

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

## ESCUELA DE POSGRADO

### Unidad de Posgrado de Ciencias de la Salud



*Una Institución Adventista*

### **Evaluación de la calidad proteica de harinas de quinua, kiwicha, cañihua, tarwi y arveja muela en ratas**

**Por:**

Yaquelin Eveling Calizaya Milla  
Heydi Lissell Camones Sigueñas

**Asesor:**

Mg. Sc. Alejandrina Sotelo Mendez

Lima, setiembre de 2020

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Mg. Sc. Alejandrina Sotelo Mendez de la Escuela de Posgrado, Ciencias de la Salud, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Evaluación de la calidad proteica de harinas de quinua, kiwicha, cañihua, tarwi y arveja muela en ratas”** constituye la memoria que presentan las Licenciadas **Yaquelin Eveling Calizaya Milla y Heydi Lissell Camones Sigueñas** para aspirar al grado de Magister en Nutrición Humana ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, el 3 de setiembre del año 2020.

---

Mg. Sc. Alejandrina Sotelo Mendez

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**



En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 03 días día(s) del mes de septiembre del año 2020, siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Dra. Lili Albertina Fernandez Hdocho el (la) secretario(a): Mg. María Alina Miranda Flores y los demás miembros: Mg. Pool Marcos Carbajal ; Dr. Reynaldo Justino Silva Paz y Mg. Charo Nataly Hucco Ruffi y el (la) asesor(a) M.sc. Alejandrina Sotelo Henderz

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Evaluación de la calidad proteica de harinas de quinua, kiwicha, cañihua, tarwi y arveja muela en ratas

de los (las) bachiller(es): a) ..... b) .....

..... conducente a la obtención del grado académico de Maestro(a) en Nutrición Humana con mención en Nutrición Vegetariana

*(Denominación del Grado Académico de Maestro)*

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando ..... candidato (a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por ..... candidato (a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): HEYDI LISSELL CAMONES SILGUENIAS

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>APROBADO</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Candidato/a (b): YAQUELIN EVELING CALUZAYA HILLA

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>APROBADO</u>	<u>19</u>	<u>A</u>	<u>Excelente</u>	<u>Excelencia</u>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ..... candidato (a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y coquir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
 Presidente/a  
  
 \_\_\_\_\_  
 Asesor/a  
  
 \_\_\_\_\_  
 Miembro  
  
 \_\_\_\_\_  
 Miembro

Esta sustentación fue  
 realizada de manera  
 virtual, con apoyo del  
 Reglamento General de Grados  
 y títulos  
  
 Secretario/a

## **DEDICATORIA**

A mis padres Sergio y Victoria por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y por el valor mostrado para salir adelante. A mi hermano, Sergio por ser mi soporte del cual aprendí aciertos, y sobre todo, el apoyo incondicional en el desarrollo del trabajo.

Yaquelin Eveling Calizaya Milla

A mi madre Norma Sigueñas, por ser el motor y motivo de toda superación y su apoyo constante en cada meta trazada, a mi amado esposo Jorge Llaquijo por su incondicional soporte, ayuda y protección en todo el proceso.

Heydi Camones Sigueñas

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecemos a Dios por las bendiciones impartidas hasta donde hemos llegado, porque permitió la realización de este sueño anhelado.

A la Universidad Peruana Unión, por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales. A nuestra asesora, Mg. Sc. Alejandrina Sotelo Mendez por su dedicación y esfuerzo esmerado, quien, con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación apoyó en gran manera la culminación de esta tesis con éxito.

A Jorge Ilaquijo y Milagros Cruz, por su apoyo ofrecido en este trabajo, tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>DEDICATORIA</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>V</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>12</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>17</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>21</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>24</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>24</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>25</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO 1: FOTOS JAULAS METABÓLICAS</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO 2: FOTOS PREPARACIÓN DE LA DIETA</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 3: FOTOS RECOLECCIÓN DE HECES Y ORINA</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 4: FOTOS SACRIFICIO Y EXTRACCIÓN DE ÓRGANOS</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Distribución de nutrientes de la dieta control a base de caseína -----	13
<b>Tabla 2:</b> composición porcentual de las dietas 100 g -----	14
<b>Tabla 3.</b> Composición nutricional de las harinas -----	17
<b>Tabla 4.</b> Peso corporal final (g) y cambio del peso corporal durante el periodo de tratamiento. -----	17
<b>Tabla 5.</b> Comparación de la ingesta del animal (g) entre los distintos grupos de tratamiento	18
<b>Tabla 6.</b> Comparación del peso de los organos (g) entre los distintos grupos de tratamiento. -----	18
<b>Tabla 7.</b> Comparación del valor biológico (%) entre los distintos grupos de tratamiento. ----	19
<b>Tabla 8.</b> Comparación de la digestibilidad (%) entre los distintos grupos de tratamiento. ----	20
<b>Tabla 9.</b> Comparación de balance nitrogenado entre los distintos grupos de tratamiento. ---	20

## RESUMEN

**Introducción y objetivo:** El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la calidad proteica de harinas de quinua, kiwicha, cañihua, tarwi y arveja muela en ratas holtzman, a través de pruebas biológicas (valor biológico, digestibilidad y balance nitrogenado).

**Materiales y métodos:** El enfoque de la investigación fue de naturaleza cuantitativa, de diseño experimental. La muestra experimental estuvo conformada por 24 ratas de 22 días de nacidas. La elaboración de las dietas (distribución porcentual) se realizó de acuerdo a los requerimientos nutricionales de los animales de experimentación. Se formuló mezclas solidas (harina), que facilitaron su consumo, administrando una dieta control a base de caseína y cinco dietas tratamiento (quinua, kiwicha, cañihua, tarwi y arveja muela). La dieta y el agua se administraron *ad libitum* diariamente por un periodo de cuatro semanas. Terminado el estudio los grupos experimentales fueron sacrificados a través de sobredosis de pentobarbital. Una vez anestesiado se realizó el pesaje de órganos.

**Resultados:** La digestibilidad de las dietas a base de leguminosas fueron ligeramente más altas, reportando para la arveja chata 74.8% y para tarwi 79.2%, y las dieta base de cañihua, kiwicha y quinua presentaron menor porcentaje de digestibilidad 69.62%, 70.5% y 78.1% respectivamente, al compararse con el grupo que recibió caseína (92.4%). El valor biológico para los pseudocereales reportó rangos entre 62% a 66% y las leguminosas de 63% a 65%. Se observó, también una tendencia a la ganancia de peso en los animales que consumieron quinua y kiwicha.

**Conclusión:** La harina de quinua, cañihua y kiwicha contienen un contenido medio de proteína; con respecto a la digestibilidad proteica, sobrepasa el porcentaje promedio de cereales, sin embargo, se califica como baja. La harina de arveja muela y tarwi registraron un alto contenido de proteína, sin embargo, la digestibilidad proteica es similar a los pseudocereales, calificándola como baja.

**Palabras clave:** Digestibilidad, calidad proteína, pseudocereales, *leguminosas*

## **ABSTRACT**

**Introduction and objective:** The objective of the research work was to determine the protein quality of quinoa, kiwicha, cañihua, tarwi and ground pea flours in Holtzman rats, through biological tests (biological value, digestibility coefficient and nitrogen balance).

**Materials and methods:** The focus of the research was quantitative in nature, experimental in design. The experimental sample consisted of 24 rats 22 days old. The preparation of the diets (percentage distribution) was carried out according to the nutritional requirements of the experimental animals. Solid mixtures (flour) were formulated, which facilitated their consumption, administering a control diet based on casein and five treatment diets (quinoa, kiwicha, cañihua, tarwi and pea). Diet and water were administered ad libitum daily for a period of four weeks. At the end of the study, the experimental groups were sacrificed through pentobarbital overdose. Once anesthetized, the organs were weighed.

**Results:** The digestibility of the legume-based diets were slightly higher, reporting 74.8% for flattened peas and 79.2% for tarwi, and the cañihua, kiwicha and quinoa base diets presented a lower percentage of digestibility 69.62%, 70.5% and 78.1% respectively, when compared with the group that received casein (92.4%). The biological value for pseudocereals reported ranges between 62% to 66% and legumes from 63% to 65%. A trend towards weight gain was also observed in the animals that consumed quinoa and kiwicha.

**Conclusion:** Quinoa, cañihua and kiwicha flour contain a medium protein content; Regarding protein digestibility, it exceeds the average percentage of cereals, however, it is classified as low. The ground pea and tarwi flour registered a high protein content, however, the protein digestibility is similar to that of pseudo-cereals, qualifying it as low.

**Keywords:** Digestibility, Protein quality, Pseudo-cereals, Legumes

## INTRODUCCIÓN

La inseguridad alimentaria favorece al sobrepeso y obesidad, así mismo, a la desnutrición; es alarmante percibir la coexistencia de altas tasas de estas formas de malnutrición a nivel mundial (1)(2)(3). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que el número de personas subalimentadas incremento hasta los 821 millones en 2017 (aproximadamente una de cada nueve personas). La FAO estima que 151 (22%) millones de niños menores de 5 años en todo el mundo presentan retraso del crecimiento (2017), así mismo, 38 millones sufren sobrepeso y más de 672 millones de adultos son obesos.

El escaso acceso y costo elevado de alimentos nutritivos y las adaptaciones fisiológicas a la restricción de alimentos, contribuirían a la desnutrición, así como al sobrepeso y obesidad (4), siendo un limitante para lograr el desarrollo personal (5), cuyas consecuencias afectan a la sociedad, generando impactos a la salud, la educación y economía, problemas de inserción social y un incremento o profundización de la pobreza (vulnerabilidad a la desnutrición) (6). La malnutrición a lo largo del ciclo de la vida, genera desordenes nutricionales, tales como deficiencia de micronutrientes y desnutrición energética de proteínas (5).

En América Latina y el Caribe, el registro de personas subalimentadas aumento por tercer año consecutivo, alcanzando una cifra de 39.3 millones (6.1%), así mismo, el sobrepeso infantil continúa incrementando, 7.3% de la población (menores de 5 años), supero el promedio global (6). A medida que la población mundial incrementa los recursos naturales, tierra, agua y alimentos, son sobreexplotados, cuestionando la calidad de los nutrientes en especial la proteína requerida para satisfacer las necesidades nutricionales humanas (7).

Las proteínas son el componente principal funcional y estructural de las células, los aminoácidos son la base de las proteínas, los que actúan como precursores de neurotransmisores, ácidos nucleicos y otros componentes esenciales para la vida. Por lo que, un aporte adecuado de proteínas es esencial para conseguir la integridad y función celular, para mantener un buen estado de salud (8).

La evaluación de la calidad de las proteínas tiene como objetivo determinar la capacidad de las fuentes de proteínas de los alimentos y las dietas para cumplir con los requisitos de proteínas y aminoácidos (AA) esenciales, es decir, satisfacer las necesidades metabólicas de los AA y el nitrógeno (7). La calidad nutritiva de la proteína, depende de la composición de AA y la biodisponibilidad de los mismos (8).

Existen varios métodos para evaluar la calidad proteica de los alimentos, estos están relacionados con la eficiencia con la que son usados para el mantenimiento y síntesis de la proteína tisular. Se usan métodos químicos, biológicos y microbiológicos. Dentro de los métodos biológicos se destaca mucho más el uso de PER, VB, NPR, UPN, entre otros (9).

Las plantas representan un recurso primario de vitaminas, minerales, carbohidratos, ácidos grasos y proteínas esenciales para el organismo (10). Las fuentes proteicas vegetales actuales de consumo son derivadas de cereales y leguminosas. Recientemente, se ha incrementado un interés en cultivos alternativos como leguminosas menores y pseudocereales, no solo por la sostenibilidad ambiental, a su vez, por el alto contenido y calidad proteica de las semillas, el aceite y las fibras que aporta su consumo (11). Se estima que en año 2054 un tercio de proteína mundial consumida será de origen vegetal, las tendencias cambian hacia alternativas de menor costo basados en plantas, así mismo la creciente demanda de sectores alimentos funcionales y productos más saludables, favorecen el incremento del consumo de proteínas de leguminosas, cereales, semillas oleaginosas, entre otros de origen vegetal (12). La importancia de esta proteína se basa en su calidad, debido a que es comparada a la composición de la caseína (13).

Las semillas de cereales cubren casi el 50% de la proteína alimentaria mundial, representando una fuente valiosa de aminoácidos esenciales para la dieta. El arroz es el de mayor consumo a nivel mundial, le sigue el maíz con la segunda mayor producción; y el trigo, cereal más común usado en la dieta del mundo occidental (14). Sin embargo, pseudocereales como la quinua, cañihua y kiwicha han recibido una mayor atención en estos últimos años entre los consumidores e investigadores por la calidad nutricional que aporta.

La quinua, cañihua y kiwicha presentan una excelente composición nutricional, poseen un alto contenido de proteínas (entre el 12 a 19%) y su contenido de AA esenciales es excelente, debido a un espectro de AA más amplio que el de los cereales y leguminosas, con mayor lisina (5.1 – 6.4 %), metionina (0.4 – 1.0 %) y niveles aceptables de triptófano (kiwicha). La cantidad de proteína varía, dependiendo de su variedad (15) (16), presenta también una buena fuente de fibra dietética y minerales, como el magnesio, fósforo, cobre y especialmente manganeso (17). Además estos pseudocereales son libre de gluten, por lo que puede ser consumida por personas que padecen intolerancias a este nutriente (18).

Con respecto a las leguminosas, se consideran una fuente importante de proteínas vegetales, debido a que proporcionan una gran cantidad de lisina, aminoácido esencial

limitado en los cereales. La harina de leguminosa no contiene gluten y además proporciona carbohidratos y fibra dietética, así como micronutrientes (zinc, hierro, magnesio y folato). Cultivos de leguminosas como el garbanzo, haba, lentejas, soya son los más consumidos, sin embargo, semillas como tarwi y arveja chata, presentan cantidades considerables de proteínas logrando aportar 50% y 22% de contenido proteico respectivamente (11). El tarwi (chocho, lupino, altramuza) y la arveja chata (arveja muela) son uno de los cultivos más importantes del mundo debido a su aporte nutricional. Son una fuente rica de proteínas, tarwi (33 – 47%) y arveja (20 - 30%) (19), carbohidratos complejos, grasas (3-13%), vitaminas y minerales (20). También tienen un contenido alto de fibra dietética, no contienen gluten, prácticamente no contiene almidón, por lo tanto, tienen una carga glicémica muy baja (21). Los aminoácidos limitantes presentes en la semilla son la metionina y cisteína (22), aunque algunas investigaciones informan que el contenido de aminoácidos azufrados son similares al de la soja (23) (24).

En la práctica nutricional no se dispone de información con respecto a los valores de calidad biológica *in vivo* de los principales pseudocereales y leguminosas andinas, alimentos que son habitualmente utilizados en los planes de alimentación. Resulta de gran utilidad para la planeación dietética en situaciones biológicas como periodo de lactancia, embarazo, preescolares, vegetarianos y patologías como nefropatías. Así mismo, la formulación de mezclas a partir del análisis de digestibilidad de cada alimento permitirá cubrir los requerimientos de proteína y aminoácidos según patrones de referencia de la FAO/OMS (2007), y que, además, aumenten la calidad de las mismas. Motivo por el cual este trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la calidad proteica de harinas de quinua, kiwicha, cañihua, tarwi y arveja muela en ratas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Lugar de ejecución**

El proyecto de investigación se realizó en las instalaciones de La Molina Calidad Total Laboratorios, la que cuenta con una infraestructura y equipos de alto nivel tecnológico con respaldo de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se realizó en 2 etapas por un periodo de 30 días.

## Diseño y tipo de investigación

El enfoque de la investigación es de naturaleza cuantitativa, de diseño experimental y de tipo prospectivo longitudinal, debido a que los datos se obtuvieron a medida que la investigación se desarrolló, con controles diarios.

## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### Animales experimentales

La muestra experimental estuvo conformada por 24 ratas de 22 días de nacidas, con un peso promedio de 90.6 g (SD  $\pm$ 11.25 g), de la cepa Holtzman. Las ratas fueron obtenidas del Instituto Nacional de Salud, posteriormente se trasladaron al Bioterio del laboratorio de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los animales fueron aclimatados por un periodo de cuatro días, según lo recomendado por la guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio (25). A continuación, fueron distribuidos al azar en un grupo control, CC (Dieta caseína, blanco) y 5 grupos de tratamiento, TQ-99% (Tratamiento 1, 99% quinua), TK-85% (Tratamiento 2, 85% kiwicha), TC-78% (Tratamiento 3, 78% cañihua), TT-20% (Tratamiento 4, 20% tarwi) y TA-45% (Tratamiento 5, 45% arveja muela), con cuatro repeticiones por grupo.

### Composición de la dieta

Para la formulación de las dietas se realizó un análisis proximal a los insumos (harinas de cereales, leguminosas y caseína), para determinar la distribución porcentual y cubrir las necesidades nutricionales de cada grupo de tratamiento.

**Dieta control caseína:** Se realizó en base a las necesidades nutricionales del animal de experimentación, cubriendo el 100% de porcentaje de adecuación (tabla 1). La dieta control fue proporcionada por un periodo de 30 días.

Tabla 1: Distribución de nutrientes de la dieta control a base de caseína

Insumos	Distribución porcentual	g	g/rata/día
Proteína	11.36 %	113.6	2.3
Manteca	7%	70	1.4
Azúcar	10.64%	106.4	2.1
Maicena	57%	570	11.4
Fibra	5%	50	1
Vitamina	5%	50	1
Minerales	4%	40	0.8
Total	100%	1000	20

Elaboración propia

**Dietas tratamiento:** Se formularon a base de harinas de cereales (cañihua, kiwicha y quinua) y leguminosas (arveja muela y tarwi), complementándola con otros nutrientes que cubrieron el 100% del requerimiento nutricional de las ratas (tabla 2), las dietas fueron suministradas por un periodo de 30 días. La dieta y el agua se administraron *ad libitum* diariamente.

Tabla 2: composición porcentual de las dietas 100 g

Componentes	Dietas					
	Control	Tratamientos				
	CC	TQ	TK	TC	TT	TA
Proteína	11.36 %	99%	85.47%	78.74%	20.83%	45.1%
Manteca	7%	0%	0.53%	2%	3%	7%
Azúcar	10.64%	0%	0%	2.26%	10%	12.5%
Maicena	57%	0%	0%	3%	52.17%	21.4%
Fibra	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Vitamina	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Minerales	4%	4%	4%	4%	4%	4%

CC: control caseína, TQ: tratamiento quinua, TK: tratamiento kiwicha, TC: tratamiento cañihua, TT: tratamiento tarwi, TA: tratamiento arveja muela.

## Evaluación biológica de los alimentos

**Tratamiento de muestras:** Al cuarto día, se recolectaron las heces de cada grupo, con el fin de evaluar la calidad de la proteína de la dieta a través de métodos biológicos. Este procedimiento se realizó durante seis días, colocando un envase de plástico debajo de las jaulas. Las muestras de heces recolectadas se pesaron y colocaron en bolsas de plástico con su respectiva identificación (tipo de dieta y número de ratas). Las muestras se secaron en horno a una temperatura de 60°C durante 8 horas.

**Determinación de nitrógeno:** La determinación de nitrógeno se realizó por el método Kjeldahl (26), utilizando 0.5 g de heces secas y molidas, 5 ml de orina y 0.5 g de dieta.

**Balance nitrogenado (BN):** El balance de nitrógeno es una comparación y suma algebraica entre lo ingerido y lo excretado. El método consiste en medir la diferencia entre el nitrógeno ingerido (I) y el excretado en heces (H) y en orina (U), este valor se expresa en gramos:  $BN = I - (H+U)$

**Coefficiente de digestibilidad:** Mide la desaparición de nutrientes a través de su tránsito por el tracto intestinal a causa de su absorción. Se cuantifica los nutrientes consumidos y las cantidades que se eliminan mediante las heces.

$$CD \text{ aparente} = \frac{I - H}{I} \times 100$$

Donde:

I: Alimentos (materia seca o nutrientes) ingerido

H: Materia seca o nutriente excretado en heces

**Valor biológico (VB):** Es un método que cuantifica la fracción del nitrógeno absorbido y que es retenido por el organismo. Su valor es expresado en porcentaje.

$$VB = \frac{I - (H + U)}{I - F} \times 100 \quad \rightarrow \quad VB = \frac{\text{Nitrogeno retenido}}{\text{Nitrogeno absorbido}} \times 100$$

Donde:

I: Nitrógeno ingerido

H: Nitrógeno fecal

U: Nitrógeno urinario

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos del análisis se ingresaron a una tabla de Microsoft Excel, generando una base de datos que incluyó todas las variables medidas, posteriormente se realizó el análisis estadístico con STATA versión 13. Se aplicó la prueba de Análisis de Varianza (Anova) para comparar medias entre grupos de tratamiento. Además del supuesto de normalidad, se verificó la homogeneidad de varianzas con la Prueba de Bartlett. La comparación entre pares se realizó mediante la prueba de Bonferroni. Para todos los análisis realizados se consideró un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia del 5%. Por lo antes mencionado, todo valor de p (p-value) menor o igual a 0.05 fue considerado como estadísticamente significativo.

### **Consideraciones éticas**

El estudio de investigación se realizó en el bioterio de calidad Total Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina, áreas preparadas para este fin, teniendo en cuenta la temperatura, humedad, ventilación e iluminación adecuada de la instalación, además de disponer de jaulas metabólicas con un espacio apropiado, buena alimentación, así como un adecuado bienestar psicológico (27). Además, se tuvo en

consideración buen trato al animal, todo esto según lo recomendado por la guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio (25).

## RESULTADOS

### Composición nutricional de las harinas

Tabla 3. Composición nutricional de las harinas

Grupo	Proteínas totales	Grasa	Carbohidratos	Cenizas	Energía total	Humedad	Fibra
Caseína	87.99	0.3	3.84	3.78	370.02	4.09	0
Cañihua	12.7	6.9	70.8	2.8	396.1	6.8	4.4
Kiwicha	11.7	5.7	73.3	2.6	391.3	6.7	2.7
Quinua	10.1	5.1	69.6	2.9	364.7	12.3	1.8
Arveja	22.2	1.5	65.4	2.4	363.9	8.5	4.8
Tarwi	48	25	20.9	1.5	500.6	4.6	7

Informe de ensayo- La Molina Calidad Total Laboratorios-Universidad Nacional Agraria la Molina

Los resultados obtenidos del análisis proximal para la determinación del contenido de nutrientes, muestran que la harina de tarwi presenta un mayor contenido de proteínas entre las leguminosas. Por otro lado, el contenido de proteínas en cereales es menor, siendo la harina de quinua la que presenta menor porcentaje.

### Evaluación del peso

Tabla 4. Peso corporal final (g) y cambio del peso corporal durante el periodo de tratamiento.

Grupo	Peso corporal final (g)	Cambio en el peso corporal (g)
Caseína	484.4 ± 57.37	9.2 ± 4.99
Cañihua	562.3 ± 71.05	12.15 ± 2.4
Kiwicha	633.8 ± 26.83	6.15 ± 4.32
Quinua	601.8 ± 11.69	16.12 ± 6.11
Arveja	551.7 ± 65.21	4.2 ± 3.14
Tarwi	570.4 ± 36.35	-2.4 ± 2.65

En esta tabla se observa que el grupo alimentado con harina de cañihua y quinua son los que presentaron mayor peso corporal, siendo esta diferencia significativa con respecto al grupo control (caseína). No se detectaron diferencias significativas al comparar estos valores con los grupos restantes.

Por otro lado, se evaluó el cambio en el peso corporal de cada grupo restando el peso corporal final con el peso corporal previo al inicio del tratamiento. Luego del análisis, se observa que los grupos alimentados con harina cañihua y quinua ocasionan una mayor ganancia en el peso corporal.

## Ingesta de comida entre tratamientos

**Tabla 5.** Comparación de la ingesta del animal (g) entre los distintos grupos de tratamiento

Grupo	Media	Desviación Estándar
Caseína	62.98	8.54
Cañihua	74.91	4.81
Kiwicha	62.50	5.63
Quinua <sup>ac</sup>	80.69	7.13
Arveja <sup>d</sup>	65.18	3.61
Tarwi <sup>bd</sup>	56.11	1.35

<sup>a</sup>p<0.05 comparado con Caseína, <sup>b</sup>p<0.05 comparado con Cañihua, <sup>c</sup>p<0.05 comparado con Kiwicha, <sup>d</sup>p<0.05 comparado con Quinua, <sup>e</sup>p<0.05 comparado con Arveja

De acuerdo a la información mostrada en la Tabla 5, la ingesta del animal es similar entre los grupos caseína, cañihua y kiwicha. El grupo tratado con quinua evidenció una mayor ingesta de alimento al compararla con el resto de grupos (p<0.05).

## Peso de órganos

**Tabla 6.** Comparación del peso de los organos (g) entre los distintos grupos de tratamiento.

Grupo	Hígado	Hígado corregido	Cerebro	Corazón	Riñón derecho	Riñón izquierdo
Caseína	7.23 ± 0.94	0.05 ± 0.01	1.25 ± 0.17	0.60 ± 0.00	0.63 ± 0.21	0.58 ± 0.13
Cañihua	7.18 ± 0.74	0.04 ± 0.00	1.15 ± 0.06	0.63 ± 0.13	0.68 ± 0.05	0.60 ± 0.08
Kiwicha	6.85 ± 0.42	0.05 ± 0.00	1.25 ± 0.13	0.63 ± 0.13	0.68 ± 0.13	0.68 ± 0.19

Quinua	6.45 ±	0.04 ±	1.40 ±	0.90 ±	0.55 ±	0.60 ±
	0.65	0.00	0.14	0.18	0.13	0.08
Arveja <sup>abcd</sup>	4.55 ±	0.04 ±	1.35 ±	0.58 ±	0.40 ±	0.40 ±
	0.65	0.00	0.33	0.17	0.08	0.00
Tarwi <sup>abcd</sup>	3.52 ±	0.04 ±	1.25 ±	0.43 ±	0.40 ±	0.40 ±
	0.57	0.00	0.19	0.13	.000	0.08

<sup>a</sup>p<0.05 comparado con Caseína, <sup>b</sup>p<0.05 comparado con Cañihua, <sup>c</sup>p<0.05 comparado con Kiwicha, <sup>d</sup>p<0.05 comparado con Quinua, <sup>e</sup>p<0.05 comparado con Arveja

De acuerdo a la información mostrada en la Tabla 6, los grupos que recibieron arveja y tarwi presentaron los menores pesos de hígado en comparación con el resto de grupos ( $p<0.05$ ). No hubo diferencias significativas en los demás grupos de tratamiento. Sin embargo, el peso del hígado corregido (peso del hígado / peso corporal), no mostro diferencias significativas relevantes ( $p>0.05$ ). Al no haber diferencias significativas en el peso del hígado corregido podemos sugerir que no existe un efecto de hepatotoxicidad en ningún grupo de tratamiento. Así mismo, de acuerdo a la información mostrada, no se observaron diferencias significativas en el peso del cerebro, corazón y riñones entre los distintos grupos de tratamiento ( $p>0.05$ ).

## Valor biológico

**Tabla 7.** Comparación del valor biológico (%) entre los distintos grupos de tratamiento.

Grupo	Media	Desviación Estándar
Caseína	80.04	1.92
Cañihua <sup>a</sup>	62.46	2.29
Kiwicha <sup>a</sup>	64.4	4.28
Quinua <sup>a</sup>	66.0	1.71
Arveja <sup>bcd</sup>	63.1	3.83
Tarwi <sup>bcd</sup>	65.4	1.83

<sup>a</sup>p<0.05 comparado con Caseína, <sup>b</sup>p<0.05 comparado con Cañihua, <sup>c</sup>p<0.05 comparado con Kiwicha, <sup>d</sup>p<0.05 comparado con Quinua, <sup>e</sup>p<0.05 comparado con Arveja

De acuerdo a la información mostrada en la tabla 12, los grupos que recibieron la dieta como tratamiento presentaron menor porcentaje de valor biológico en comparación de la dieta estándar ( $p<0.05$ ).

## Digestibilidad %

Tabla 8. Comparación de la digestibilidad (%) entre los distintos grupos de tratamiento.

Grupo	Media	Desviación Estándar
Caseína	92.4	0.61
Cañihua <sup>a</sup>	69.62	1.82
Kiwicha <sup>a</sup>	70.5	2.26
Quinua <sup>abc</sup>	78.1	1.25
Arveja <sup>bcd</sup>	74.8	4.00
Tarwi <sup>bcd</sup>	79.2	2.25

<sup>a</sup>p<0.05 comparado con Caseína, <sup>b</sup>p<0.05 comparado con Cañihua, <sup>c</sup>p<0.05 comparado con Kiwicha, <sup>d</sup>p<0.05 comparado con Quinua, <sup>e</sup>p<0.05 comparado con Arveja

De acuerdo a la información mostrada en la tabla 8, los grupos que recibieron cañihua, kiwicha y quinua presentaron menor porcentaje de digestibilidad al compararse con el grupo que recibió caseína. Los grupos que recibieron arveja y tarwi no se diferenciaron significativamente con el grupo caseína en cuanto a digestibilidad.

## Balance Nitrogenado

Tabla 9. Comparación de balance nitrogenado entre los distintos grupos de tratamiento.

Grupo	Media	Desviación Estándar
Caseína	0.92	0.05
Cañihua <sup>a</sup>	0.54	0.03
Kiwicha <sup>a</sup>	0.49	0.07
Quinua <sup>abc</sup>	0.67	0.06
Arveja <sup>bcd</sup>	0.50	0.03
Tarwi <sup>bcd</sup>	0.50	0.03

<sup>a</sup>p<0.05 comparado con Caseína, <sup>b</sup>p<0.05 comparado con Cañihua, <sup>c</sup>p<0.05 comparado con Kiwicha, <sup>d</sup>p<0.05 comparado con Quinua, <sup>e</sup>p<0.05 comparado con Arveja

De acuerdo a la información mostrada en la tabla 9, todos los grupos mantienen un valor neutral, indicando que la dieta cubre los requerimientos de mantenimiento de las ratas.

## DISCUSIÓN

La rata albina de laboratorio (*Rattus norvegicus albinus*) ha sido usada como modelo para investigaciones biológicas y de diversa índole por muchos años. Es la especie más usada en investigaciones de calidad nutricional (28), cuyos resultados se obtienen en corto plazo. Lo que permite ser una alternativa rápida para la evaluación y formulación de mezclas o concentrados alimenticios que permitirán una formulación equilibrada de dietas que cubran los requerimientos nutricionales establecidas por la FAO (29).

En esta investigación el análisis individual de las harinas mostro que la harina de tarwi presentó el mayor contenido de proteínas (48 g) entre las leguminosas; estos valores son ligeramente bajos en comparación a los reportados por Molina-Poveda *et al* (30), quienes informan 50.51 g de proteína cruda y 51 g registrado por Gross *et al* (31). Sin embargo, Van de Noort (32), menciona que de acuerdo a la variedad, el tarwi puede contener en promedio 34% de proteínas, siendo *L. mutabilis* el que mayor porcentaje de proteínas presenta (21), variedad del presente estudio. Por otro lado, la harina de arveja muela reporto un porcentaje de proteína del 22%, la literatura menciona que las arvejas acumulan grandes cantidades de proteína en los cotiledones de la semilla y su contenido varia de 18% a 30% dependiendo de los factores ambientales (33). No obstante, no se tiene registros de comparación de esta variedad, pero por lo reportado en la literatura, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango. De acuerdo a la información mostrada en la investigación. Los grupos con dieta a base de caseína y tarwi presentaron la mayor ingesta de Nitrógeno, mientras que, en el resto de grupos, no se evidenciaron diferencias significativas, esto debido al alto contenido de proteínas de las harinas.

Con respecto a la proteína de los pseudocereales la harina de cañihua, presentó el mayor porcentaje (12.7%), seguido por la harina de cañihua (11.7%) y la harina de quinua (10.1%). Otras investigaciones muestran que los pseudocereales como la quinua, cañihua y kiwicha contienen proteínas entre un rango mínimo de 11.7% a 12.8% y un máximo de 14.4% a 18.8% (34)(35), así mismo un estudio realizado por Shotts *et al* (36), para verificar el alto contenido proteico de las harinas de cañihua y kiwicha, mostro que la harina de cañihua registro valores de 8.4% a 12.9% y la harina de kiwicha valores entre 4.9% y 14.2%, valores similares a los obtenidos en la investigación. Por otro lado, según lo reportado por Montaña Reyes *et al* (37), realizaron una recopilación de 19 variedades de quinua en todo el Perú, mostrado que contienen entre 10.4% a 17% de proteína dependiendo de la variedad. Así mismo,

variedades como Blanca Junin presentaron un 70% menos de proteína alcanzando valores mínimos de hasta 9.1 % con respecto al mayor contenido de proteínas (38).

En relación al consumo de alimentos, los resultados indican que el grupo tratamiento con quinua evidenció una mayor ingesta de alimento (28.12%). Al compararla con la dieta control de caseína (62.98 g), con un promedio de 13.45 g/día en comparación a 10.5 g/día del grupo control, esta diferencia es significativa en comparación a los demás grupos. Por otro lado, la dieta a base de kiwicha registro un consumo del 19% por sobre el consumo de la dieta control y los tratamientos a base de kiwicha y arveja reportaron la misma cantidad, cabe resaltar que la única dieta que mostro controles bajos fue el tarwi, 11% por debajo de la dieta control, 9.35 g/día.

El consumo de alimentos siguió una tendencia a la ganancia de peso, evidenciando que los animales alimentados a base de la dieta de quinua tuvieron un mayor peso de 16 g/día, equivalente al 75% por sobre la dieta control caseína (9.2 g/día). Así mismo, el grupo que consumió kiwicha aumentó el peso de 12.2 g/día (32%), posiblemente debido a las características organolépticas de las dietas, teniendo mayor aceptabilidad por los animales. Los grupos alimentados con cañihua, tarwi y arveja registraron una ganancia inferior al grupo control, esto podría indicar que como lo demuestra Bressani (39), en su estudio de proteínas vegetales para el consumo humano, donde se observa que la ganancia de peso a partir de una dieta adecuada y equilibrada, compensada con leguminosas y cereales evidencian resultados favorables en el crecimiento y desarrollo de ratas en comparación a dietas monótonas como este estudio. Es importante mencionar, que la dieta a base de leguminosas (Tarwi y Arveja muela), mostraron un resultado negativo en comparación con la dieta control (caseína), con lo que podemos especular que la composición nutricional de las semillas estudiadas y aceptabilidad organoléptica, representan un factor importante para estimar el desempeño en la ganancia de peso en animales de experimentación.

La digestibilidad reportada en la literatura nos muestra que la leche, carne y proteína aislada de soya, registran valores superiores al 95% (40)(41) y los cereales rangos entre 70% a 90% (41). Estudios realizados por la FAO/OMS, clasifican los valores de digestibilidad proteica en tres rangos: digestibilidad alta (93 a 100%), para aislados proteicos de soya y alimentos de origen animal; digestibilidad intermedia (86 a 92%), para trigo, arroz pulido, harinas de avena y soya; digestibilidad baja (70 a 85%), para diferentes alimentos (42). La digestibilidad obtenida en el estudio con respecto a la dieta control (caseína) fue de 92.4%, valores similares a la investigación realizada por Olza et al (8), quienes reportaron 93,8%, y Wyatt et al (43), 95%, resultados ligeramente superiores a los reportados por el presente estudio. Con respecto a la digestibilidad de las dietas a base de pseudocereales y leguminosas se obtuvieron valores entre 69% a 78% y 74% a 79% respectivamente.

Los grupos que recibieron dieta a base de cañihua, kiwicha y quinua presentaron menor porcentaje de digestibilidad 69.62%, 70.5% y 78.1% respectivamente, al compararse con el grupo que recibió caseína (92.4%), clasificándolos con digestibilidad baja. Según un estudio realizado por Elsohaimy et al. (15), reportaron que la proteína de quinua mostro una digestibilidad *in vitro* de 78.37%, resultados congruentes a lo reportado. Por otro lado, Ferreira y Gómez (44), mostraron una digestibilidad de 89% para la proteína de la kiwicha, elevada en comparación con los resultados obtenidos en este estudio, sin embargo, otras investigación realizada por Aguilar et al. (45) y , Awasthi et al. (46) mostraron valores entre 66.1% y 75.4%, similares a los obtenidos en la investigación.

Los granos andinos tienen una digestibilidad promedio aproximada de 80%, inferior a los alimentos de origen animal, esto posiblemente debido a su contenido en fibra (47). Estudios han demostrado que al fibra dietética reduce el uso de nutrientes, en especial la proteína (48). Dietas altas en fibra incrementan la excreción de nitrógeno fecal, generando la disminución de la digestibilidad en humanos y animales de laboratorio. Algunas investigaciones reportan una reducción en la digestibilidad de la proteína en animales cuya dieta contenía fibras solubles e insolubles, si bien se ha observado que la mayoría de fibras facilitan la eliminación de nitrógeno fecal, el balance nitrogenado se mantiene en positivo(49), como se observa en la tabla 9. Ayala (50), indica que la cañihua es el grano andino que muestra un mayor contenido de fibra y según lo registrado por este estudio, la cañihua presenta el menor valor de digestibilidad (69.62%). Por otro lado, la concentración de polifenoles también afectan negativamente la digestibilidad, aunque no tenemos reportes del contenido de polifenoles en las harinas, estudios muestran que el contenido de estos antioxidantes es considerable en quinua, kiwicha y cañihua (51)(52).

La digestibilidad de las dietas a base de leguminosas fue ligeramente más alta, reportando para la arveja chata 74.8% y para tarwi 79.2%, valores por debajo del obtenido en la dieta control (caseína), clasificándolas con digestibilidad baja, esto debido a que el tarwi, tiene un alto contenido de alcaloides, el cual le confiere un sabor amargo y a su vez disminuye la biodisponibilidad de nutrientes, sin embargo, al ser sometido a tratamiento térmico previo este no tendrá efecto, así lo demostró Schoeneberger et al (53), 80% de digestibilidad para esta variedad. Así también, Suca (54), considera que la mayoría de leguminosas reportan valores por sobre 80%. Sin embargo, en términos de digestibilidad *in vitro*, se ha reportado que la proteína aislada de tarwi es alta con aproximadamente 98% (55). Este resultado permite sugerir el uso de las semillas de legumbres para la mejora del rendimiento de la digestibilidad en mezclas de alimentos para diferentes situaciones fisiológicas.

El valor biológico obtenido para la dieta control fue de 80.04%, valor por debajo a lo reportado por Silva et al. (56), 97%, a su vez superior a los valores mostrados por Church y Pond (57), que indican un valor biológico de 69%. Los datos obtenidos para los pseudocereales muestran rangos de 62% a 66% y las leguminosas de 63% a 65%. Se observa que todos los grupos que recibieron la dieta tratamiento presentaron menor porcentaje de valor biológico en comparación a la dieta control ( $p < 0.05$ ). Cabe mencionar que el estudio realizado por Aguilar et al. (45), mostro valores entre 44.5% a 64.28% para los pseudocereales, datos congruentes a los resultados obtenidos. Así también, Suca (54), reporta 66.5% para leguminosas, resultado muy similar a la investigación.

Con respecto al peso de los órganos, de acuerdo a los resultados obtenidos, los grupos que recibieron harina de arveja y tarwi presentaron los menores pesos de hígado en comparación con el resto de grupos ( $p < 0.05$ ), 4.5 g y 3.5 g, respectivamente. Sin embargo, al corregir el peso del hígado entre el peso corporal del animal, se observa que no hay diferencias significativas relevantes ( $p > 0.05$ ). Al no haber diferencias significativas en el peso del hígado corregido podemos sugerir que no existe un efecto de hepatotoxicidad en ningún grupo de tratamiento. El peso del corazón del grupo tratado con quinua es mayor ( $p < 0.05$ ) que el peso obtenido en los grupos arveja y tarwi. Finalmente, los datos obtenidos en el peso del cerebro y riñones no se observaron diferencias significativas entre los distintos grupos de tratamiento ( $p > 0.05$ ).

## **CONCLUSIONES**

La dieta a base de harina de pseudocereales (quinua, kiwicha y cañihua) presentaron porcentajes bajos de valor biológico y digestibilidad, clasificándolos con calidad proteica baja. Así también, la dieta a base de harina de leguminosas (tarwi y arveja muela) presentaron porcentajes bajos de valor biológico y digestibilidad. Clasificándolos con calidad proteica baja, en comparación a la dieta caseína, cuyos valores la clasifican como intermedia. Se observó, además, una tendencia a la ganancia de peso en los grupos alimentados con harina de pseudocereales (quinua, kiwicha y cañihua) y un desarrollo normal de los órganos principales.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar la evaluación del score aminoacídico de las mezclas, a fin de determinar si la mezcla provee todos los aminoácidos necesarios para cubrir las necesidades proteicas y comprobar atreves de mezclas la mejora de la digestibilidad. Así mismo, analizar el efecto de las diferentes dietas sobre el nivel de hemoglobina y vellosidades intestinales. Se recomienda ampliar el número de animales de experimentación por grupo de trabajo.

## REFERENCIAS

1. Moradi S, Mirzababaei A, Mohammadi H, Moosavian SP, Arab A, Jannat B, et al. Food insecurity and the risk of undernutrition complications among children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition* [Internet]. 2019;62:52–60. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.11.029>
2. Wu CH, Lin CY, Hsieh YP, Strong C, Meshki C, Lin YC, et al. Dietary behaviors mediate the association between food insecurity and obesity among socioeconomically disadvantaged youth. *Appetite* [Internet]. 2019;132(March):275–81. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.10.013>
3. Hernandez DC, Reesor L, Murillo R. Gender Disparities in the Food Insecurity–Overweight and Food Insecurity–Obesity Paradox among Low-Income Older Adults. *J Acad Nutr Diet* [Internet]. 2017;117(7):1087–96. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jand.2017.01.014>
4. FAO, OMS, FIDA, UNICEF, WFP. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. 2018.
5. Behrman J, Alderman H, Hoddinott J. Hunger and malnutrition. Global crises, global. Elsevier; 2004. 1–21 p.
6. FAO, OPS, WFP, OMS, UNICEF. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en américa latina y el caribe, desigualdad y sistemas alimentarios. 2018.
7. FAO. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. 1–79 p.
8. Meneses JO, Foulque JP, Valero GU, Martínez De Victoria E, Hernández AG. Evaluación biológica de la calidad de una mezcla de proteínas para uso en nutrición enteral. *Nutr Hosp Nutr Hosp* [Internet]. 2008;2323(3):206–11. Available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v23n3/original2.pdf>
9. Márquez-Montes R, Altúzar-Carpio LI, Villanueva-Carrillo G, Palacios-Pola G. Evaluación biológica de alimentos nutricionalmente mejorados en ratas Wistar. *Lacandonia*. 2010;4(2):53–61.
10. Young V, Pellett P. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am J Clin Nutr*. 1994;59.
11. Luigia DS, Federico N. New protein Sources : Novel Foods [Internet]. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. Elsevier; 2018. 1–4 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812687-5.22129-1>

12. Stone AK, Wang Y, Tulbek M, Nickerson MT. Plant Protein Ingredients [Internet]. Vol. 1, Encyclopedia of Food Chemistry. Elsevier; 2019. 229–234 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21601-6>
13. Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev Int.* 2003;19(1–2):179–89.
14. van der Spiegel M, Noordam MY, van der Fels-Klerx HJ. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2013;12(6):662–78.
15. Elsohaimy SA, Refaay TM, Zaytoun MAM. Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Ann Agric Sci* [Internet]. 2015;60(2):297–305. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.007>
16. Chirinos R, Ochoa K, Aguilar-Galvez A, Carpentier S, Pedreschi R, Campos D. Obtaining of peptides with in vitro antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory activities from cañihua protein (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *J Cereal Sci.* 2018;83:139–46.
17. Kaur S, Singh N, Rana JC. *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* germplasm: Characteristics of plants, grain and flours. *Food Chem* [Internet]. 2010;123(4):1227–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.091>
18. Awika JM. Sorghum: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes [Internet]. *Gluten-Free Ancient Grains: Cereals, Pseudocereals, and Legumes: Sustainable, Nutritious, and Health-Promoting Foods for the 21st Century.* Elsevier Ltd; 2017. 21–54 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9/00005-4>
19. Tamburino R, Guida V, Pacifico S, Rocco M, Zarelli A, Parente A, et al. Nutritional values and radical scavenging capacities of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds in Valle Agricola district, Italy. 2012;6(1):149–56.
20. Mahmoud EAM, Nassef SL, Basuny AMM. Production of high protein quality noodles using wheat flour fortified with different protein products from lupine. *Ann Agric Sci* [Internet]. 2012;57(2):105–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aogas.2012.08.003>
21. Taylor JRN. Millets: Their Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. In: *Gluten-Free Ancient Grains: Cereals, Pseudocereals, and Legumes: Sustainable, Nutritious, and Health-Promoting Foods for the 21st Century* [Internet]. Elsevier Ltd; 2017. p. 55–103. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9/00008-X>

22. Frias J, Ciesiołka D, Gulewicz P, Martı C. Food Chemistry Effect of germination on the protein fraction composition of different lupin seeds. 2008;107:830–44.
23. Sweetingham M, Kingwell R. Lupins – reflections and future possibilities. Int Lupin Assoc. 2008;14–8.
24. Linnemann AR, Nout MJR, Koziol M, Linnemann AR, Nout MJR, Koziol M. *Lupinus mutabilis* : Composition , Uses , Toxicology , and Debittering. 2016;8398.
25. Fuentes F, Mendoza R, Rosales A, Cisneros A. Guia de manejo y cuidado de animales de laboratorio:Raton [Internet]. Instituto nacional de salud. 2008. 1–54
26. Wang H, Pampati N, McCormick WM, Bhattacharyya L. Protein Nitrogen Determination by Kjeldahl Digestion and Ion Chromatography. J Pharm Sci [Internet]. 2016;105(6):1851–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.xphs.2016.03.039>
27. Brey L, Rodríguez K. Aspectos éticos de la experimentación con animales. Bioética [Internet]. 2007;25–7.
28. Möller R, Vazquez N, Teliz D, Méndez V. Digestive Peritoneum in Wistar Rat ( *Rattus norvegicus* ). Int J Morphol [Internet]. 2013;31(1):128–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022013000100020> %0A
29. FAO. Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en nutrición humana. 2017. 240 p.
30. Molina-poveda C, Lucas M, Jover M. Evaluation of the potential of Andean lupin meal ( *Lupinus mutabilis* Sweet ) as an alternative to fish meal in juvenile *Litopenaeus vannamei* diets. Aquaculture [Internet]. 2013;410–411:148–56. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.007>
31. Gross R, Von Baer E, Koch F, Marquard R, Trugo L, Wink M. Chemical Composition of a New Variety of the Andean Lupin ( *Lupinus mutabilis* cv . Inti ) with Low-Alkaloid Content Sample Description. J food Compos Anal. 1988;(1942):8.
32. Van de Noort M. Lupin: An Important Protein and Nutrient Source. In: Sustainable Protein Sources [Internet]. Elsevier Inc.; 2016. p. 165–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00010-X>
33. Tulbek MC, Lam RSH, Wang YC, Asavajaru P, Lam A. Pea: A Sustainable Vegetable Protein Crop [Internet]. Sustainable Protein Sources. Elsevier Inc.; 2016. 145–164 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00009-3>
34. Rosell CM, Cortez G, Repo-Carrasco R. Breadmaking use of andean crops quinoa, Kañiwa, Kiwicha, and Tarwi. Cereal Chem. 2009;86(4):386–92.

35. Thoufeek Ahamed N, Singhai RS, Kulkarni PR, Pal M. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the chemical composition of its edible parts. *Food Nutr Bull.* 1998;19(1):61–70.
36. Shotts ML, Plans Pujolras M, Rossell C, Rodriguez-Saona L. Authentication of indigenous flours (*Quinoa*, *Amaranth* and *kañiwa*) from the Andean region using a portable ATR-Infrared device in combination with pattern recognition analysis. *J Cereal Sci* [Internet]. 2018;82:65–72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.04.005>
37. Reyes-Montaña EA, Ávila-Torres DP, Guevara-Pulido JO. Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región Andina. *Av Investig En Ing.* 2006;5(5):86–97.
38. Nowak V, Du J, Charrondière UR. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chem* [Internet]. 2016;193:47–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
39. Bressani R. INCAP studies of vegetable proteins for human consumption. *Food Nutr Bull.* 2010;31(1):95–110.
40. Rutherford SM, Moughan PJ. The Digestible Amino Acid Composition of Several Milk Proteins: Application of a New Bioassay. *J Dairy Sci* [Internet]. 1998;81(4):909–17. Available from: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75650-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75650-4)
41. Millward DJ, Jackson AA. Protein/energy ratios of current diets in developed and developing countries compared with a safe protein/energy ratio: implications for recommended protein and amino acid intakes. *Public Health Nutr.* 2004;7(3):387–405.
42. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *La quinua : Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.* 2011;
43. Wyatt CJ, Tejas MAT, Méndez RO, Valencia ME. Protein quality evaluation in rats of typical diets for 4- to 6-year-old children from different socioeconomic areas living in Oaxaca, Mexico. *Ann Nutr Metab.* 2001;45(1):19–23.
44. Ferreira TAP de C, Arêas JAG. Protein biological value of extruded , raw and toasted amaranth grain. *Pesqui Agropecuária Trop.* 2004;34(1):53–9.
45. Aguilar EG, Albarracín G de J, Uñates MA, Piola HD, Camiña JM, Escudero NL. Evaluation of the Nutritional Quality of the Grain Protein of New Amaranths Varieties. *Plant Foods Hum Nutr.* 2015;70(1):21–6.
46. Awasthi C, Kumar A, Singh N, Thakur R. Biochemical Composition of Grain Amaranth Genotypes of Himachal Pradesh [Internet]. Vol. 29, *Indian Journal of Agricultural Biochemistry.* Indian Society of Agricultural Biochemists; 2016

[cited 2019 Sep 29]. 189–194 p.

47. Soledad N, Romina J, Luis E. Determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinoa de origen argentino . Evaluación de su calidad proteica . Amino acid content estimation in quinoa flour made in argentina . Evaluation of its proteic quality . 2009;
48. Wong KH, Cheung PCK. Effect of fiber-rich brown seaweeds on protein bioavailability of casein in growing rats. *Int J Food Sci Nutr*. 2003;54(4):269–79.
49. Mongeau R, Sarwar G, Peace RW, Brassard R. Relationship between dietary fiber levels and protein digestibility in selected foods as determined in rats. *Plant Foods Hum Nutr [Internet]*. 1989 [cited 2019 Sep 27];39(1):45–51.
50. Ayala G. Aporte de los cultivos andinos a la Nutrición Humana. Raíces Andin Contrib al Conoc ya la Capacit Univ Nac Mayor San Marcos Lima, Perú p [Internet]. 2004;101–112.
51. D'Amico SD, Schoenlechner R, Tömöskösi S. Proteins and Amino Acids of Kernels. 2017;94–118.
52. Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends Food Sci Technol [Internet]*. 2010;21(2):106–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2009.10.014>
53. Schoeneberger H, Gross R, Cremer HD, Elmadfa I. Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. *J Nutr*. 1982;112(1):70–6.
54. Suca GRA, Suca CAA. Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Rev Peru Química e Ing Química*. 2016;18(2):55–71.
55. Chew PG, Casey AJ, Johnson SK. Protein quality and physico-functionality of Australian sweet lupin ( *Lupinus angustifolius* cv . Gungurru ) protein concentrates prepared by isoelectric precipitation or ultrafiltration. 2003;83:575–83.
56. Walter Silva S, Teresa Arbaiza F, Fernando Carcelén C, Orlando Lucas A. Evaluación biológica en ratas de laboratorio (*Rattus norvegicus*) de fuentes proteicas usadas en alimentos comerciales para perros. *Rev Investig Vet del Peru*. 2003;14(1):18–23.
57. Church DC, Pond WG. Fundamentos de Nutricion y Alimentación de animales [Internet]. 2da ed. Mexico: Limusa Grupo Noriega; 1998 [cited 2019 Sep 29]. 75–99 p. Available from:

## Anexos

### Anexo 1: fotos Jaulas metabólicas



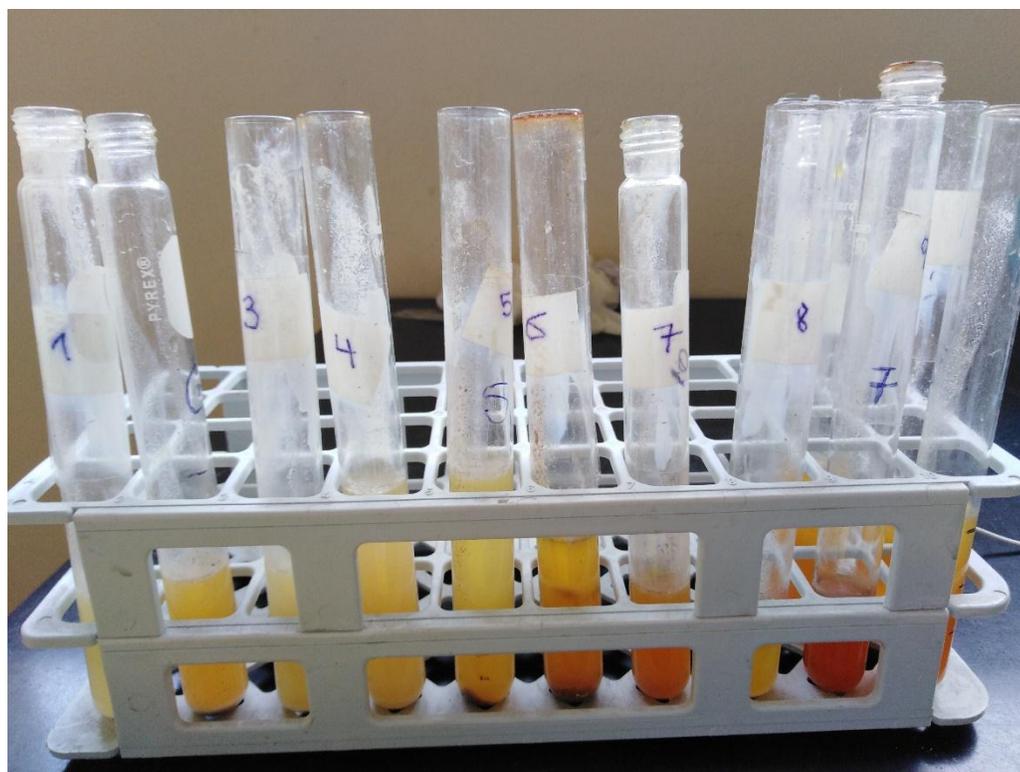
Jaulas metabólicas

## Anexo 2: fotos preparación de la dieta



Formulación de las dietas

### Anexo 3: fotos recolección de heces y orina



Recolección de orina



Recolección de heces

#### Anexo 4: fotos sacrificio y extracción de órganos



Sacrificio y extracción de órganos