuelco por efecto de vientos, exceso de humedad y mayormente es por el peso de la panoja, la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta. La profundidad de raíz, las ramificaciones y distribución de las raicillas, varían con los genotipos, así las ayaras tienen un sistema radicular profusamente ramificado y fuertemente sostenido al suelo, lo cual impide su eliminación durante el deshierbo o rouging de plantas atípicas, también existen genotipos que toleran mejor el exceso de agua por tener sistema radicular extendido como es el caso de la Cheweca (Gallardo, *et al.*; 1997).

Figura 1. Plantas de quinua mostrando diferentes colores y formas de inflorescencia, en la zona de los salares de Bolivia



El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla, existen genotipos ampliamente ramificados (quinuas de valle) incluso desde la base (quinuas del nivel del mar) y otros de tallo único (quinuas del altiplano), así como genotipos intermedios, dependiendo del genotipo, densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes, la coloración del tallo es variable, desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color rojo, o púrpura.

El diámetro del tallo es variable con los genotipos, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones de cultivo, variando de 1 a 8 cm de diámetro. Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta, la lámina es polimorfa en la misma planta, de forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosas y tiernas, cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés, las cuales son bastante higroscópicas, captando la humedad atmosférica nocturna, controlan la excesiva transpiración por humedecimiento de las células guarda de los estomas, así como reflejan los rayos luminosos disminuyendo la radiación directa sobre las hojas, evitando el sobre calentamiento, presentando bordes dentados, aserrados o lisos, variando el número de dientes con los genotipos, desde unos pocos hasta cerca de 25, el tamaño de la hoja varía, en la parte inferior grandes, romboidales y triangulares y en la superior pequeñas y lanceoladas, que muchas veces sobresalen de la inflorescencia, con apenas 10 mm de largo por 2 mm de ancho.

En muchas zonas del área andina se utilizan las hojas tiernas previas a la floración como hortaliza de hojas apta en la alimentación humana, por su alto valor nutritivo ya que contiene vitaminas, minerales y proteínas de calidad, recibiendo el nombre de Ilipcha en quechua y Chiwa en Aymara, encontrando alto contenido de proteínas (3.3% en promedio), siendo la variedad blanca amarga la de mayor contenido (4.17 %) y Sajama la de menor contenido (2.79%), (Cornejo, 1976). Las flores son pequeñas, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, constituida por

una corola formada por cinco piezas florales tepaloides, sepaloides, pudiendo ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, lo que indica que podría tener hábito autógamo como alógamo, faltando determinar con precisión el porcentaje de alogamia en algunos genotipos, en general se indica que tiene 10 % de polinización cruzada (Rea, 1969), sin embargo en algunas variedades alcanza hasta el 80 % (Kcancolla), y en otras el 17 %.

El fruto es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es de 14.5% (Gallardo, et al.; 1997). El perigonio tiene un aspecto membranáceo, opaco de color ebúrneo, con estructura alveolar, con un estrato de células de forma poligonal-globosa y de paredes finas y lisas.

El fruto es seco e indehiscente en la mayoría de los genotipos cultivados, dejando caer las semillas a la madurez en los silvestres y en algunas accesiones del banco de germoplasma. La semilla, constituye el fruto maduro sin el perigónio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes bien definidas que son: Episperma, embrión y perisperma.

La episperma, está constituida por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos, tiene células de forma alargada con paredes rectas; la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa sólo cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida, está constituida por un solo estrato de células (Villacorta y Talavera, 1976).

El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320 grados, es de color amarillento mide 3.54 mm de longitud y 0.36 mm de ancho (Carrillo, 1992), en algunos casos alcanza una longitud de 8.2 mm de longitud y ocupa el 34 % de toda la semilla y con cierta frecuencia se encuentran tres cotiledones (Gallardo *et al.*; 1997).

El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla, sus células son grandes de mayor tamaño que las del endosperma, de forma poligonal con paredes delgadas, rectas y con grandes agregados de almidón, estos agregados están compuestos por miles de gránulos de almidón individuales, de forma hexagonal en la mayoría de los casos.

Cuadro 1. Características de la semilla de algunas variedades de quinua

Variedades	Color grano	Forma	Tamaño (mm)
Sajama	Blanco	Cónica	2.0 – 2.5
Real	Blanco	Cónica	2.2 – 2.8
Kcancolla	Blanco	Cónica	1.2 – 1.9
Blanca de July	Blanco	Cónica	1.2 – 1.6
Koitu	Marrón ceniciento	Esferoidal	1.8 – 2.0
Misa Jupa	Blanco- Rojo	Cónica	1.4 – 1.8
Amarilla Maranganí	Amarillo anaranjado	Cónica	2.0 – 2.8
Tunkahuan	Blanco	Redondo aplan	1.7 – 2.1
Ingapirca	Blanco opaco	Esférico	1.7 – 1.9
Imbaya	Blanco opaco	Esférico	1.8 – 2.0
Cochasqui	Blanco opaco	Esférico	1.8 – 1.9
Witulla	Morado	Lenticular	1.7 – 1.9
Negra de Oruro	Negro	Redonda	2.1 – 2.8
Katamari	Plomo	Esferoidal	1.8 – 2.0
Roja Coporaque	Púrpura	Cónica	1.9 – 2.1
Toledo	Blanco	Cónica	2.2 – 2.8
Pandela	Blanco	Cónica	2.2 – 2.8
Chullpi	Cristalino	Esférica aplan	1.2 – 1.8

Fuente: . Mujica, (1996)

2.4. PRODUCCIÓN DE QUINUA

Los principales productores de este grano a nivel internacional son: Bolivia, Perú, Ecuador, y Colombia. Bolivia con más de 47.534 ha cultivadas y alrededor de 30.412 ton cosechadas, de las cuales un 49% es consumida por las familias productoras, 35% se venden en los mercados locales y el resto para mercados externos, constituyéndose así como el primer productor y exportador de quinua en el mundo, siendo productores exclusivos tanto el altiplano central como sur de Bolivia (Viñas, 2000).

Le sigue el Perú que viene incrementando su producción habiendo sembrado y cosechado cerca de 27000 ha, producidas especialmente en Puno, Cuzco y Junín de las cuales gran proporción se dedica al autoconsumo y mercado interno, y mínimamente al mercado externo. Ecuador tiene aproximadamente 1000 Ha. en producción, se ha reportado en estos últimos años unas 200 Ha. de producción, en los Estados Unidos (Colorado), 800 Ha en Canadá, 100 Has. en Dinamarca y 20 ha en Alemania, entre otros.

En la actualidad se propicia la producción de quinua con posibilidades de una masiva comercialización. Las características mínimas de una variedad de quinua deberán ser libre de saponinas, de color uniforme, de tamaño grande (2.0 - 2.6 mm) y libre de impurezas. Los rendimientos de quinua en el Perú varían entre los 492 - 2000 kg/ha en diferentes departamentos, siendo Arequipa y Huancavelica los de mayor y menor rendimiento respectivamente, como lo confirma datos del Ministerio de Agricultura (2008). La región de mayor producción es el departamento de Puno con el 70% de la producción nacional le siguen las regiones Junín, Cuzco y Ayacucho. En el siguiente cuadro se muestra la producción de quinua en el Departamento de Puno.

En la actualidad se propicia la producción de quinua con posibilidades de una masiva comercialización. Las características mínimas de una variedad de quinua deberán ser libre de saponinas, de color uniforme, de tamaño grande (2.0 - 2.6 mm) y libre de impurezas. Los rendimientos de quinua en el Perú varían entre los 492 - 2000 kg/ha en diferentes departamentos, siendo Arequipa y Huancavelica los de mayor y menor rendimiento respectivamente, como lo confirma datos del Ministerio

de Agricultura (2008). La región de mayor producción es el departamento de Puno con el 70% de la producción nacional le siguen las regiones Junín, Cuzco y Ayacucho. En el siguiente cuadro se muestra la producción de quinua en el Departamento de Puno.

Cuadro 2. Avance de siembra campaña agrícola 2008/2009

Cultivo	Proyección Siembra (Has)	Avance Siembra (Has)
Quinua	25,200	26,225
Cebada grano	26,310	24,423
Maíz amiláceo	4,360	4,176

Fuente DIA – PUNO

La demanda en el mercado nacional e internacional, por las quinuas de color sin importar el tamaño de grano va creciendo, este hecho va a favor de la seguridad alimentaria, por lo que es necesario la revaloración y recuperación las quinuas de color por su rusticidad y calidad del grano. Además, algunas de las quinuas de color son dulces y aptas para la diversificación de platos como: harinas, purés, sopas, torrijas, pasteles, bebidas como la chicha y expandidos como el popcorn, colorantes vegetales de uso y consumo en la alimentación humana. Por lo tanto, el INIA mediante el Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos, E.E.A. Illpa, de acuerdo a los objetivos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), como alternativa para los productores, la agroindustria, exportadores y mercado interno, hoy pone a disposición de los productores del altiplano una nueva variedad de quinua con las características mencionadas además con buen potencial de rendimiento, tolerante a las principales enfermedades, heladas, veranillos prolongados (sequías), características agroindustriales favorables, denominado INIA 420 “NEGRA COLLANA”.

2.5. QUINUA “NEGRA COLLANA”

La variedad INIA 420 “NEGRA COLLANA”, es de amplia base genética ya que es un compuesto de 13 accesiones de 12 localidades, comúnmente conocidos como “Quytu jiwras”, que comercialmente se le asigna el nombre de INIA 420 “NEGRA COLLANA”, como resultado de las pruebas de identificación, adaptación y eficiencia desarrollados en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa del

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), y evaluaciones participativas en campos, con agricultores de las Comunidades campesinas, Collana, Collpa, Cieneguilla, Vizcachani, Kallachoco y Corcoroni de los distritos de Cabana, Ilave, Mañazo y Pilcuyo de la Región Puno (INIA, 2008).



Figura 2. Quinua INIA 420 “Negra Collana”.

Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación de 400 a 550 mm y temperatura de 4° a 15°C. Sus principales características de la quinua “NEGRA COLLANA” es como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Principales Características de la Quinua Negra Collana

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
Color de axilas	:	Púrpura
Color de estrías	:	Púrpura
Altura de planta (cm)	:	94 a 110
Peso de 1.000 granos (g)	:	2,85 a 2,89
Rdto 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

2.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LA QUINUA.

2.6.1. Proteína.

El contenido de proteínas de la quinua esta en un promedio ponderado de 12.3 g /100g. El porcentaje de proteínas hallado en distintas muestras de quinua varió entre 13,71 Y 11,16 g/ 100 g de alimento. Estos valores coincidieron con los hallados por Collazos, (1996), citado por Blanco et al., (2007) de 11,8 g/100 g de alimento, y fueron ligeramente más bajos que los hallados por Repo, (1992), citado por Blanco et al., (2007) de 14,4 g/ 100 g de alimento. Los valores más bajos del trabajo se encontraron en Puna y fueron de 11,06 g/100 g de alimento. Existe una clara relación inversa entre el número de cosechas anuales que se obtuvieron en cada departamento y el contenido proteico del grano que presentan. También debemos resaltar que en los lugares con quinuas más pobres no existen la acostumbrada rotación de cultivo.

La calidad de la proteína depende del contenido de aminoácidos esenciales los cuales son ocho. Cuando se habla de proteínas hay que tomar en cuenta dos aspectos básicos: la cantidad y la calidad. La cantidad de proteína es un cálculo hasta cierto punto difícil y para ello es necesario determinar el porcentaje de humedad que contiene la quinua; sin embargo esta cantidad no es tan importante como la eficiencia con la que el cuerpo puede utilizar las proteínas ingeridas. Esto lleva al segundo punto, el de la calidad de la proteína de quinua, y aquí se trata de la superioridad en contenido de aminoácidos esenciales en relación a las proteínas de los cereales, es decir, cuántos y qué cantidad de aminoácidos esenciales proporcionan al organismo cada proteína para síntesis de tejidos. El cuadro 4. Presenta la composición de aminoácidos de diferentes variedades de quinuas.

Cuadro 4. Contenido de aminoácidos esenciales de diferentes variedades de quinua (mg/ g de proteína)

Variedad de quinua	Isoleu- sina	Leuci- sina	Lisina	Metio- nina	Fenilal- anina	Tirosi- na	Treoni- na	Tripto- fano	Valina	Histi- dina
Quinua (*)	36	60	56	24	41	54	35	11	45	46
Quinua real de Puno(**)	65	60	79	45	49		57	8	53	
Quinua blanca de Huacayo(**)	56	54	58	41	40		40	7	47	
Quinua blanca de reno (**)	65	51	81	50	53		51	7	75	
Quinua blanca de Jauja (**)	69	63	76	55	48		54	7	76	
Quinua rosada de Puno (**)	65	61	71	47	46		49	8	59	
Quinua rosada de Cajamarca(**)	68	58	73	51	47		52	9	59	
Quinua de Pasto (***)	42	53	51	21	52		42		51	
Quinua de Ecuador (***)	37	81	43	26	51		41		39	
Quinua de Bolivia (***)	41	84	46	24	51		39		52	
Quinua Blanca (°)	65	51	70	32	36		54	8	46	
Quinua amarilla-grande (°)	56	43	59	28	30		43	9	43	
Quinua amarilla pequeña (°)	65	46	65	28	30		52	10	49	
Quinua rosada (Junin) (°)	69	65	69	20	40		45	13	30	
Quinua blanca (Junin) (°)	70	68	74	22	37		45	13	34	
Quinua blanca (Puno) (°)	69	69	61	22	41		45	12	41	
Quinua (&)	64	71	66	24	35		48	11	40	
Quinua amarilla (ÿ)	33	78	68	14	37	24	37	11	44	27
Quinua Blanca (ÿ)	38	72	68	12	39	23	37	9	48	27
Quinua colorada (ÿ)	33	74	64	14	38	25	41	8	45	28
Quinua Sajama (ÿ)	32	69	60	13	36	25	36	10	37	25
Promedio ponderado	53	63	64	28	42	30	44	9	48	31

Fuentes:

(*) FAO (1970).pg.40-41.

(**))Chiriboga,J & D. Velásquez. (1957).

(***)Tapia, M. et.al. (1979).pg.158.

(°) Viñas,E. et.al. En: Tapia,M et al., (1979)

(&) White.L.P. et. al. En Tapia M. et al., (1979).

(ÿ) Tellería, M. et. al. (1978).

2.6.2. Carbohidratos

El almidón se encuentra ampliamente distribuido en diferentes órganos de la planta de la quinua como carbohidrato de reserva. Es el componente más abundante del grano se presenta en un 66 %. El almidón es una mezcla de dos glucanos: amilosa (almidón de cadena recta y ubicado en la zona amorfa) y amilopectina (almidón de cadenas ramificadas y ubicado en la zona cristalina. Es un importante aglutinante y

espesante usado por ejemplo en alimentos infantiles, sopas, productos de panadería, salsas, etc. Los carbohidratos son la fuente de energía más abundante para el ser humano; sin embargo puede existir la imposibilidad de absorber un carbohidrato de forma adecuada y en el lugar preciso, debido a una deficiencia enzimática o de un transportador (deficiencia primaria) o a una deficiencia producida por desnutrición o una enfermedad (deficiencia secundaria) (Szepesi, 1991).

2.6.3. Lípidos.

La quinua contiene entre 1.3 g de grasa/100g porción comestible (cocida) y 10.7 g de grasa /100 g (sémola de quinua), con un promedio ponderado de 5.4 g de grasa /100g. Cardozo cita a Bruin y comenta que esta grasa es una mezcla de aceites que contiene 48.0% de ácido oleico (C18:1n-9), 50.7% de ácido linoleico (C18:2n-6), 0.8% de ácido linolénico (C18:3n-3) y 0.4% de ácidos grasos saturados (Tapia *et al.*, 1979)

2.6.4. Minerales.

Se indica que el contenido de calcio en la quinua se encuentra entre 46 a 340 mg/100 g de materia seca. Es responsable de muchas funciones estructurales de los tejidos duros y blandos del organismo, así como de la regulación de la transmisión neuromuscular de estímulos químicos y eléctricos, la secreción celular y la coagulación sanguínea. Por esta razón el calcio es un componente esencial de la alimentación (Ruales *et al.* 1992)

El contenido de fósforo se encuentra en una concentración de fósforo en el rango de 145 a 540 mg/100 g de materia seca. El cociente Ca/P de la quinua es 0.33, lo que significa que hay un exceso de fósforo en relación al calcio (el cociente debe ser no menor de 1.2, ni mayor de 2.0). También se encuentran otros minerales como: hierro de 1.3 a 3.2 mg/100 g de materia seca. (Tapia *et al.*, 1979), potasio de 840 y 1145 mg/ 100 g de materia seca. (Ruales *et al.* 1992), magnesio de 270 mg de mg/100g de materia seca, sodio de 11.5 mg de sodio/100 g de materia seca, cobre de 0.6 y 1.2 mg/ 100 g de materia seca.

2.7. CALIDAD DE LA PROTEÍNA

El valor nutritivo de una proteína depende de la medida en que aporte las cantidades de nitrógeno y aminoácidos requeridas para satisfacer las necesidades del organismo. Evaluar la calidad de una proteína consiste en comparar el contenido de aminoácidos de un alimento y las necesidades de aminoácidos del cuerpo humano (FAO-OMS, 1989). Se manifiesta que, si las proporciones de aminoácidos de una proteína constituyen probablemente el determinante más importante de su calidad, los factores que siguen en importancia son la digestibilidad de la proteína y la biodisponibilidad de los aminoácidos que la constituyen. Ello se debe a que no todas las proteínas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma medida.

Las diferencias de digestibilidad entre las proteínas pueden deberse a diferencias inherentes a la naturaleza de las proteínas alimentarias (configuración de la proteína, unión de los aminoácidos), a la presencia de componentes no proteicos con influencia en la digestión (fibra de la dieta, taninos y fitatos), a la presencia de factores antifisiológicos, a tratamientos térmicos, las proteínas resistentes a las hidrólisis enzimáticas, fracciones de nitrógeno soluble en agua, velocidad de tránsito de los alimentos en el tracto gastrointestinal y la presencia de sustancias polifenólicas que reaccionan con las proteínas (Fukuda et al., 1982; citado por Rojas, 2002).

Se sostiene que, en la especie humana, como en la mayor parte de los animales, la única fuente del grupo amino son los propios aminoácidos, que deben formar parte, por tanto, de la alimentación, incluidos en la proteína de la dieta. Así el organismo es capaz de utilizar el grupo amino de algunos aminoácidos (especialmente el glutamato) para sintetizar los aminoácidos por transaminación (Mataix, 2002).

También se menciona que, la calidad de una proteína alimenticia, en términos nutritivos, sólo puede establecerse realmente mediante ensayos de alimentación, pero hoy se sabe lo suficiente con respecto a la digestión de las proteínas y a los efectos de las técnicas de procesado como para hacer predicciones bastante precisas (Coultate, 2007).

Cuadro 5: Evaluación biológica de diversas proteínas de origen animal y vegetal.

PROTEÍNA	PER	DIGESTIBILIDAD	VALOR BIOLÓGICO	NPU
Huevo	4.02	99.1	98.7	98.3
Proteínas del Suero	3.88	99.8	91.4	91.2
Músculo de vaca	3.58	92.0	87.5	80.4
Caseína	3.2	93.1	83.9	77.3
Harina de soya	2.2	79.4	74.1	58.8
Harina de Maní	1.1	90.9	50.8	46.1
Harina de trigo	0.31	98.5	48.5	47.7
Zeína (maíz)	-1.44	48.3	26.7	12.9
Maíz (grano) ^o	1.12	90.3	59.4	51.0
Trigo integral ^o	1.53	90.9	64.7	40.3
Proteínas de levadura	1.72	89.1	50.4	44.9
Cañihua – tarwi*	1.59	83.77	----	46.11
Cañihua-quinua–haba*	2.66	47.24	---	79.20
Quinua- cebada- haba**	2.66	47.24	---	79.39
Quinua- haba- maiz-plátano***	2.00	80.45	76.41	80.42
Quinua- haba- tarwi-maiz-plátano***	1.80	85.15	55.73	86.73

Fuente: NESTLÉ. (2000) (Proteínas) Servicio de Información de Nestlé. Chile

^oMuñoz Leyton (1990).

* Repo-Carrasco (1992).

**Repo-Carrasco (1993).

***Tesis de Cutipa Y., Cutipa E. (2002).

2.8. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEICA

La evaluación de proteína de un alimento se lleva a cabo partiendo de lo más simple a lo más complejo. La evaluación comienza con el análisis de nitrógeno y de aminoácidos, la sigue una serie de determinaciones químicas específicas, y termina con las pruebas biológicas.

Los ensayos biológicos se basan en la determinación del crecimiento o la retención de nitrógeno en animales experimentales como la rata, o en seres humanos, en función del consumo de proteína. Para obtener datos de una precisión fiables y significativos, deben utilizarse varios animales en cada ensayo y analizar estadísticamente los resultados; es preciso, además, estandarizar las condiciones de ensayo. El método conocido como razón proteica neta (NPR) representa una mejora

sobre el índice de eficiencia proteica (PER), en el sentido de que se usa un grupo control alimentado con una dieta libre de proteína. Los métodos convencionales para calcular los requerimientos de proteína, tanto de la cantidad como de su calidad nutricional, son el valor biológico (VB) y la utilización neta de proteína (NPU) que a pesar de sus limitaciones fueron reconocidos por un grupo de expertos (FAO-OMS, 1989).

Manifiestan que la determinación del crecimiento de animales de laboratorio, especialmente en ratas al destete, constituye un indicador más realista de la calidad de los productos. Sin embargo esta metodología es poco factible de ser llevada a cabo a nivel industrial, por lo que debe ser reemplazado por pruebas más sencillas y rápidas. Entre ellas se destacan la solubilidad proteica y actividad ureásica (Olguin, 2001).

2.8.1. Relación de Eficiencia Proteica (PER)

Este método fue desarrollado por Osborne *et al.* (1919), y es más conocido como PER. Es una medición que determina la capacidad de la proteína dietario para promover crecimiento bajo ciertas condiciones estándar.

El principio de su determinación es bastante simple y consiste en controlar el crecimiento de los animales jóvenes alimentados con la proteína del alimento problema para relacionar los gramos de peso ganado con los gramos de proteína consumida por un grupo de ratas.

$$PER = \frac{\text{Gramos de peso ganado}}{\text{Consumo de alimento} \times \% \text{ proteína}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

El PER se mide en una escala que va del 1 a 4. El valor central de la diferencia usualmente es 2.5 que corresponde al de la caseína de la leche.

2.8.2. Utilización de la Proteína Neta (NPU)

Este método determina la proporción del nitrógeno ingerido y que el organismo retiene. Su expresión es en porcentaje.

$$NPU = \frac{R}{I} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

La manera de determinar el nitrógeno retenido podría ser la técnica del balance, pero es complicado en sus determinaciones. De manera práctica se puede obtener este índice por la diferencia entre el nitrógeno corporal de ratas alimentadas con la dieta problema menos el nitrógeno corporal de ratas alimentadas con la dieta apteica, en el mismo ensayo, es decir:

$$R = N_x - N_k \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde N_x es el nitrógeno corporal al final del ensayo en ratas alimentadas con la proteína del alimento problema y N_k es el nitrógeno corporal al final del ensayo del grupo apteico.

$$NPU = \frac{N_x - N_k}{NI} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Este método también podría estimarse matemáticamente partiendo del valor biológico por la digestibilidad.

2.8.3. Valor Biológico (VB)

Es un método que cuantifica la fracción del nitrógeno absorbido y que es retenido por el organismo. Su expresión en porcentaje es como sigue.

$$VB = \frac{R}{A} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

R = Nitrógeno retenido

A = Nitrógeno absorbido

El nitrógeno retenido (**R**) puede ser determinado por el método del balance y el nitrógeno absorbido puede ser calculado de la misma forma en que se efectúa para el caso de la digestibilidad. Reemplazando en la ecuación 5 se tiene entonces:

$$VB = \frac{NI - (NF + NU)}{NI - NF} \times 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Para ajustar el dato al valor biológico verdadero debe introducirse las correcciones para el nitrógeno metabólico fecal (NFk) y el nitrógeno urinario endógeno (NUk), Los cuales se determinan con otro grupo de análisis alimentados con dietas libres de nitrógeno.

$$VB_v = \frac{NI - (NF - NFk) - (NU - NUk)}{NI - (NF - NFk)} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

NI : Nitrógeno ingerido por el grupo alimentario con dieta experimental

NF : Nitrógeno fecal excretado por el grupo experimental

NFk: Nitrógeno fecal metabólico proveniente del grupo alimentado con dieta aprotéica.

NU : Nitrógeno urinario excretado por el grupo experimental

NUk: Nitrógeno urinario endógeno proveniente del grupo alimentado con dieta aprotéica.

2.8.4. Digestibilidad (D)

La digestibilidad mide la desaparición de los nutrientes en paso a través del tracto gastrointestinal debido a la absorción. Una prueba de digestión implica cuantificar los nutrientes consumidos y las cantidades que se eliminan en las heces, por lo tanto la digestibilidad puede ser definida como el porcentaje de un alimento (materia seca y/o nutrientes) ingerido que es absorbido .Se expresa como coeficientes porcentuales de la digestión obtenida a partir de la siguiente formula.

2.9. PRINCIPALES FORMAS DE TRANSFORMACIÓN Y USOS DE LOS GRANOS DE QUINUA.

Según Mújica y Jacobsen (2001), en ponencia realizada sobre “Potencial Agroindustrial y usos promisorios de los cultivos andinos”, menciona que Los

productos transformados que se pueden obtener a partir de los diferentes genotipos de quinua y su uso son:

1. Sémola de quinua “Jiquira”
2. Harina sin extraer de quinua “Jacku”
3. Harina cocida de quinua “Pitu”
4. Hojuelas de quinua, quinuas de mayor tamaño buen contenido de grasa.
5. Harina de quinua sin extraer como sucedáneo de la harina de trigo.
6. Harina de quinua precocida para sopas instantáneas.
7. Harina de quinua precocida, mezclada con chocolate. para desayuno instantáneo.
8. Harina de quinua para elaborar fideos, para elaborar tamales, galletas, etc.
9. Harina de quinua de color para elaborar mazamorra morada o amarilla o blanca.
10. Harina preparada de quinua para tortas y pasteles.
11. Harina preparada de quinua para Milkshake y Cocktails
12. Quinoa reventada con chocolate y saborizantes “Pipocas”.
13. Chisitos de quinua “Estruidos” con diferentes sabores.
14. Hojas frescas encurtidas.
15. Hojas liofilizadas.
16. Leche de quinua
17. Concentrados proteicos, solo utilizando el embrión.
18. Germinados de quinua.
19. Colorantes de quinua
20. Grano de quinua perlado y seleccionado para uso directo.
21. Grano de quinua reventado como integrante de Musli
22. Usos varios de la saponina. (Medicinal, cosmético, industrial, etc).
23. Celulosa del talo para usos industriales (triple, mapresa, etc).
24. Pellets de la broza (Jipi y Kiri), para uso animal.

Cuadro 6. Composición Físico-Química de la Quinua procesada en sus diversas presentaciones según INN (1994).

Componentes	Und. Med.	Harina	Hojuelas	Sémola	Quinua Cruda	Quinua Cosida	Afrecho de Quinua
Energía	cal.	341	374	376	374	101	347
Agua	g	13.7	7.0	12.6	11.5	79.0	14.1
Proteína	g	9.1	8.5	19.5	13.6	12.8	10.7
Grasa	g	2.6	3.7	10.7	5.8	1.3	4.5
Carbohidratos	g	72.1	78.6	53.8	66.3	0.7	65.9
Fibra	g	3.1	3.8	8.3	1.9	0.7	8.4
Ceniza	g	2.5	2.2	3.4	2.5	0.6	4.8
Calcio	mg	181.0	114.0	76.0	52.0	27.0	537.0
Fósforo	mg	161.0	160.0	0.04	242.0	61.0	342.0
Hierro	mg	3.7	4.7	3.6	7.5	1.6	4.0
Retinol	mg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tiamina	mg	0.19	0.13	0.21	0.48	0.01	0.21
Riboflavina	mg	0.24	0.38	0.25	0.03	0.00	0.22
Niacina	mg	0.62	1.10	1.84	1.40	0.26	1.00
A. Ascórbico	mg	0.0	0.0	0.0	0.50	0.0	0.0

Fuente: Manual de compasión de alimentos del INN (1994)

2.10. EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS

La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a través de un orificio. Se sostiene que es un proceso que se aplica fundamentalmente para elaborar productos diversos, especialmente derivados de cereales. Entre ellos se destacan, cereales de desayuno, snacks, fórmulas infantiles, almidones y harinas modificadas, proteína vegetal texturizada, queso fundido, etc. Cuando la extrusión se realiza en caliente se puede considerar un método de conservación (Mataix, 2002).

El sistema utiliza un extrusor caracterizado por un tornillo sinfín, encerrado en un túnel en donde el material alimenticio se desplaza con un movimiento rotatorio a temperaturas entre 115 y 190° C, durante 10 a 90 segundos, a presiones elevadas. Durante el trayecto se va hidratando el material con agua o vapor de agua, con el fin de obtener una masa de un grado determinado de hidratación. A la salida del extrusor y, como consecuencia de la caída de presión, se produce una expansión del producto, el cual puede ser directamente envasado o ser sometido a otras formas de procesado como las frituras. (Mataix, 2002)

También se indica que la extrusión como otros procesos tecnológicos, tiene efectos contrapuestos sobre el valor nutritivo de los alimentos. Entre los beneficios se incluyen una mayor biodisponibilidad mineral, la destrucción de factores antinutricionales y el aumento en la digestibilidad de macronutrientes. En cuanto a las pérdidas nutricionales está la agresión ácidos grasos poliinsaturados, la generación de productos no deseables debido a la reacción de Maillard, la inactivación de aminoácidos y fitasa y la pérdida parcial de vitaminas termolábiles, todo lo cual va a depender de las condiciones técnicas de la extrusión como temperatura, velocidad de giro del tornillo sinfín, grado de humedad, presión, diámetro del troquel de salida, etc. De una manera general, se puede decir que la pérdida del valor nutricional debido al proceso de extrusión no es más elevada que la que se produce en otros tratamientos térmicos (Riaz, 2004).

Últimamente se utiliza con mayor frecuencia la tecnología de cocción por extrusión en el procesamiento de alimentos infantiles de preparación instantánea (Repo, 1998).

Las condiciones de HTST (Higt Temperature Short Time) de la extrusión en caliente y el enfriamiento rápido del producto a la salida de la boquilla, hacen que las pérdidas vitamínicas y en aminoácidos esenciales sean relativamente pequeñas. Temperaturas elevadas y la presencia en el medio de azúcares, provocan la reacción de Maillard y afectan a la calidad de la proteína del alimento. Por el contrario, temperaturas inferiores y concentraciones bajas en azúcares, provocan cambios en la estructura de las proteínas que mejoran su digestibilidad. La destrucción de los componentes antinutritivos de los derivados de soya mejora su valor nutritivo (Fellows, 1994).

La extrusión de las habas de soya destruye las enzimas (por ejemplo: una ureasa que reduce su vida útil y una lipoxidasa, que provoca sabores desagradables por oxidación del aceite de soya) y el inhibidor de la tripsina que reduce la digestibilidad de la proteína, lo cual mejora la aceptabilidad, digestibilidad y vida útil del producto elaborado (Fellows, 1994).

Los productos extruídos presentan larga vida de anaquel debido a las altas temperaturas usadas durante el proceso además de que ocurre una menor destrucción de nutrimentos y mejora la digestibilidad (El-hadi et. al. 2003 y Stojceska et. al., 2010).

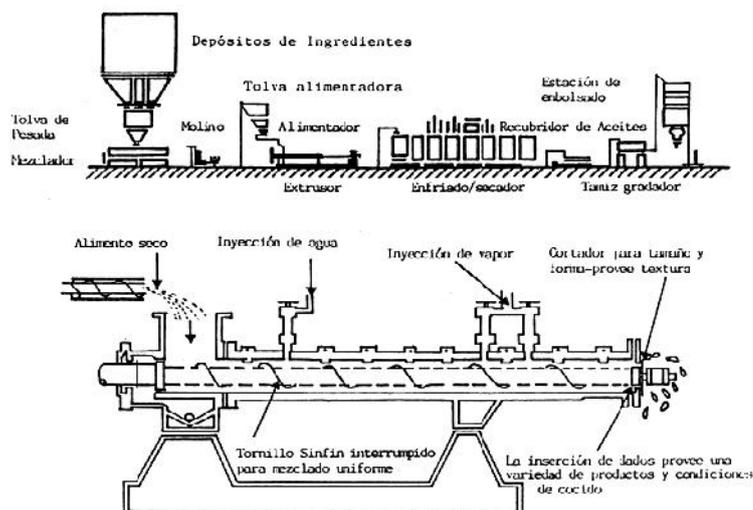


Figura 3. Extrusor

2.10.1. Proceso de extrusión

La extrusión es un método de procesamiento utilizado en la industria de alimentos ya que está demostrado que las propiedades físicas y químicas del producto pueden mejorarse con el uso de este tratamiento. La fricción bajo presión, produce un calentamiento que inactiva inhibidores de tripsina en soya desgrasa (Mustakas, 1994).

La cocción por extrusión de productos alimenticios requiere la aplicación de calor por tiempo suficiente para completar las reacciones deseadas, usualmente de gelatinización de almidones. El calor puede ser agregado por convención o conducción (Harper, 1981). Los factores más importantes de la extrusión que afectan significativamente en la inactivación de la ureasa en soya son: la temperatura, humedad y tiempo de resistencia (Cabral, 1992). A pesar de la importancia del monitoreo de la presión, esta muchas veces no se realiza, los transductores de presión suelen ser caros y requieren de un cuidado especial, mantenimiento y calibración (Kokini, 1992).

2.10.2. Tratamiento térmico

La efectividad del proceso para eliminar los factores antinutricionales depende más de la precisión de los controles en cada equipo, que del tipo de equipo. Si el procesamiento es deficiente (poca temperatura o poca duración del proceso) las sustancias de actividad biológica (inhibidor de tripsina y lipooxigenasa principalmente) no son inactivados de manera efectiva. Por otra parte, si el proceso térmico es exagerado aunque se logre la inactivación de las sustancias biológicas, simultáneamente puede ocasionar una destrucción irreversible de ciertos aminoácidos (especialmente lisina), afectando severamente la calidad proteica (Zaldivar, 2007).

Durante el tratamiento térmico a elevadas temperaturas, diversos aminoácidos experimentan cambios en sus cadenas laterales que provocan pérdidas nutritivas. La cisteína y la serina son responsables de convertirse en deshidroalanina, que puede formar enlaces con las cadenas laterales de la lisina lo que produce uniones irreversibles entre diferentes secciones de la cadena polipeptídica. Además de reducir el número de restos de lisina disponibles, la formación de enlaces cruzados de este tipo entre cadenas aminoacídicas vecinas tiende a impedir la asimilación de gran parte del resto de la molécula proteínica, puesto que dificulta el desplegamiento y, por ende, el acceso a las enzimas proteolíticas del intestino (Coultrate, 2007).

Los antinutrientes de naturaleza proteica y diferente termoestabilidad, son inactivados mediante tratamiento térmicos habituales durante el acondicionamiento de los productos antes del consumo. La temperatura, el tiempo de aplicación y las condiciones de humedad a las que se lleve a cabo el tratamiento deben ser rigurosamente controladas debido a que se corre el riesgo de ocasionar, en eventuales casos de temperaturas y tiempo anormalmente elevados disminución de la biodisponibilidad de aminoácidos esenciales como la lisina, con defectos nutricionales de gravedad variable (Badui, 2006), también se menciona que cuando el grano se encuentra con un alto porcentaje de humedad se requiere mayor tiempo y mayor temperatura para inactivar el inhibidor de tripsina. La actividad del inhibidor de tripsina es destruida casi a la misma velocidad con que se destruye la enzima ureasa, bajo condiciones de cocinado (Albrech, 1966; citado por Salas, 1981).

2.10.3. Efecto de la Extrusión en la Calidad Proteica

La fuerza mecánica propia del extrusor puede desnaturalizar las proteínas a causa de la elevada fuerza de cizalla. Hay modificación de la red proteica, principalmente por disrupción de las alfa-helices (Belitz y Grosch, 1997). Las reacciones de la proteína durante la extrusión (expansión) son: Reacción de Maillard por la presencia de azúcares reductores, desnaturalización, ruptura y formación de enlaces químicos intermoleculares (peptídico y disulfuro) y la formación de complejos proteínas-proteína, proteína - carbohidratos y proteína - lípido (Cisneros, 2000).

El calentamiento por extrusión, produce alteraciones químicas de los restos de los aminoácidos (deshidratación de la serina o desaminación del glutamilo e-N-lisina) Estos cambios pueden alterar las propiedades nutritivas y funcionales de las proteínas (Fennema, 1997). Condiciones de bajo contenido de humedad tienden a dar un grado de protección a la desnaturalización proteica pero también crean las condiciones apropiadas para la generación de mayor cizalla y altas temperaturas; al incrementar la temperatura de extrusión de 115 a 150°C reduce la digestibilidad de la proteína (Van Der Piel, 1992). Se evaluó el efecto de la extrusión del grano de soya, tres veces consecutivas, en la calidad nutricional. El producto rindió resultados pobres, debido a la reducción a valores significativamente bajos del contenido de lisina disponible (Lam y Sánchez, 1995).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR EXPERIMENTAL

El trabajo de extrusión fue realizado en la Planta procesadora de Cereales del Altiplano S.A.C-San Román Juliaca y la parte experimental se realizó en los laboratorios de Evaluación Biológica de los Alimentos y Evaluación Nutricional de Alimentos, del Departamento de Nutrición, de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina - Lima.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima

Se evaluó la quinua de la variedad Negra Collana cosechada en la localidad de Juliaca, Departamento de Puno a una altitud de 3,825 m.s.n.m. La materia prima presentó características favorables en tamaño de grano, para la elaboración de harina de quinua extruída y harina de quinua sin extruir de la variedad Negra Collana en la planta procesadora de cereales del Altiplano S.A.C San Román, Juliaca.

3.2.2. Materiales y Equipos de Laboratorio

a. Para la obtención de harina extruída

- Extrusor eléctrico (Innova). 50 HP. Cap. 180-250 Kg.
- Balanza analítica Ohaus Adventurer
- Molino de martillo (Jarcon) cap. 250 Kg.
- Tamices N° 0.5 mm de diámetro
- Bandejas de secado

b. Para el análisis proximal de la materia prima

Equipos

- Micro kjendahl
- Estufa para la determinación de la humedad marca Memmert
- Mufla
- Equipo Soxhlet
- Balanza analítica Ohaus Adventurer
- Potenciómetro 410 Aplus Termorion

Materiales

- Desecador con desecante silicagel
- Papel filtro whatman N° 40.
- Cronómetro
- Matraces de 250, 500 y 1000 mL
- Matraz esmerilado 250mL
- Pipetas de 10 y 15 mL
- Probetas de 10, 50 y 500 mL
- Soportes
- Vasos de precipitado de 25, 50, 100, 250 y 500 mL

Reactivos

- Éter de petróleo 96% (Mallnckrodt)
- Acido sulfúrico concentrado al 1.25%
- Hidróxido de sodio al 1.25% (Montana)
- Ethyl alcohol 96% (Montana)
- Agua destilada
- Ácido clorhídrico fumante al 37% (Merck)
- Hexano

c. Para el análisis del valor biológico

- Tamices
- Espátula
- Tubos de ensayo largos
- Balanza de reloj marca BERKEL de 5 kg de capacidad
- Jaulas individuales no metabólicas de acero inoxidable
- 12 unidades de ratones de la raza Holtzman de 21 a 25 días de nacido destetados
- Estufa marca Memmert

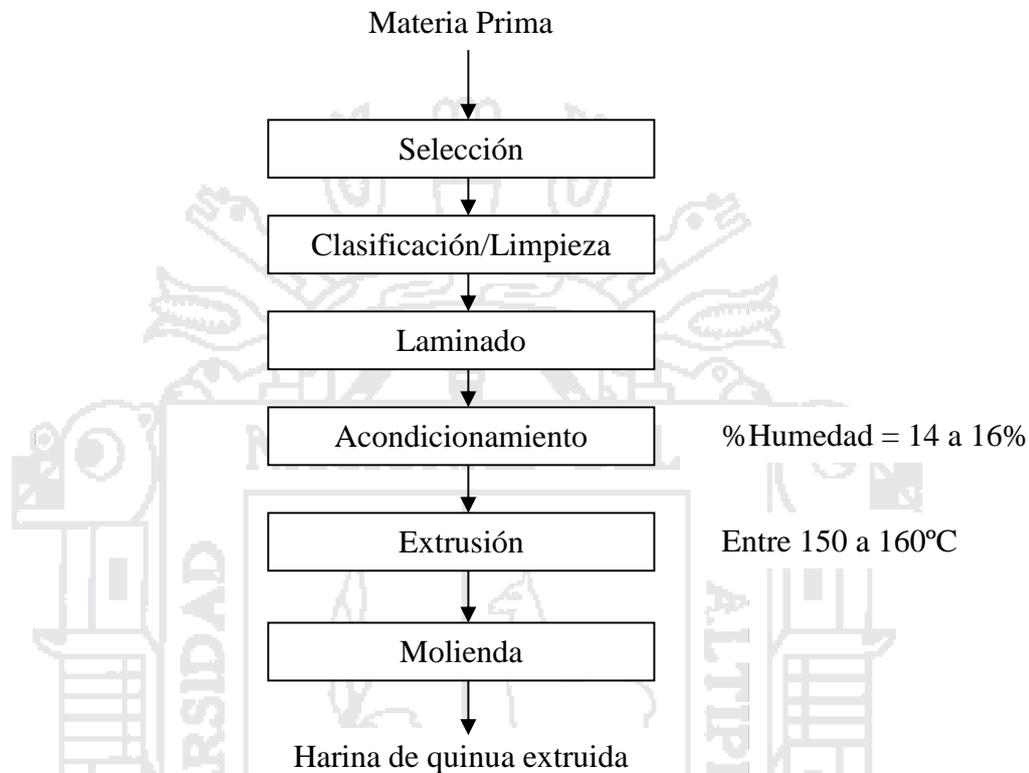
3.3. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

3.3.1. Obtención de harina de quinua extruida de la variedad Negra Collana

Con la finalidad de evaluar la calidad de la proteína, se procedió a la obtención de harina de quinua extruida, considerando las siguientes etapas de

proceso, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de harina de quinua extruida



Fuente: Elaboración propia (2009).

Materia Prima. Luego de cosechada la quinua es lavada y posteriormente secado al medio ambiente, la quinua fue decepcionada en bolsas de polipropileno para su adecuada conservación y traslado.

Selección. Granos enteros sin presencia de daños y partículas extrañas.

Clasificación y Limpieza. Se clasificaron los granos de quinua homogéneamente, descartándose impurezas como piedras, palos, etc.

Laminado. Para la extrusión, fue necesario realizar un previo laminado con un laminador de granos.

Acondicionamiento. Para la extrusión, se acondiciono la quinua laminada en un rango de porcentaje de humedad entre un valor de 14 a 16% de humedad.

Extrusión. Se utilizo un extrusor eléctrico Monotornillo de la marca Instra-Por modelo americano, temperatura mínima 140°C, manómetros de presión de agua de 100 lb, flujómetro de agua nivel de 1.5, una presión del extrusor de 350

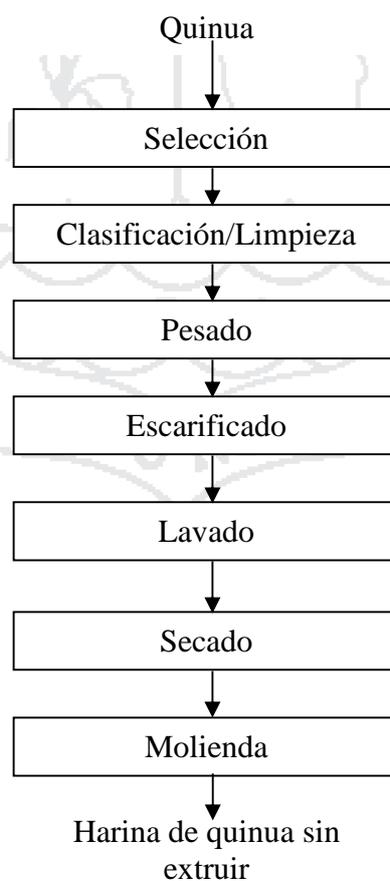
lb/pulg² (2.5 Mpa), velocidad del tornillo de 350 rpm y una capacidad de 250 a 300 kg/h a temperatura de 150°C a 160°C en humedades aproximadas del producto: 14% a 16%. A un tiempo de residencia constante de 9 segundos.

Molienda. Se procedió a moler con un molino eléctrico pulverizador marca Micro Simple de 8.0 mm de diámetro de criba, obteniéndose la harina cocida de gránulos finos.

3.3.2. Obtención de harina de quinua sin extruir de la variedad Negra Collana

Con la finalidad de evaluar la calidad de la proteína, se procedió a la obtención de harina de quinua sin extruir, considerando las siguientes etapas de proceso, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Diagrama de flujo para la obtención de harina de quinua sin extruir.



Fuente: Elaboración propia (2009)

Selección. Granos enteros sin presencia de daños y partículas extrañas.

Clasificación y Limpieza. Se clasificaron los granos de quinua homogéneamente, descartándose impurezas como piedras, palos, etc.

Pesado. Se realizó en una balanza plataforma

Escarificado. Se realizó con la finalidad de eliminar la saponina, donde se sometió el grano a un proceso de fricción para eliminar las capas periféricas del mismo (que son las que contienen las saponinas), en forma de polvo.

Lavado. Los granos escarificados fueron lavados en abundante agua manualmente, con la finalidad de eliminar la saponina.

Secado. Se realizó con la finalidad de disminuir el porcentaje de humedad, utilizando una secadora solar manteniéndose en ella 8 horas aproximadamente.

Molienda. Los granos secos fueron sometidos a una molienda, en un molino de martillos con mallas tamices de 0.5 mm.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Este presente trabajo de investigación se dividió en dos partes:

- En la primera parte se evaluó la cantidad de proteína en la harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de la Variedad Negra Collana, mediante el análisis físico químico.
- En la segunda parte se determinó la calidad de la proteína en la harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de la variedad Negra Collana, mediante las pruebas del Método Biológico de la Relación de Eficiencia Proteica PER, valor biológico VB, digestibilidad verdadera VD, digestibilidad aparente AD y utilización de proteína neta NPU.

3.4.1. Evaluación de la cantidad de proteína de la harina de quinua extruida y harina sin extrudir de quinua Variedad Collana Negra.

Se realizó el análisis químico proximal de las harinas de quinua extruida y sin extruir de la variedad Negra Collana, en el laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, para determinar el contenido de humedad, proteína total, extracto etéreo, fibra cruda, ceniza y extracto libre de nitrógeno, según los métodos recomendados por la AOAC (1990).

3.4.2. Determinación de la calidad de la proteína de la harina de quinua extruida y harina sin extruir de quinua Variedad Collana Negra.

La evaluación de la calidad de la proteína de la quinua se efectuó con las siguientes pruebas biológicas: Determinación de la relación de eficiencia proteica (PER), el valor biológico (VB), digestibilidad aparente (DA), digestibilidad verdadera (DV) y utilización de proteína neta (NPU) en harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de la variedad Negra Collana. Para esto se ha considerando y llevando a cabo varias actividades que se detallaran a continuación:

3.4.3.1. Materiales y equipos

Se utilizaron jaulas metabólicas individuales de acero inoxidable, con comederos de 15 g. de capacidad, bebederos de vidrio en un sistema especial para coleccionar heces y orinas separadamente. Ver Anexo 5. (Foto 2)

3.4.3.2. Animales experimentales

Se utilizaron 12 ratas machos de 22 días de nacido raza Holtzman, de los cuales 6 ratas se utilizaron para la evaluación de harina de quinua extruida y 6 ratas para la harina sin extruir de quinua, de los cuales cada grupo de 6 ratas se colocaron al azar en las jaulas metabólicas individuales de acero inoxidable, para la permanencia de las unidades experimentales. Ver Anexo 5. (Foto 3)

3.4.3.3. Dieta

La dieta fue preparada en base al análisis proximal de la harina extruida de quinua y harina de quinua sin extruir de la variedad Collana Negra. A los requerimientos nutricionales de las ratas (NRC,1999). Dicha dieta fue isoproteica e isocalorica con 10% de la proteína Ver Anexo 5. (Foto 4). La composición de la dieta que presenta en los Cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. Composición porcentual y valor nutritivo de la dieta formulada para la determinación de la calidad en harina extruida de quinua de la variedad Collana Negra.

INGREDIENTES	(%)	Kcal.
Harina extruida de quinua	71.32	273.72
Sales minerales	4.00	
Vitaminas	5.00	18.87
Grasa vegetal	3.20	28.80
Azúcar	6.51	26.04
Maicena	7.61	26.79
Fibra	2.36	5.81
Total	100.00	380.03
Valor Nutritivo Calculado	Contenido en la Dieta	
Proteína (%)	10.08	
Energía (kcal/g.)	273.72	

Cuadro 8. Composición porcentual y valor nutritivo de la dieta formulada para determinar de la calidad en harina de quinua sin extruir de la variedad Collana Negra

INGREDIENTES	(%)	Kcal.
Harina sin extruir de quinua	71.32	267.77
Sales minerales	4.00	
Vitaminas	5.00	18.87
Grasa vegetal	4.29	38.61
Azúcar	5.00	20.00
Maicena	8.70	30.62
Fibra	1.69	4.16
Total	100.00	380.03
Valor Nutritivo Calculado	Contenido en la Dieta	
Proteína (%)	10.52	
Energía (kcal/g.)	267.77	

La dieta fue suministrada en un peso de 15 gramos de cada muestra y se colocaron en los comederos, se proporciono durante las primeras horas de la mañana en los días de estudio.

3.4.3.4. Conducción experimental

La etapa experimental tuvo una duración de 7 días, además del periodo de acostumbramiento duro 4 días. Ver Anexo 5. (Foto 1). Se registro individualmente la ganancia de peso Ver Anexo 5. (Foto 5) y consumo diario de alimento, así como la excreción de heces y orina Ver Anexo 5. (Foto 6 y 7), después del control de 7 días, las muestras individuales de heces se molieron, mezclaron y homogeneizaron para posteriormente ser analizadas para la determinación de nitrógeno, de mismo modo se procedió a mezclar y homogeneizar las muestras individuales de la orina para ser analizadas y determinar el contenido de nitrógeno.

Considerando el registro de la ganancia de peso y consumo diario de alimento se procedió a calcular la Relación de Eficiencia Proteica (PER) y la Razón Proteínica Neta (NPR). Considerando el consumo de nitrógeno del animal y la cantidad de nitrógeno presente en las heces, se calculo la Digestibilidad Aparente (DA) y Digestibilidad Verdadera (DV). Para la determinación del valor biológico aparente (VBA) se utilizó los registros tomados de la digestibilidad aparente y además el contenido de nitrógeno de la orina.

3.4.4. Diseño Estadístico

En la presente investigación, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones por tratamiento, para evaluar la cantidad de proteína y para determinar la calidad proteica se utilizo el diseño en bloque completamente al azar (DBCA) en la ganancia de peso en vivo, con el fin de determinar si existe o no diferencia significativa entre la harina de quinua extruida y la harina de quinua sin extruir, según el esquema experimental mostrado en el Cuadro 9 y 10.

Cuadro 9. Esquema experimental para evaluar la cantidad de proteína en las harinas de quinua extruir y sin extruir de la Variedad Negra Collana.

FACTOR DE ESTUDIO			VARIABLES DE RESPUESTA
			% Proteína
TIPO DE HARINA	HARINA DE QUINUA EXTRUIDA	R1	
		R2	
		R3	
	HARINA DE QUINUA SIN EXTRUIR	R1	
		R2	
		R3	

Cuadro 10. Esquema experimental para evaluar la ganancia de peso en las harinas de quinua extruida y sin extruir de la Variedad Negra Collana.

FACTOR DE ESTUDIO		Bloque	VARIABLES DE RESPUESTA
			PER
TIPO DE HARINA	HARINA DE QUINUA EXTRUIDA	R1	
		R2	
		R3	
		R4	
		R5	
		R6	
	HARINA DE QUINUA SIN EXTRUIR	R1	
		R2	
		R3	
		R4	
		R5	
		R6	

Para el análisis de varianza se uso el programa estadístico Statgrafic Centurion, y para comparar los promedios de los tratamientos se empleo la prueba de comparación por la Diferencia Mínima de Significación, con un nivel de significancia del 5%.El modelo aditivo lineal es el siguiente

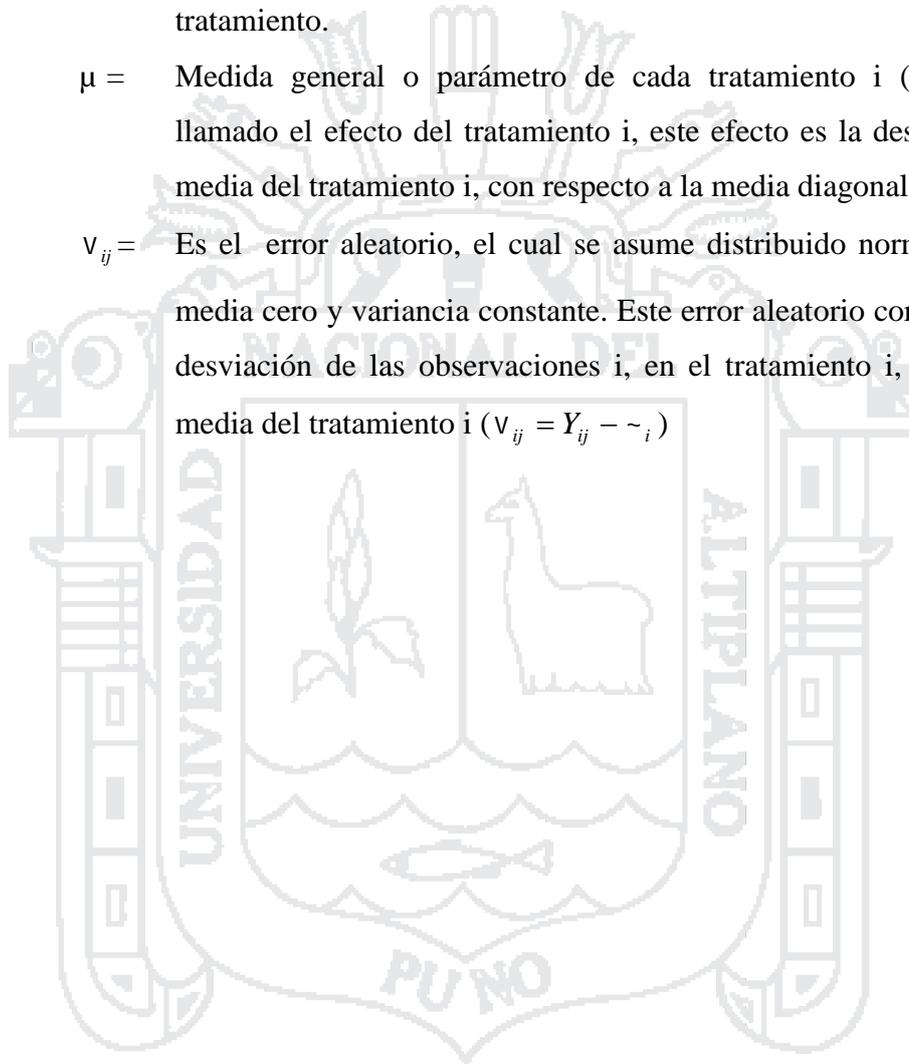
$$Y_{ij} = \mu + T_i + v_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable de respuesta de la j-esima observación sujeto al i-esimo tratamiento.

μ = Medida general o parámetro de cada tratamiento i ($T_i = \mu_i - \mu$) llamado el efecto del tratamiento i, este efecto es la desviación de la media del tratamiento i, con respecto a la media diagonal.

v_{ij} = Es el error aleatorio, el cual se asume distribuido normalmente con media cero y variancia constante. Este error aleatorio corresponde a la desviación de las observaciones i, en el tratamiento i, respecto a la media del tratamiento i ($v_{ij} = Y_{ij} - \mu_i$)



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Elaboración de harina de quinua extruida

Para la elaboración de harina de quinua extruida se empleó 100 kg de quinua Negra collana, del cual se obtuvo, un rendimiento en harina de quinua extruida del 95% que equivale a 95 kg. Las características organolépticas finales de la harina de quinua extruida fue un producto homogéneo de color café claro (Figura 6-A) con un sabor y olor característico en cocción, Se puede decir listo para el consumo humano. Esto podría ayudar en el tema de la desnutrición y por digestibilidad buena para los niños de 3 a 5 años .

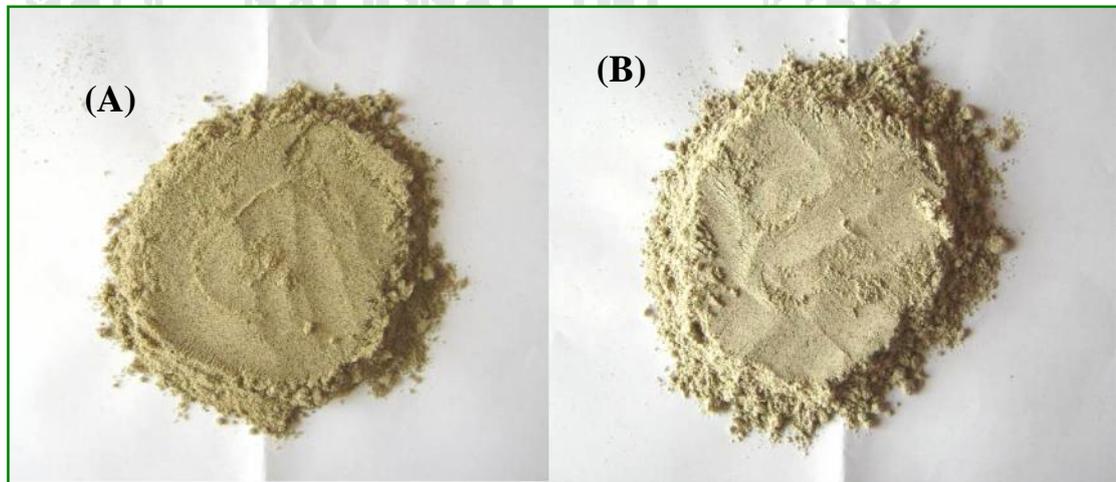


Figura 6. Harina de quinua Extruida (a) y Harina de quinua sin extruir (b)

Los granos andinos por su calidad nutritiva, es una alternativa promisoría para cubrir las deficiencias de mal nutrición, especialmente, para la población infantil ancianos, madres gestantes y lactantes, por cuya razón, el uso de quinua extruidos es una opción para mejorar la dieta alimentaria, los extruidos mejoran significativamente la digestibilidad de los nutrientes. Generalmente, la tecnología de extrusión permite obtener productos de calidad es decir, minimizan la degradación o desnaturalización de nutrientes, mejora la digestibilidad y destruye factores indeseables o antialimentarios de los alimento Luque y Chaiña (2002), demuestran que el contenido de proteínas de la mezcla de quinua- qañiwa- cebada- maíz- haba y soya, aumentan de 13.85 a 15.0 % en un producto extruído.

Según Belitz y Grosch, (1997). la fuerza mecánica propia del extrusor puede desnaturalizar las proteínas a causa de la elevada fuerza de cizalla. Hay modificaciones de la red proteica, principalmente por disrupción de las alfas de hélices

4.2. Evaluación de la cantidad de proteína de la harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de la Variedad Negra Collana.

Se evaluó la cantidad de proteína mediante el análisis proximal en la harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de la variedad Negra Collana, como se muestra en el Cuadro 11. Según la FAO, 1985, el contenido de proteínas de la quinua varía entre 11 a 21.3 g/100 g de porción comestible en la quinua, dependiendo de su variedad genética y la edad de maduración de la planta, la localización del cultivo de suelo, así también se demostró que la harina de quinua blanca es de 9.4 g/100 g de porción comestible, comparándose con los resultados obtenidos la quinua negra collana presenta mayor concentración de proteínas encontrándose en 14.94 g/100 g de porción comestible de la harina de quinua sin extruir.

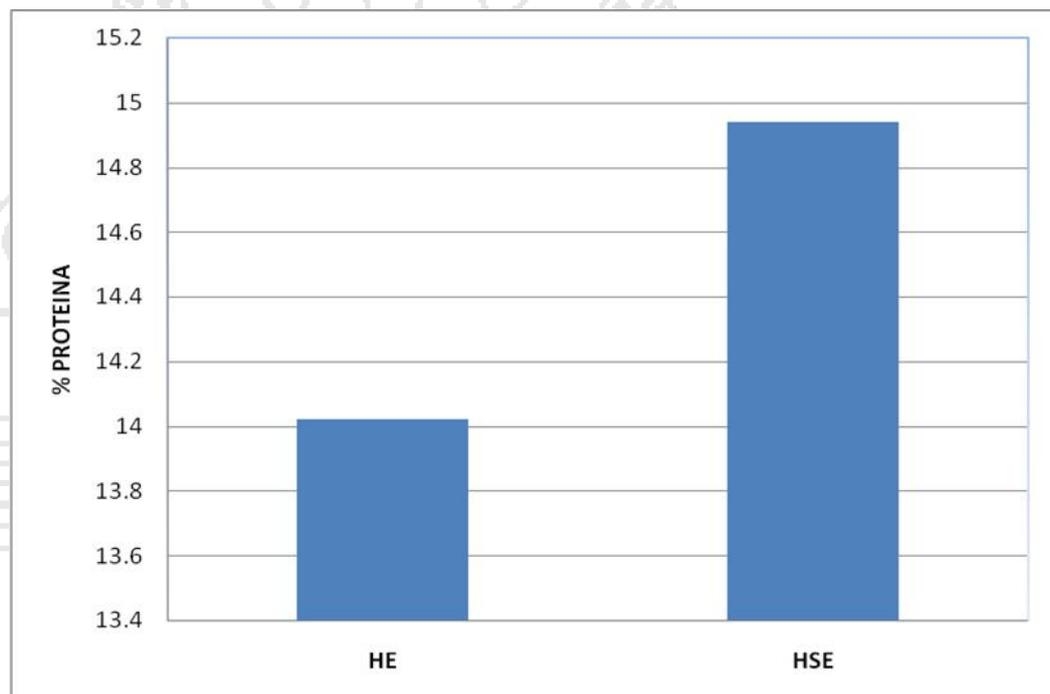
Cuadro 11. Composición químico proximal de la harina de quinua Negra Collana en base a 100 g de muestra.

Contenido	Harina de quinua	
	Extruido (%)	Sin Extruir (%)
Humedad	5.39	7.79
Proteína total (N x 6.25)	14.02	14.94
Grasa	5.75	6.73
Fibra	3.70	4.64
Ceniza	2.15	2.12
ELN	68.99	64.70

El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en cuanto al porcentaje de proteína (Anexo 1. Cuadro 2.). Se puede observar que presenta mayor porcentaje de proteína la harina de quinua sin extruir en un porcentaje de 14.94%. como se muestra en la Figura 7. La importancia de las proteínas de la quinua radica en la calidad de las mismas, ya que no tienen un alto

contenido de proteínas comparado con otros cereales. Así Brinegar & Goundan (1993) aislaron y caracterizaron la proteína principal de la quinua, la chenopodina, siendo la principal proteína del grano de la quinua.

Figura 7. Gráfico de Barras del porcentaje de proteína de la harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir de la variedad Negra Collana



HE : Harina Extruido

HSE: Harina sin Extruir

4.3. **Determinación de la calidad de la proteína en harina de quinua extruida y harina de quinua sin Extruir de quinua Variedad Negra Collana**

En el presente trabajo de investigación para determinar la calidad proteica se determino la relación de eficiencia proteica (PER), valor biológico (VB), digestibilidad aparente (DA), digestibilidad verdadera (DV) y de proteína neta (NPU), tanto para harina de quinua Collana Negra extruida y sin extruir (Cuadro 12.)

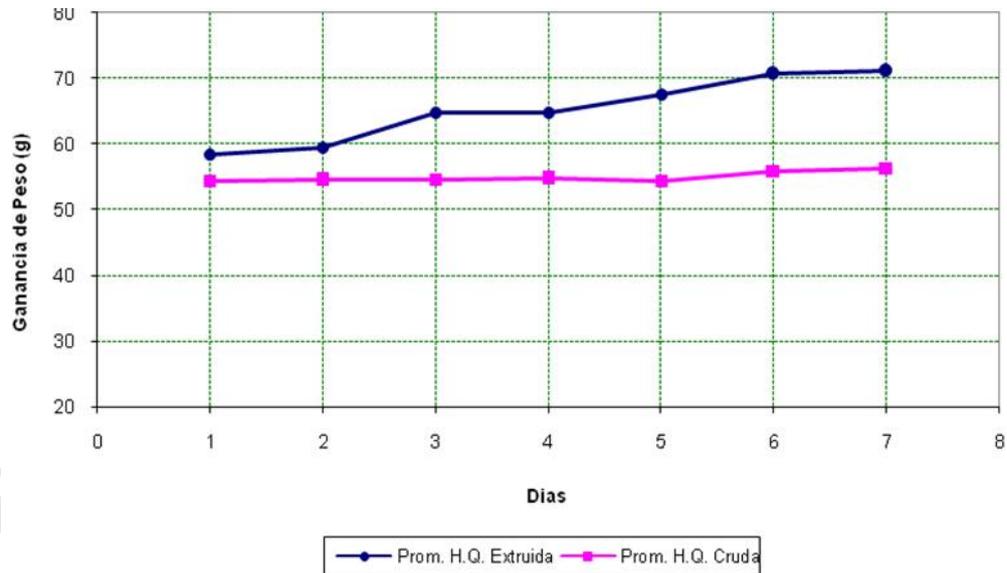
Cuadro 12. Determinación de la calidad de las harinas de quinua extruida y sin extruir

Variables de respuesta	Harina de Quinua Extruida	Harina de Quinua sin extruir
Relación de Eficiencia Proteica (PER)	2.12	0.50
Utilización de Proteína Neta (NPU)	48.96	36.50
Valor Biológico (VB)	65.28	52.27
Digestibilidad Aparente (DA)	75	0.50
Digestibilidad Verdadera (DV)	79.17	76.19

Los valores calculados matemáticamente de PER se muestra en el Cuadro 12, corresponde a las dietas de harinas de quinua extruida y sin extruir de la variedad Negra Collana, observándose que la mayor Relación de Eficiencia Proteica (PER) corresponde a la harina de quinua extruida con un promedio de 2.12 seguida de la dietas con harina de quinua sin extruir con un promedio de 0.50, sin embargo la harina de quinua extruida están muy cercanos a la cifra del PER para la caseína (2.50). Estos datos son corroborados por los de White et al. (1955) que informa que la calidad de la proteína de la quinua es igual a la proteína de la leche entera en polvo, cuando las ratas de laboratorio fueron alimentadas con 9 % de la proteína. Cardoso (1950) realizó estudios en cerdos alimentados con quinua cocida, como fuente de proteína y los animales crecieron a la misma velocidad que aquellos cerdos alimentados con leche descremada. Los estudios de Hegsted y Stove (Alcázar, 1943), indican que ratas alimentadas con quinua lavada o sin lavar, crecieron a similitud que las ratas alimentadas con cantidades equivalentes de caseína, en comparación al cuadro 5 en determinación de la calidad proteica en el animal y vegetal.

Para la ganancia de peso vivo en el análisis de varianza, se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para los bloques, lo que nos indica ha habido un crecimiento progresivo de la población de las ratas, así también existe diferencia significativa ($p < 0.05$), lo que indica que la ganancia de peso depende de la dieta consumida (Anexo 2. Cuadro 2.). En la Figura 8. Se puede observar la evolución de los pesos en la ganancia de peso de la población de ratas.

Figura 8. Evolución del peso promedio en ratas del grupo experimental alimentado con harina de quinua extruida y sin extruir.



El peso promedio del grupo experimental para la harina extruida fue de 58.42 ± 4.05 g y para la harina sin extruir de 54.40 ± 2.06 g, con una variación de peso entre estos dos grupos de 4.02 g (Anexo 3.Cuadro 1.). El peso final del grupo experimental alimentado con harina de quinua Extruida fue de 71.08 ± 6.43 g y para el grupo experimental alimentado con harina de quinua sin extruir de 56.37 ± 5.29 g (Cuadro 13.). La importancia de las proteínas de la quinua radica en la calidad de las mismas. Las proteínas de quinua, tienen una composición balanceada de amino ácidos esenciales parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche (Repo, *et al.* 2001).

Cuadro 13. Promedio del consumo de alimento y ganancia de peso de los grupos experimentales alimentados con harina de quinua extruida y sin extruir.

Parámetro	Grupo experimental	
	Harina extruida	Harina Sin extruir
Alimento Consumido (g)	56.85 ± 7.80	38.88 ± 8.80
Nitrógeno consumido (g)	0.96	0.625
Ganancia de peso (g)	71.08 ± 6.43	56.37 ± 5.29

De acuerdo a los análisis realizados la mayor ganancia de peso se encuentra en la harina de quinua extruida, lo que nos indica que presenta mejor calidad que la

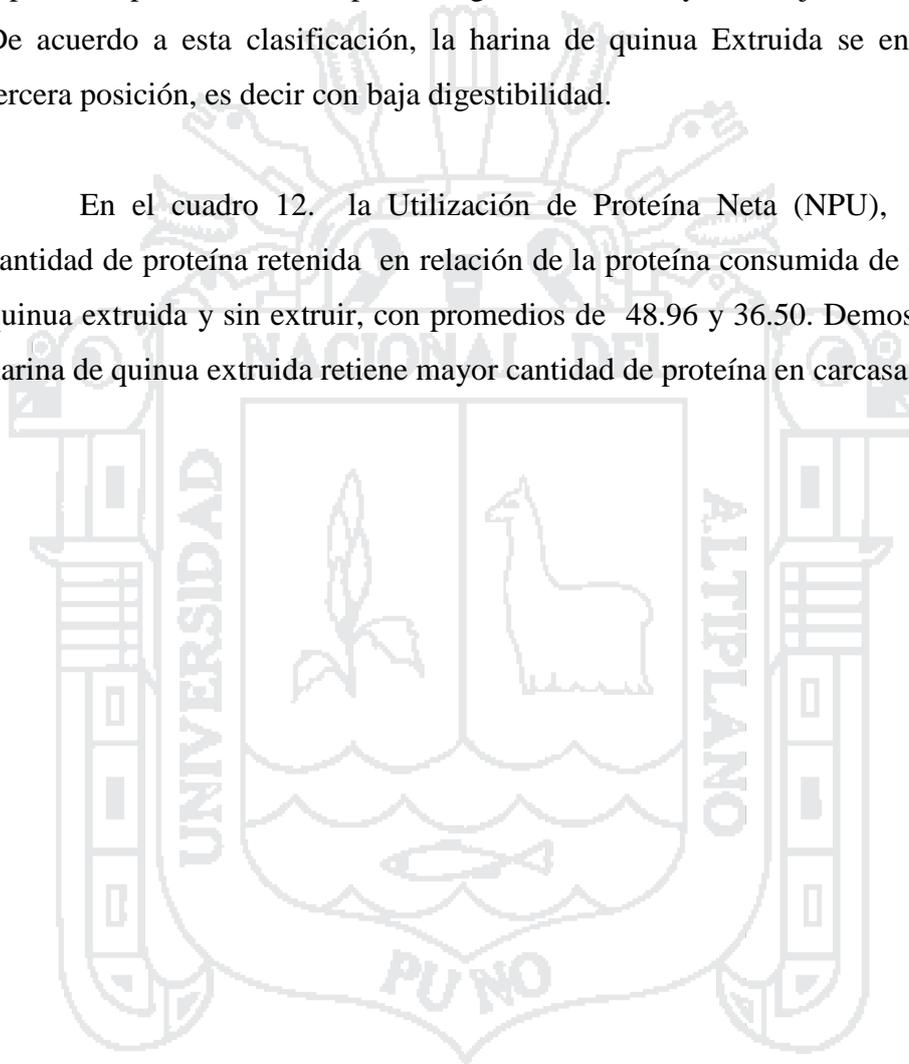
harina de quinua sin extruir con una diferencia de 14.71 (Cuadro 13). En un estudio realizado por López (1976) se muestra que las ratas alimentadas con quinua cocida ganan mayor peso corporal que el grupo control que consumió caseína (una diferencia de 32 g) que fue estadísticamente significativa ($p \leq 0.01$). Las ratas alimentadas con quinua no cocida ganaron menos peso que las ratas que consumieron caseína. La explicación del mayor aumento de peso de las ratas que consumieron quinua cocida se debe a que ingirieron más quinua (314 g) comparadas con las que consumieron caseína (227 g) y quinua sin cocción (194 g). Otra explicación del incremento de peso en las ratas que ingirieron más quinua cocida, se debe a que la temperatura desnaturaliza la proteína de la quinua exponiendo las cadenas de aminoácidos a la acción de las proteasas digestivas y de esta forma son más digeribles para el organismo, también la temperatura destruye los factores antinutrientes, tales como la saponina y otros, finalmente la cocción mejora la palatabilidad. El calentado de las proteínas desarrolla aromas típicos en los que los aminoácidos participan como precursores. Las investigaciones con alimentos han demostrado que los aromas característicos aparecen vía reacción de Maillard y que son compuestos derivados especialmente de cisteína, metionina, ornitina y prolina (Beitz et al., 1997).

En el cuadro 12, el Valor Biológico (VB) demuestra que la harina de quinua extruida aumenta el valor biológico de la proteína presentando un valor de 65.28 en comparación con la harina de quinua sin extruir 52.27. La alta temperatura y el corto tiempo de tratamientos usado con el cocimiento por extrusión son capaces de completar el cocimiento al usar una menor temperatura y mayor tiempo de tratamiento térmico, de modo que se preserve el valor nutritivo de la proteína (Rojas, 2002).

En el cuadro 12. la Digestibilidad Aparente (DA) y Digestibilidad Verdadera (DV) presento un valor más alto la harina de quinua extruida en un promedio de 75 de DA y 79.17 de DV, en comparación con la harina de quinua sin extruir que presenta valores de 0.50 de DA y 76.19 de DV. La digestibilidad no es por sí sola un indicador de calidad, tan solo es un factor condicionante. Estudios comparativos (FAO/OMS, 1991) usando el método de balance en ratas, clasificaron

los valores de la digestibilidad verdadera de la proteína en tres rangos: alta de 93 a 100 % para los alimentos de origen animal y la proteína aislada de soya. Digestibilidad intermedia con valores de 86 a 92 % para el arroz pulido, trigo entero, harina de avena y harina de soya; mientras que valores bajos (70 % - 85 %) fueron reportados para diferentes tipos de leguminosas incluyendo frijoles, maíz y lentejas. De acuerdo a esta clasificación, la harina de quinua Extruida se encuentra en la tercera posición, es decir con baja digestibilidad.

En el cuadro 12. la Utilización de Proteína Neta (NPU), que mide la cantidad de proteína retenida en relación de la proteína consumida de las harinas de quinua extruida y sin extruir, con promedios de 48.96 y 36.50. Demostrando que la harina de quinua extruida retiene mayor cantidad de proteína en carcasa.



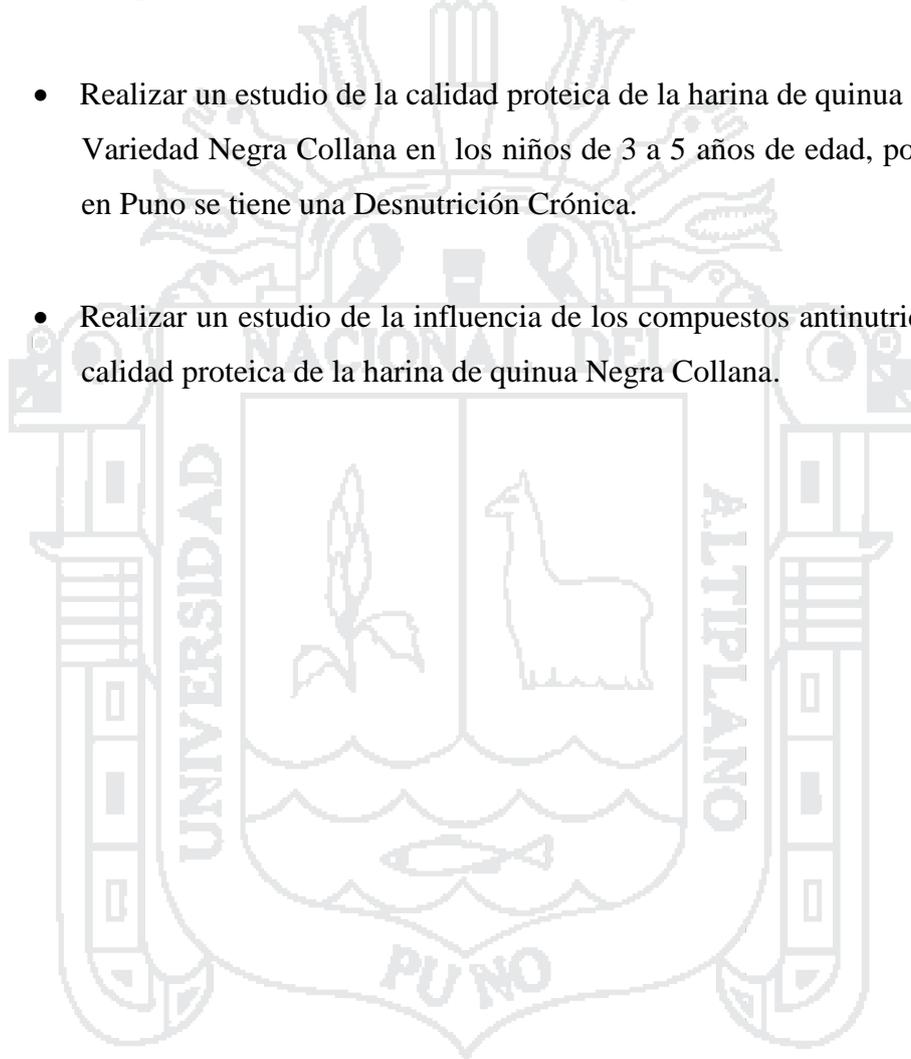
V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de desarrollo del presente estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones.

- Existe diferencia significativa en la cantidad de proteína entre la harina extruida y harina sin extruir de quinua variedad Negra Collana, encontrando valores de 14.02 para la harina de quinua sin extruir y 14.94 para la harina de quinua extruida.
- La calidad proteica de la quinua extruida es mayor que la harina sin extruir, mostrando valores de 2,12 la relación de eficiencia proteica (PER), 65,28 valor biológico (VB), 75 digestibilidad aparente (DA), 79.17 digestibilidad verdadera (DV) y 48 de proteína neta (NPU), a comparación de la harina sin extruir que muestra valores de 0.50 la relación de eficiencia proteica (PER), 52.27 valor biológico (VB), 69,84 digestibilidad aparente (DA), 76,19 digestibilidad verdadera (DV) y 36.50 de proteína neta (NPU).
- Los valores PER (2.12), VB (65.28), DA (75), DV (79.17), NPV (48) determinados para la quinua extruida, indican que la calidad proteica es mejor que la encontrada por otros procesos convencionales reportados con la literatura.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones relacionadas la composición de aminoácidos de la quinua en grano y harina de quinua extruida de la variedad Negra Collana, en comparación con otras variedades de la quinua blanca.
- Realizar un estudio de la calidad proteica de la harina de quinua extruida de la Variedad Negra Collana en los niños de 3 a 5 años de edad, por el tema que en Puno se tiene una Desnutrición Crónica.
- Realizar un estudio de la influencia de los compuestos antinutricionales en la calidad proteica de la harina de quinua Negra Collana.



BIBLIOGRAFIA.

- ALCAZAR, J. 1943. El pan de quinua será el mejor aporte a la buena alimentación del pueblo. Revista Agrícola del Ministerio de Agricultura y Colonización. La Paz. Bolivia.
- BADUI, S., 2006, Química de los alimentos, 4^{ta} Edición, Ed. Pearson Educación, Naucalpan de Juárez, México. 714 pp.
- BELITZ, A. Y GROSCH, S. 1997. Química de los Alimentos. 3ra Edición. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza- España.
- BELIZT, H.D. & W.GROSCH.1997. Química de los Alimentos. Ed. Acribia, SA. Zaragoza. España
- BLANCO, B. T., VARADO, O.U. C., MUÑOZ, J. A. M., MUÑOZ J.C. 2007. Evaluación de la Composición Nutricional de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) Procedente de los Departamentos de Junín, Puno, Apurímac, Cusco y Ancash. pp. 9.
- BRINEGAR, C. & S. GOUNDAN. 1993. Isolation and characterization of chenopodin, the 11S seed storage protein of quinoa (*Chenopodium quinoa*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 41(2): 182-185.
- CARDOZO, A. 1959 . Estudio comparativo del valor nutritivo de la torta de palma africana, quinoa y leche descremada en polvo. Tesis . Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas turrialba, Costa Rica.
- CARRILLO, A. 1992. Anatomía de la semilla de *Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae* (*Chenopodiaceae*) Huauzontle. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Botánica. Montecillo, México. 87 p.
- CHIRIBOGA, J. & D. VELASQUEZ. 1957. Análisis cromatográfico de aminoácidos en la quinua y estudios cuantitativos de los mismos en seis variedades más importantes que se consumen en el Perú. Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- CORNEJO, G. 1976. Hojas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) fuente de proteína. En: Convención Internacional de Chenopodiaceas.

2da.Potosí, Bolivia. 26-29 abril. IICA. Serie informes de conferencias, cursos y reuniones. No. 96. Bolivia. pp. 177-180.

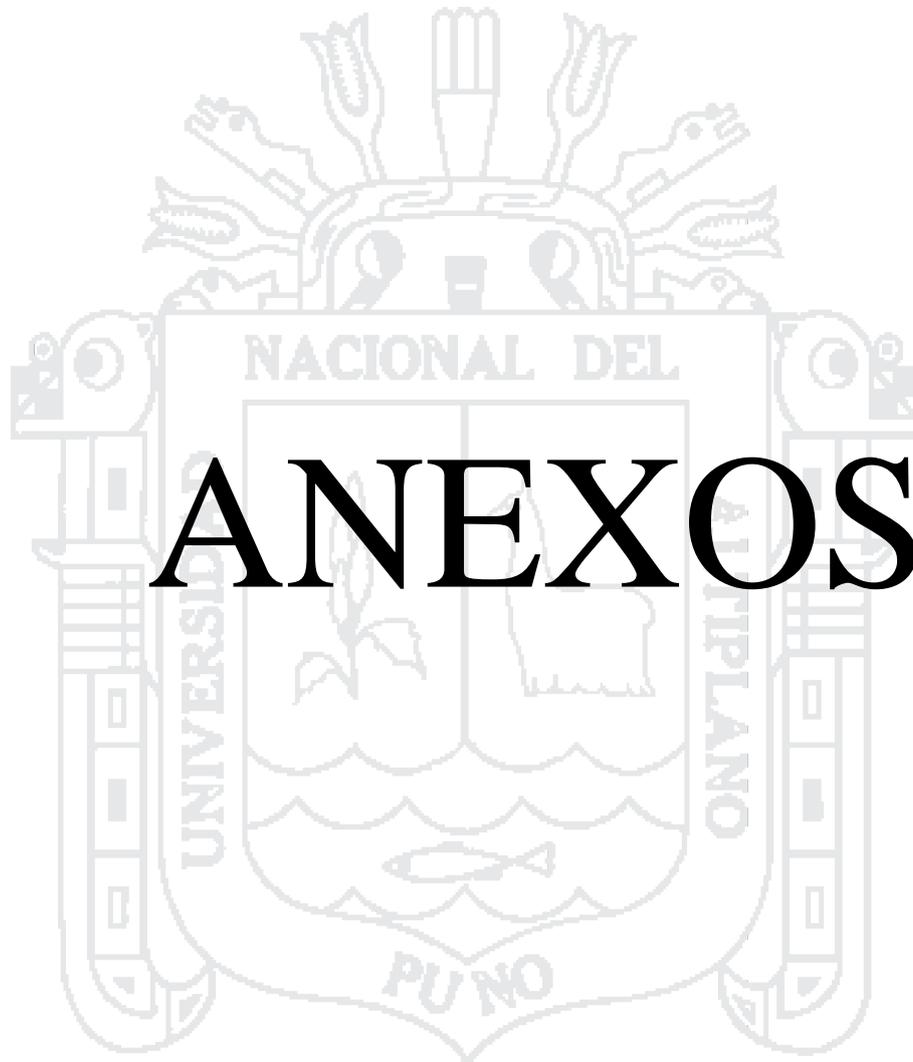
- COULTATE, T. 2007. Manual de química y bioquímica de los alimentos, Tercera edición, Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.
- EL-HADY A y HABIBA R. 2003. Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds. ELSEVIER, Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 36: 285–293
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1989. Evaluación de la calidad de las proteínas. Informe de una consulta de expertos. Bethesola, MD, Estados Unidos.
- FAO(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 1992. Evaluación de calidad de las proteínas. Informe de una Consulta de Expertos FAO/OMS. Roma, Italia.
- FAO(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1970. Contenido de Aminoácidos de los Alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Roma.
- FAO/OMS. 1991. Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12 . Informe de una consulta mixta de expertos FAO/OMS. Estudios FAO Alimentación y Nutrición, serie N° 23, Roma. pp.31.
- FELLOWS, P. 1994. Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y prácticas. Ed. ACRIBIA S.A., Zaragoza, España. 549 pp.
- GALLARDO, M.; GONZALES, A. Y PONESSA, G. 1997. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa). Chenopodiaceae. Lilloa 39, 1 (1997).
- GIUSTI, K. 1970. El género *Chenopodium* en la Argentina. I. Numero de cromosomas. Darwiniana 16: 98-105.
- HARPER, J. M. 1989. Food extruders and their applications, In: Extrusion cooking. Edited by Mercier, Ch., Linko, P., and Harper, J.M. Published by the AACC, St. Paul, Minnesota, USA.
- HEISER, C. Y D. NELSON. 1974. On the origin of the cultivated *Chenopods* (*Chenopodium*). Genetics 78: 503-505.

- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria), 2008. Liberación de Nueva Variedad de Quinoa INIA-420 "NEGRA COLLANA. NOTA DE PRENSA 266-2008-INIA-PW
- LÓPEZ, J. 1976 . La calidad de la proteína en la Quinoa, (*Chenopodium quinoa Willd*). Biblioteca del Centro Internacional de la Papa. Lima. Perú
- MATAIX, J., 2004, Nutrición y Alimentación Humana, Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Editorial Océano, Granada, España. 1533 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA 1996. Estadísticas de Comercio Exterior Agrario 1990 – 1996. Lima, Perú. pp.55.
- MUJICA, A. 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Montecillos, México. 122p.
- OLGUIN, M., et. al., 2001. Actividad ureásica en productos de soya. Propuesta de un nuevo método. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Vol. 51 N° 3.
- RANHOTRA, G., J. GELROTH, B. GLASER, K LORENZ & D. JOHNSON. 1993. Composition and protein nutritional quality of quinoa. Cereal Chemistry. 70 (3): 303-305
- REA, J. 1969. Biología floral de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Turrialba 19: 91-96. Rodríguez, R. 1978. Determinación del porcentaje de autopolinización y cruzamientos naturales en tres variedades comerciales de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Tesis de Ing. Agro. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 86 p.
- REPO, R., 1998. Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y Granos Andinos. Ed. Agraria. Lima, Perú.
- RIAZ, M., 2004, Extrusores en las Aplicaciones de Alimentos, Ed. ACRIBIA S.A., Zaragoza, España. 224 pp.
- ROJAS BALTAZAR, G.B. 2002. Efecto del Tratamiento Termico de la Extrusion sobre la Calidad Proteica del Frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) del tipo Panamito. Tesis UNALM. Perú.

- ROJAS, G., 2002. Efecto del Tratamiento Térmico de la extrusión sobre la calidad proteica del Frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) del tipo Panamito. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- RUALES, J. & B. NAIR. 1992. Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) an important Andean food crop. Arch. Latinoamer. Nutr., 42:232 - 241.
- SALAS, M., 1981, "Obtención de bebida de soya a partir de frijol de soya integral". Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- STOJCESKA V., AINSWORTH P., PLUNKETT A AND IBANOGLU S., 2010, The advantage of using extrusion processing for increasing dietary fibre level in gluten-free products, ScienceDirect, Food Chemistry, 121: 156–164.
- SZEPESI, B. 1991. Carbohidratos: en Conocimientos actuales sobre Nutrición. 6a. ed. OPS e Instituto Internacional de Ciencias de la Vida". Washington, DC, (Publicación Científica N° 532). pp.56-65.
- TAPIA, M. 1997. Cultivos Andinos Sub-explotados y su aporte a la Alimentación. Ed. FAO, Santiago, Chile. pp. 194-195
- TELLERÍA, M. L., V.C. SGARBIERI Y J. AMAYA. 1978. Evaluación química y biológica de la quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), Influencia de la extracción de las saponinas por tratamiento térmico". Arch. Latinoamer. Nutr. 28: 253 - 263.
- VILLACORTA, L. Y V. TALAVERA. 1976. Anatomía del grano de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). Anales científicos. Vol. XIV: 39-45. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú.
- VIÑAS O., 2000. Exportación de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa Willd.*) de la República de Bolivia. La Paz, Bolivia. 14 p.
- WHITE, L. P., ALVISTUR, E., DIOS, C., VIÑAS, E., WHITE, H. & COLLAZOS, C. 1955. Nutrient and protein quality of quinoa and cañihua, edible seed products of the Andes mountains. Agricultural and Food Chemistry. 3 : 531 - 534.

- WILSON, H. AND HEISER, C.B. JR. 1979. The origen and evolutionary relationship of huauzonthe (*Chenopodium nuttalliae*) domesticated chenopod of Mexico. Am. J. Bot. 66: 198-206.
- ZALDIVAR VALER, R., 2007. “Digestibilidad y Energía digestible de la Harina Integral de Soya y del gluten de maíz en cuy”. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).





ANEXO 1.

Cuadro 1. Resultados de la determinación del porcentaje de proteína en la Harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir.

TIPO DE HARINA	REPETICIONES (%)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
Harina Extruida	14.02	14.02	0.06
	14.08		
	13.96		
Harina Sin Extruir	14.96	14.94	0.02
	14.94		
	14.92		

Cuadro 2. Análisis de varianza**Variable dependiente:** cantidad de proteína (%)**Niveles:** Tipos de harinas de quinua; harina de quinua Extruida (HE) y harina de quinua sin extruir (HSE)

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-calculada	F-tabulado
Entre grupos	1	1.2696	1.2696	634.80	0.0000
Dentro grupos	4	0.008	0.002		
Total corr.	5	1.2776			

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias

Prueba de Tukey

= 0.05

Tipo de harina	Repeticiones	Promedios	Grupos homogéneos	
Harina Extruida	3	14.02	X	
Harina Sin Extruir	3	14.94		X

ANEXO 2.

Cuadro 1. Resultados de la ganancia de peso en las ratas experimentales alimentadas con Harina de quinua extruida y harina de quinua sin extruir.

TIPO DE HARINA	REP (%)	BLOQUE					
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
Harina Extruida	Rata 1	56.6	63.2	62.4	65.5	71.5	70.6
	Rata 2	55.0	61.5	59.0	62.2	61.7	62.0
	Rata 3	60.0	65.4	64.0	70.6	75.0	72.7
	Rata 4	62.1	65.8	69.0	73.0	75.6	79.4
	Rata 5	67.6	72.5	71.0	70.6	75.0	76.0
	Rata 6	55.6	60.9	64.0	64.0	65.4	65.8
PROM		59.48	64.88	64.90	67.65	70.70	71.08
DESV		4.8	4.2	4.4	4.3	5.8	6.4
Harina Sin Extruir	Rata 1	53.7	55.1	58.6	56.0	56.5	57.6
	Rata 2	57.0	60.0	60.5	60.5	65.2	64.5
	Rata 3	52.0	51.5	51.4	50.0	50.7	51.5
	Rata 4	54.9	53.2	51.7	53.5	51.5	50.0
	Rata 5	55.0	55.0	53.5	55.6	58.4	59.1
	Rata 6	54.5	53.2	52.9	51.2	53.1	55.5
PROM		54.52	54.67	54.77	54.47	55.90	56.37
DESV		1.6	2.9	3.8	3.8	5.4	5.3

Cuadro 2. Análisis de varianza

Variable dependiente: relación de eficiencia proteica (PER)

Factores en estudio: Tipos de harinas de quinua; harina de quinua Extruida (HE) y harina de quinua sin extruir (HSE)

Bloque; registro de 6 días de alimentación (Día 1, 2, 3, 4, 5 y 6)

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-calculada	F-tabulado
A:TIPO DE HARINA	1	2313.13	2313.13	102.08	0.0000
B:BLOCK	5	375.546	75.1091	3.31	0.0100
RESIDUAL	65	1472.85	22.6592		
TOTAL (CORRECTED)	71	4161.53			

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias

Prueba de Tukey

= 0.05

Tipo de harina	Repeticiones	Promedios	Grupos homogéneos	
Harina Sin Extruir	35	55.11	X	
Harina Extruida	35	66.45		X

Prueba de Tukey

= 0.05

Bloque	Repeticiones	Promedios	Grupos homogéneos	
Rata 1	12	57.00	X	
Rata 2	12	59.78	X	X
Rata 3	12	59.83	X	X
Rata 4	12	61.06	X	X
Rata 5	12	63.30		X
Rata 6	12	63.73		X

ANEXO 3.

FOTO 1.



PERIODO DE ACOSTUMBRAMIENTO

FOTO 2.



JAULAS METABOLICA

FOTO 3.



RATAS RAZA HOLTZMAN

FOTO 4.



DIETA

FOTO 5.



REGISTROS DE GANANCIA DE PESO

FOTO 6.



REGISTRO DE LA ORINA

FOTO 7.



REGISTRO DE HECES

