

Efecto del consumo de cultivos andinos quinua, cañihua y tarwi sobre el incremento de peso y nitrógeno retenido en ratas Wistar

Effect of the consumption of Andean crops quinoa, cañihua and tarwi on the weight increase and nitrogen retained in Wistar rats

Moisés Guillermo Apaza Ahumada

Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno - Perú

Autor para correspondencia: moisesunap@gmail.com

ARTÍCULO ORIGINAL

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido: 14/01/2019
Artículo aceptado: 30/06/2019
En línea: 25/07/2019

PALABRAS CLAVE:

Cultivos andinos,
peso,
nitrógeno retenido,
proteínas,
ratas Wistar.

RESUMEN

Los granos andinos constituyen una importante fuente de macronutrientes, vitaminas, minerales y especialmente de proteínas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del consumo de cultivos andinos quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) sobre la ganancia de peso y el nitrógeno retenido en ratas Wistar. Es un estudio experimental, con una muestra de 24 ratas Wistar destetadas machos, se les alimento con galletas durante 42 días. Se formularon 3 dietas experimentales de galletas a base de harinas: 50% de quinua, cañihua, tarwi complementada con 50% de harina de trigo y una dieta control de galleta de harina de trigo al 100 %. Se controló el peso a partir de los 21 días de edad para evaluar la ganancia de peso final y se sacrificó a los animales para determinar el nitrógeno retenido a través de la prueba de Kjeldahl y adicionalmente calcular la utilización neta de proteínas. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la ganancia de peso entre las ratas alimentadas con las galletas de granos andinos (quinua, cañihua y tarwi) en relación al grupo control (trigo); se encontraron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno retenido y en la utilización neta de proteínas entre las ratas ($p < 0.05$). Se concluye que el contenido de proteínas y nutrientes de los granos andinos se complementan mejor con la harina de trigo y el consumo de galletas formuladas con estas mezclas podrían tener efecto positivo sobre la ganancia de peso, nitrógeno retenido y utilización neta de proteínas.

ORIGINAL ARTICLE

ARTICLE INFORMATION

Article received: 14/01/2019
Article accepted: 30/06/2019
On line: 25/07/2019

KEYWORDS:

Andean crops,
weight,
nitrogen retained,
protein,
Wistar rats.

ABSTRACT

Andean grains are an important source of macronutrients, vitamins, minerals and especially proteins. The objective of the research was to evaluate the effect of consumption of Andean quinoa crops (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) and tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) on weight gain and nitrogen retained in Wistar rats. It is an experimental study, with a sample of 24 weaned male Wistar rats, they were fed with biscuits for 42 days. Three experimental flour-based cookie diets were formulated: 50% quinoa, cañihua, tarwi supplemented with 50% wheat flour and a control diet of 100% wheat flour biscuit. The weight was controlled from 21 days of age to evaluate the final weight gain and the animals were sacrificed to determine the nitrogen retained through the Kjeldahl test and additionally calculate the net utilization of proteins. Significant differences were found ($p < 0.05$) in the weight gain between the rats fed Andean grain cookies (quinoa, cañihua and tarwi) in relation to the control group (wheat); Significant differences were found in the content of retained nitrogen and net protein utilization among the rats ($p < 0.05$). It is concluded that the protein and nutrient content of Andean grains are better complemented with wheat flour and the consumption of biscuits formulated with these mixtures could have a positive effect on weight gain, retained nitrogen and net protein utilization.

INTRODUCCIÓN

En la región Puno, entre los granos andinos cultivados con alto valor nutricional, pero con bajo consumo tenemos a la quinua (*Chenopodium quinoa* Will), la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y el tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Estos cultivos desde siglos atrás fueron consumidos por las sociedades andinas constituyéndose en la base de la alimentación de la zona del altiplano (Ayala, 1998; S. E. Jacobsen, Mujica, & Ortiz, 2003). El trigo (*Triticum aestivum*) es uno de los cereales más importantes en la alimentación humana mundial. La harina de trigo en mayor proporción está destinada a la elaboración de productos de panadería, dentro de ellos las galletas con o sin relleno (Ministerio de Salud, 2011; Romo, Aura, Forero, & Ceron, 2006).

La mayoría de las propuestas de productos alimentarios especialmente el pan y las galletas, con base a cereales y leguminosas andinos, se ha realizado utilizando mezclas de harina de trigo con harina de quinua, cañihua, tarwi, entre otros en diferentes proporciones. La finalidad de estos estudios fue encontrar mejores alternativas para contribuir con una alimentación más saludable, prevenir enfermedades crónicas degenerativas, afrontar problemas de desnutrición por déficit en poblaciones vulnerables, especialmente en el grupo infantil (Apunte Pinos, León Idrovo, & Cornejo, 2013; S.-E. Jacobsen & Mujica, 2006; Li et al., 2018). La utilización de estos cultivos andinos ha recibido especial atención por su alto contenido de macronutrientes, minerales, vitaminas, fibra y especialmente proteínas (Apaza-Moroco, Hayqui-Betancur, & Sumire-Quenta, 2015; S.-E. Jacobsen & Mujica, 2006; León & Urbina, 2015; Matos-Chamorro & Muñoz-Alegre, 2010; Ministerio de Salud, 2017).

Generalmente, la inclusión de alimentos con alto contenido de proteínas en el grupo experimental permite mayor ganancia de peso que en el grupo control o dieta habitual, debido a que las proteínas tienen como función la formación de los diversos

tejidos del organismo incrementando el peso final del animal (Cuj et al., 2017; Márquez-Montes, Altúzar-Carpio, Villanueva-Carrillo, & Palacios-Pola, 2010; Olza Meneses, Porres Foulquie, Urbano Valero, Martínez de-Victoria, & Gil Hernandez, 2008)

Muchos productos alimentarios se han elaborado y utilizado en animales de laboratorio con la finalidad de evaluar especialmente la calidad de las proteínas a través de pruebas biológicas como la Relación de Eficiencia Proteica (PER), Digestibilidad Verdadera (DV), Utilización Neta de Proteínas (NPU) y otros indicadores, y en algunos casos además, evaluar la ganancia de peso (Cuj et al., 2017; Falcón-Villa, Yáñez-farías, & Barrón-Hoyos, 2006; Márquez-Montes et al., 2010; Olza Meneses et al., 2008).

Para el cálculo de algunas de estas pruebas biológicas mencionadas, se requiere información como producto de la medición de las heces y orina de las ratas durante el periodo de estudio, estos procedimientos por su manejo tedioso en laboratorio puede ser reemplazado por el método de la determinación de la Retención de Nitrógeno en la carcasa del animal sacrificado una vez culminado el experimento, como un indicador directo que evalúa la calidad proteica y sobre todo la eficiencia que tiene la fórmula o dieta propuesta (Muller & Tobin, n.d.; Silva-S, Arbaiza-F, Carcelen-C, & Lucas-A, 2003). En el caso del estudio se ha considerado el indicador Retención de Nitrógeno o Nitrógeno Corporal, cuyo valor permite, junto con los datos de nitrógeno ingerido en cada dieta, calcular la Utilización Neta de Proteínas, que nos da a conocer su retención neta por el organismo (Naclerio, 2006).

Por otro lado, son escasos los estudios experimentales en bioterio, realizados en ratas u otros animales, que hayan utilizado específicamente galletas elaboradas a base de harinas de quinua, cañihua, tarwi y trigo como insumos alimentarios, para evaluar la ganancia de peso y la calidad de las proteínas, no se ha encontrado estudios que determinen la Retención de Nitrógeno en el organismo del animal utilizando estos productos.

Para muchas poblaciones del mundo incluir proteínas de alta calidad en sus dietas constituye una necesidad, especialmente en aquellas que escasamente consumen proteína de origen animal y deben obtener proteínas de cereales, leguminosas y otros granos. En los últimos años diversas investigaciones han buscado mejorar el valor nutritivo del pan de trigo, para lo cual se están utilizando cereales en grano, harinas integrales, y otros productos con elevado valor nutricional y aporte de fibra dietética (Li et al., 2018; Montero-Quintero, Moreno-Rojas, Alí-Molina, Colina-Barriga, & Sánchez-Urdaneta, 2015). Sin embargo, el pan elaborado de harina trigo, es un producto de consumo masivo que por sus características tiene un hinchamiento particular (gluten de trigo) que le otorga una buena presentación y aspecto puede ser afectado por la adición de otras harinas.

En este contexto, las galletas como un producto de panificación y familiarizado con el consumidor constituyen un producto alimenticio factible para formular mezclas de harinas de cultivos andinos con harina de trigo comercial, con el propósito de mejorar sustancialmente el valor nutricional y garantizar el consumo del producto por parte de la población en general e infantil en particular. Por estas consideraciones, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto del consumo de cultivos andinos quinua, cañihua y tarwi sobre el incremento de peso, retención de nitrógeno y utilización neta de proteínas en ratas Wistar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Es un estudio experimental que se realizó en el bioterio y en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa (UCSM), en el periodo del mes de febrero a abril del 2018.

Harinas de cultivos andinos y trigo.

Las semillas de quinua y cañihua debidamente registrados se ha adquirido del Instituto Nacional de Innovación Agraria de Puno (INIA). El grano de tarwi se adquirió en la ciudad de Yunguyo, lugar donde se produce y consume la mayor cantidad de este producto en la región Puno.

Los granos andinos fueron sometidos a un procedimiento adecuado de lavado, secado y luego se procedió a la molienda mecánica para obtener las harinas correspondientes. La harina de trigo se adquirió en una tienda comercial de la ciudad de Puno, este producto es utilizado normalmente en la panificación.

Preparación de las dietas (galletas)

El estudio utilizó 4 formulaciones de dietas diferentes en forma de galletas, de las cuales 3 fueron experimentales a base de harina de granos andinos: quinua, cañihua y tarwi, y una galleta a base de harina de trigo exclusivamente el que se considera como control, todos hechos artesanalmente. La galleta es un producto de panificación de consumo común que facilita realizar el estudio. Con la finalidad de homogenizar el proceso de preparación de la galleta y obtener un producto adecuado se utilizaron insumos como grasa, azúcar y otros ingredientes en las mismas proporciones para las 4 dietas.

Se tiene que, en estudios se consideran diferentes criterios para definir el grupo control, como sólo pan de trigo refinado al 100% (Li et al., 2018), en otro caso almidón de maíz al 70%, caseína al 15%, aceite de maíz al 5%, mezcla de sales al 4%, mezcla de vitaminas al 1% y celulosa al 5% (Hejazi, 2016). En el estudio se consideró que los cultivos andinos tienen una buena proporción y balance de los diferentes macronutrientes y micronutrientes y se considera a la galleta de trigo como grupo control porque la mayoría de los productos de galletería son fabricados con base a trigo refinado al 100%.

Rev. Investig. Altoandin. 2019; Vol 21 Nro 3 194 - 204

En la tabla 1 se tiene las fórmulas propuestas (Galletas) y el contenido de proteínas producto del análisis químico.

Tabla 1

Dietas experimentales y control

| Dieta | Proporciones de la mezcla | Proteína (%) 100 g galleta* |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------|
| Galleta1 (G-1) | 50% Quinua + 50% Trigo | 8.76 |
| Galleta 2 (G-2) | 50% Cañihua + 50% Trigo | 9.75 |
| Galleta 3 (G-3) | 50% Tarwi + 50% trigo | 18.24 |
| Galleta 4 (G-4) | 100% Trigo (Control) | 8.43 |

*Análisis químico de la galleta.

Animales de experimentación

El estudio se realizó con 24 ratas Wistar machos de 21 días de nacidos, suministrados por el bioterio de la UCSM. Se escogen ratas machos porque son más estables biológicamente, al no ocurrir en este sexo las variaciones cíclicas hormonales propias del ciclo reproductivo de las hembras, y que podrían repercutir sobre las variables de interés del estudio (García Rodríguez, Rodríguez Izquierdo, Camps Calzadilla, & Gámez Fonseca, 2011). Estos fueron asignados aleatoriamente en cuatro (04) grupos, con seis (06) unidades muestrales cada uno; distribuidas en tres grupos experimentales (GE1, GE2, GE3) y un grupo control (GC4) para evaluar el efecto del consumo de galletas a base de granos andinos. Cada animal se alojó en jaulas individuales suministrándole la dieta correspondiente.

En los estudios experimentales las ratas son modelos que ofrecen muchas ventajas, en vista de que gran parte de sus procesos bioquímicos son similares a la del hombre, tienen un tiempo generacional muy corto, son muy prolíficos y se adaptan fácilmente a la vida en el bioterio (Gullace & Carturini, 2012).

En el estudio no se consideró el grupo blanco (ratas alimentadas con una dieta aprotéica), en vista de que las normas éticas recomiendan no someter a los animales de experimentación a sufrimiento alguno, y el hecho de ser una dieta de severa restricción de proteínas causa daño innecesario al animal (Mrad de-Osorio, 2006; Osorio Hoyos, 2000). Se hace esta anotación en vista de que el grupo blanco otorga

Rev. Investig. Altoandín. 2019; Vol 21 Nro 3 194 - 204

información, datos que participan en la fórmula para calcular algunos indicadores de la calidad proteica de las dietas, sin embargo, esta carencia podría ser subsanada en parte con la determinación de la Retención de Nitrógeno.

No se incluye la referencia de autorización de aprobación del protocolo por parte de un Comité de Cuidado de Animales de Laboratorio en vista de que no se cuenta aún con la presencia de esta institución en el lugar.

El estudio se inició seleccionando aleatoriamente el tipo de dieta (G1, G2, G3 y G4) que se administró a cada una de las ratas según corresponda. En todos los casos se administró el alimento y el agua *ad libitum*, registrando el peso de cada rata de forma semanal durante 6 semanas (42 días).

Para la determinación de la Retención de Nitrógeno se sacrificó al animal aplicando el procedimiento de la eutanasia por dislocación cervical previa sedación por inhalación de una solución saturada de cloroformo; el análisis de la canal (Carcasa) de tejido muscular se pesaron 25 g y colocaron en bolsas de plástico con su respectiva codificación (Tipo de dieta y número de rata). Estas muestras fueron secadas en horno, luego se determinó por medio del método oficial de análisis Kjeldahl AOAC la cantidad de proteínas en porcentaje y por cálculo se estima el nitrógeno retenido. Esta información nos permitir además calcular otros indicadores como es el caso de la Utilización Neta de Proteínas (Muller & Tobin, n.d.; Silva-S et al., 2003).

La Retención de Nitrógeno o Nitrógeno Corporal se halló multiplicando el contenido de N (%) por el peso del animal (g).

$$NR = \text{Nitrógeno de la muestra (g x \%)} \times \text{Peso del animal (g)} \quad (1)$$

100

La ingesta de N se halló multiplicando el contenido de N (g) por el consumo de alimento (g).

$$NI = \frac{\text{Contenido de Nitrógeno de cada dieta (g)} \times \text{Consumo de la dieta (g)}}{100} \quad (2)$$

100

La Utilización Neta de Proteínas (UNP), expresa el valor del Nitrógeno Retenido en proporción al Nitrógeno Ingerido.

$$UNP = \frac{\text{Nitrógeno Retenido}}{\text{Nitrógeno Ingerido}} \quad (3)$$

Los datos de incremento de peso, retención de nitrógeno y utilización neta de proteínas se analizaron estadísticamente utilizando un diseño completamente al azar para determinar el efecto del consumo de galletas a base de harina de quinua, cañihua, tarwi y trigo sobre la respuesta de los indicadores en mención. Asimismo, se utilizó la prueba de Tukey para identificar las diferencias entre los 04 tratamientos, con 06 repeticiones cada uno. La normalidad de las variables se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk. Se utilizó el software estadístico SPSS versión 22, el nivel de significancia utilizado fue $p=0,05$.

Tabla 2

Valor promedio y estadísticos descriptivos de la ganancia de peso según dietas en ratas Wistar

| Tratamiento | Nº | Peso Inicial (g) | DS | Peso Final (g) | DS | Diferencia (g) | DS |
|-------------|----|------------------|---------|---------------------|---------|--------------------|----------|
| Trigo | 6 | 68,88 | (±9,26) | 64,48a | (±9,49) | -4,40a | (± 3,02) |
| Quinua | 6 | 66,35 | (±5,63) | 76,98 ^a | (±9,30) | 10,63 ^b | (± 9,32) |
| Cañihua | 6 | 67,38 | (±14,0) | 80,15 ^a | (±13,1) | 12,77 ^b | (± 18,5) |
| Tarwi | 6 | 76,30 | (±6,30) | 101,05 ^b | (±13,1) | 24,75 ^c | (±11,7) |
| P-valor F | | p = 0,280 | | p = 0,000 | | p = 0,005 | |
| | | 1,372 | | 12,690 | | 5,931 | |

DS = Desviación estándar

El Análisis de la Varianza (ANOVA) para el peso inicial señala que no hay diferencia entre los grupos experimental y el control (p -valor = 0.028). En el caso del peso final se observa que hay una diferencia significativa entre los tratamientos (p -valor = 0.000) es decir, entre los grupos trigo, quinua y cañihua respecto al grupo tarwi. La diferencia de medias del peso final menos el peso inicial señala que la ganancia de peso es diferente entre los grupos (p -valor = 0.005), la prueba pos hoc Tukey encuentra que existe diferencia entre todos los grupos, excepto

RESULTADOS

Las 24 ratas Wistar terminaron vivas después de 6 semanas que duró el experimento, con los 4 tratamientos correspondientes a cada dieta: tres grupos experimentales y un grupo control.

El incremento de peso promedio y otros datos, de las ratas que han recibido 4 dietas diferentes, se encuentran en el cuadro 3. Se observa que la dieta que ha provocado la mayor ganancia de peso en las ratas Wistar es la galleta de tarwi G-3 con 19 g en un periodo de 6 semanas, seguido de la galleta de cañihua G-2, quinua G-1 respectivamente, en cambio, la galleta de trigo G-4 considerada como grupo control, tiene un valor promedio negativo en cuanto a la ganancia de peso (-0.82 g). En el grupo control GC-4 se observó una disminución sustancial en el peso en los primeros 7 días del experimento.

entre el grupo GE-1 y el GE-2, estos grupos de ratas son los que consumieron galleta de quinua y cañihua, esto indica que la ganancia de peso de las ratas ha sido diferente entre grupos según el consumo del tipo de galletas en base a cultivos andinos.

Referente a la variable Retención de Nitrógeno, los datos de las ratas que han recibido 4 dietas diferentes se encuentran en la tabla 3, donde se observa que la dieta que ha generado mayor retención de Nitrógeno en las ratas Wistar es la galleta de Tarwi con 8,20 g

en un periodo de 6 semanas, seguido de la galleta de cañihua G-2, quinua G-1 y trigo G-4. Respecto a la dieta de trigo G-4, considerado como grupo control, presenta el valor promedio (5,57 g) más bajo de nitrógeno corporal.

Tabla 3

Valor promedio y estadísticos descriptivos de la Retención de Nitrógeno según dietas en ratas Wistar.

| Dieta | N° | Media RN (g) | DS | IC para la media (95 %) | |
|---------|----|-------------------|---------|-------------------------|-----------------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Tarwi | 6 | 8,20 ^a | (±0,77) | 7,39 | 9,01 |
| Quinua | 6 | 6,05 ^a | (±0,83) | 5,17 | 6,92 |
| Cañihua | 6 | 6,31 ^a | (±1,20) | 5,15 | 7,46 |
| Trigo | 6 | 5,57 ^b | (±0,83) | 4,71 | 6,44 |
| P-valor | | P=0,000 | | | |

RN = Retención de Nitrógeno; DS = Desviación estándar; IC = Intervalo de confianza.

El ANOVA aplicado para la Retención de Nitrógeno, al 5 % de confianza, indica que existe una diferencia altamente significativa con un p valor = 0.00 (p<0,05), entre los grupos experimentales y el grupo control. Esto indica que la Retención de Nitrógeno en la carcasa de las ratas ha sido diferente entre grupos. Al realizar la prueba de Tukey se ha encontrado que existe diferencia entre el GE-3 contra el GE-1, GE-2 y GC-4, es decir, el grupo que consumió galleta de tarwi es diferente a los grupos que consumieron galletas de quinua, cañihua y trigo que estadísticamente no son diferentes.

Tabla 4

Valor promedio y estadísticos descriptivos de la Utilización Neta de Proteínas según dietas en ratas Wistar

| Dieta | N | Media UNP | DS | IC para la media (95 %) | |
|---------|---|-------------------|---------|-------------------------|-----------------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Quinua | 6 | 1,74 ^a | (±0,15) | 1,58 | 1,90 |
| Cañihua | 6 | 1,40 ^b | (±1,12) | 1,28 | 1,53 |
| Tarwi | 6 | 1,11 ^c | (±0,06) | 1,05 | 1,18 |
| Trigo | 6 | 2,10 ^d | (±0,09) | 2,01 | 2,18 |
| P-valor | | P=0,000 | | | |

N = Número; UNP = Utilización Neta de Proteínas; DS = Desviación estándar; IC = Intervalo de confianza.

El valor promedio de la Utilización Neta de Proteínas (UNP) muestra que hay diferencias entre las mezclas de las cuatro dietas. La UNP en el caso de el tarwi es de 1,11 cercano a la unidad, en el caso del trigo es de 2,10.

El análisis estadístico (ANOVA) a un 5 % de confianza nos indica que existe una diferencia altamente significativa entre los valores de la UNP de los grupos en estudio con un p valor = 0.00 (p<0,05). Al realizar la prueba de Tukey se ha encontrado que existe diferencia significativa entre todos los grupos.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se observó que, las dietas de galletas con base a cultivos andinos podrían tener mayor efecto sobre la ganancia de peso, porque existe diferencia entre el peso de las ratas alimentadas con galleta de harina de trigo G-4 y la dieta de la mezcla de harina de quinua-trigo G-1, cañihua-trigo G-2 y tarwi-trigo G-3, estos resultados se pueden deber a la diferencia que existe en el contenido de nutrientes y especialmente a la cantidad y calidad de las proteínas en cada una de las dietas.

Respecto a la ganancia de peso, en otro estudio se menciona diferencias significativas (P<0.05) entre el tratamiento control y las dietas con harina de quinua en diferentes proporciones. En cuanto a la eficiencia alimenticia se presentaron la mejor conversión en los tratamientos con harina de quinua con 20% (Silva Rodriguez, 2016).

Se reporta que, en formulaciones de dietas, de diferentes alimentos con trigo, no siempre se logran diferencias en la ganancia de peso entre el grupo control y el experimental como se espera, hay estudios donde se menciona que puede deberse a otros factores no controlados (Barreto-Gomez & Toledo-Vasquez, 2017; Montero-Quintero, Moreno-Rojas, Alí Molina, Colina-Barriga, & Sánchez-Urdaneta, 2015).

La menor ganancia de peso en el caso del grupo control podría deberse a que las proteínas de las galletas de harina de trigo son de menor calidad. El aminoácido más limitante del trigo es la lisina, entre otros la isoleucina y la metionina+cisteína, por lo que, se trata de una proteína de bajo valor biológico (Pires,

Oliveira, Rosa, & Costa, 2006). Las proteínas de la quinua (Pires et al., 2006; Romo et al., 2006), cañihua (Gallego Villa, Russo, Kerbab, Landi, & Rastrelli, 2014) y tarwi (Carvajal-Larenas, Linnemann, Nout, Koziol, & van Boekel, 2016; Ortega-David, Rodríguez, David, & Zamora-Burbano, 2010), tienen un mejor perfil del aminoácido lisina, considerado como uno de los más limitantes de las proteínas de origen vegetal, además estos cultivos andinos considerados en el estudio, tienen mayor contenido de proteínas que el trigo (Chirinos-Arias, 2015; Ministerio de Salud, 1996).

En otros estudios se menciona que los cereales y leguminosas combinadas con proteínas de origen animal, como la leche, mostraron mayor incremento de peso al final de cuatro semanas de estudio (Cuj et al., 2017). Las diferencias de pesos se pueden deber también a la composición de los alimentos de la dieta y a su asimilación (Márquez-Montes et al., 2010), teniendo en cuenta que no son estudios con cultivos andinos, sino, otros productos especialmente semillas de cereales y leguminosas.

En el grupo control, las ratas alimentadas con galleta de trigo G-4, se observa una disminución en el peso en las dos primeras semanas del experimento, el que podría deberse a los procesos de adaptación fisiológica a la dieta y a la restricción nutricional de la misma. Los animales de los grupos experimentales fueron ganando peso durante las 6 semanas, allí se observa que el mayor pico de incremento de masa corporal fue en la quinta y sexta semana. La poca ganancia de peso de las ratas en estos grupos podría deberse a diferentes factores considerando que todos tuvieron un peso inicial eutrófico (Cossio-Bolaños, Gómez Campos, Vargas Vitoria, Hochmuller Fogaça, & de Arruda, 2013).

La mayoría de las investigaciones que recurren a los métodos biológicos para evaluar la calidad de las proteínas se fundamentan en el crecimiento ponderal de las ratas y más específicamente en la ganancia de peso (Silva-S et al., 2003) porque su medición es fácil de tomar durante el periodo de estudio.

Respecto a la variable de respuesta Retención de Nitrógeno, el ANOVA indica que hay diferencias entre las dietas. De acuerdo con el valor de la media se nota que a mayor contenido de proteínas de la dieta hay mayor retención de nitrógeno corporal. El análisis estadístico discriminante señala que el grupo tarwi GE-3 es significativamente diferente a los otros 3 grupos, entre los cuales no hay diferencia estadística.

Estos resultados se deben en gran parte a la diferencia que existe en el contenido, tanto en cantidad, como en la calidad de las proteínas y otros nutrientes entre las dietas. Las proteínas biológicamente incompatibles son aquellas que tienen uno o más aminoácidos esenciales limitantes que disminuyen la síntesis de proteínas tisulares, afectando su utilización. Esto indica que es recomendable realizar mezclas de cereales andinos (seudocereales) y leguminosas (como el tarwi) con los cereales en general y con el trigo en particular para mejorar el Cómputo Aminoácido y la Calidad Biológica de la proteína de la mezcla (Complementación Aminoácida).

La estimación de la Relación de Eficiencia Proteica ha sido el método más aplicado para evaluar la calidad de las proteínas, aunque tiene ciertas limitaciones. La principal fuente de errores consiste en utilizar la ganancia de peso como el único criterio *per se* de valor proteico. Por estas razones, se ha recomendado la utilización de otros métodos, como la utilización neta de proteínas (UPN) y el valor biológico (VB), (Morris Quevedo, Carrillo Farnes, & Bermudez Savón, 2003).

Por otro lado, la utilización neta de proteínas es significativamente diferente entre todos los grupos. En el caso del grupo tarwi GE-3 la relación entre el Nitrógeno Retenido y el Nitrógeno Ingerido es igual a 1.1 que implica que hay una utilización adecuada y tiene que ver con la cantidad de aporte de proteínas de la galleta del tarwi que es dos veces más que el trigo. En cambio, en el caso del grupo que consumió la galleta de trigo GC-4 la cantidad de proteínas es

menor que en los grupos que consumieron galletas de quinua, cañihua y tarwi, por lo tanto, la ganancia de peso, el nitrógeno retenido también son menores. En el grupo de ratas que consumieron galleta de trigo el nitrógeno ingerido es menor siendo la utilización neta de proteínas de 2.1 que implica que no hay una relación adecuada entre lo ingerido y retenido que idealmente debe ser de 1, hay mucha diferencia. La dieta control resulta siendo muy restrictiva.

La proporción global de los aminoácidos disponibles es más importante en la determinación de la calidad que simplemente la cantidad absoluta de cada aminoácido esencial. Una proteína balanceada se define como aquella en la cual los aminoácidos esenciales están presentes en proporciones óptimas unos respecto a los otros, para una mayor eficiencia en la formación de nuevos tejidos y reparación de los ya existentes. (Morris Quevedo et al., 2003). Por ello, es necesario conocer también la composición aminoácida de cada fórmula dietaria, la que debe ser un aporte adicional de otros estudios.

La importancia de las proteínas de la quinua se debe a la calidad. Tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales parecida a la composición aminoácida de la caseína, la proteína de la leche (S. E. Jacobsen et al., 2003; Romo et al., 2006). La cañihua tiene mayor cantidad de proteínas que la quinua (Gallego Villa et al., 2014; Ministerio de Salud, 2017). El tarwi es el grano con mayor cantidad de proteínas (Carvajal-Larenas et al., 2016; Ministerio de Salud, 2017; Ortega-David et al., 2010). La cantidad y la calidad de las proteínas de los tres cultivos andinos y del trigo utilizado en el estudio estarían reflejándose en la respuesta de la ganancia de peso, retención de nitrógeno y utilización neta de la proteína.

Por otro lado, un alto consumo de fibra dietaria disminuye la utilización de nutrientes, incluyendo la proteína. Dietas altas en fibra han mostrado que incrementan la excreción de nitrógeno fecal, disminuyendo la digestibilidad de nitrógeno

dietario en humanos y en animales de laboratorio. Investigaciones han analizado el efecto de fibra en la digestibilidad del nitrógeno y otros nutrientes; comprobando que tanto el nivel como las características físico-química de la fibra, como la solubilidad y la capacidad de absorción de agua influyen en la digestibilidad. (Falcón V, Barrón H, Romero B, & Domínguez S, 2011). Según su composición los 3 granos andinos en estudio tienen alto contenido de fibra, pero al parecer no constituye un exceso como para alterar la digestibilidad de las proteínas, más aún, se recomienda su consumo por la fibra que ofrece muchos beneficios para la salud (Ministerio de Salud, 2017).

Los cultivos andinos, que históricamente forman parte de la dieta de las sociedades andinas son considerados hoy como alimentos de alta calidad. Los granos en mención tienen un gran potencial de transformación en productos procesados. Por ello es recomendable elaborar productos orgánicos sin que pierdan sus principales cualidades nutritivas (S. E. Jacobsen et al., 2003).

Según ensayos en panificación utilizando harina de tarwi, se recomienda sustituir hasta un 10% de la harina de trigo sin desmejorar la calidad del pan en volumen, textura, aroma, suavidad, color de corteza, simetría de forma y sabor, así mismo el pan elaborado con 80% de trigo +10% quinua +10% tarwi, resultó ser el más económico (S.-E. Jacobsen & Mujica, 2006). A diferencia del pan, la galleta tiene otras características que podrían permitir introducir mayores proporciones de estos granos andinos y tener fórmulas con mayor valor nutricional un bajo costo.

CONCLUSIONES

Las dietas (galleta) con base a harinas de cultivos andinos como quinua, cañihua y tarwi, mezclados con la harina de trigo, tienen mayor efecto sobre la ganancia de peso en ratas Wistar, en comparación con la dieta exclusiva de harina de trigo. La Retención

de Nitrógeno muestra un balance más adecuado para el caso del tarwi. La Utilización Neta de Proteínas tiene valores más positivos para las dietas a base de harinas de cultivos andinos que la dieta exclusiva de harina de trigo, mostrando diferencias significativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza-Moroco, B. D., Hayqui-Betancur, H., & Sumire-Quenta, D. (2015). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por las harinas de quinua (*Chenopodium Quinoa* Wild); cañihua (*Chenopodium pallidicaule*); y chia (*Salvia hispanica* L.) en la elaboración del pan Chuta. *Revista de Investigación Universitaria*, 4(1), 21–25.
- Apunte Pinos, G. P., León Idrovo, G. O., & Cornejo, F. (2013). *Utilización de Harina de Chocho (LUPINUS MUTABILIS SWEET) en la Elaboración de Pan*.
- Ayala, G. (1998). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. In *RAICES ANDINAS. Contribuciones al conocimiento y a la capacitación* (pp. 101–112). Lima - Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Barreto-Gomez, F., & Toledo-Vasquez, D. (2017). Evaluación de la calidad proteica de la formulación de harinas de soya (*glycyne max*), avena (*avena satival.*) y trigo (*triticum aestivum* l.) (1:1:2) y su efecto sobre la recuperación de la desnutrición proteica inducida en ratas albinas (*rattus norvegicus*). *Revista de Investigación Científica*, 2(1), 42–50.
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454–1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Chirinos-Arias, M. C. (2015). Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal. *Revista Bio Ciencias*, 3(3), 163–172. <https://doi.org/10.15741/revbio.03.03.03>
- Cossio-Bolaños, M., Gómez Campos, R., Vargas Vitoria, R., Hochmuller Fogaça, R. T., & de Arruda, M. (2013). Reference curves for assessing the physical growth of male Wistar rats. *Nutr Hosp.*, 28(6), 2151–2156. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6659>
- Cuj, M., Dardón de-Richardson, J., Mazariegos, M., Perez-Corrales, W., Fischer, E., & Roman-Trigo, A. V. (2017). Determinación de la ganancia de peso , calidad proteica y digestibilidad de ocho dietas a base de dos leguminosas , maní (*Arachis hypogaea* L.) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en ratas Wistar. *Revista Científica*, 27(1), 21–31.
- Falcón-Villa, M. del R., Yáñez-farías, G. A., & Barrón-Hoyos, J. M. (2006). Efecto del sexo de la rata (*sprague dawley*) sobre la digestibilidad y razón neta de proteína en alimentos de distinta calidad proteica. *Revista chilena de nutrición*, 33(3), 511-517. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182006000500007>
- Falcón V, M. del R., Barrón H, J. M., Romero B, A. L., & Domínguez S, M. F. (2011). Efecto adverso en la calidad proteica de los alimentos de dietas con alto contenido de fibra dietaria.
- Gallego Villa, D. Y., Russo, L., Kerbab, K., Landi, M., & Rastrelli, L. (2014). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa) seeds. *Emir J. Food Agric.*, 26(7), 609–615. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i7.18187>
- García Rodríguez, I., Rodríguez Izquierdo, E., Camps Calzadilla, E., & Gámez Fonseca, M. (2011). Cambios corporales asociados al envejecimiento en ratas Sprague-dawley. *Rev Cubana Aliment Nutr*, 21(1), 4–13.
- Gullace, F., & Carturini, E. (2012). *El animal de laboratorio como reactivo biológico. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires*. Buenos Aires Argentina.

- Hejazi, M. (2016). Preparation of different formulae from quinoa and different sources dietary fiber to treat obesity in rats. *Nature and Science*, 14(2), 55–65. <https://doi.org/10.7537/marsnsj14021608>
- Jacobsen, S.-E., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 458–482.
- Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). La Importancia de los Cultivos Andinos. *FERMENTUM*, 13(36), 14–24.
- León, A., & Urbina, K. (2015). *Formulación, evaluación nutricional y sensorial del pan de molde integral enriquecido con quinua (chenopodium quinoa), cañihua (chenopodium pallidicaule) y chia (salvia hispánica L.)* (tesis de pregrado). Nuevo Chimbote-Perú. Universidad Nacional del Santa.
- Li, L., Lietz, G., Bal, W., Watson, A., Morfey, B., & Seal, C. (2018). Effects of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Consumption on Markers of CVD Risk. *Nutrients*, 10(777), 1–17. <https://doi.org/10.3390/nu10060777>
- Márquez-Montes, R., Altúzar-Carpio, L. I., Villanueva-Carrillo, G., & Palacios-Pola, G. (2010). Evaluación biológica de alimentos nutricionalmente mejorados en ratas Wistar. *Lacandonia*, 4(2), 53–61.
- Matos-Chamorro, A., & Muñoz-Alegre, K. I. (2010). Elaboración de Pan con Sustitución Parcial de Harina Pre Cocida de Ñuña (*Phaseoleus vulgaris* L.) y Tarwi (*Lupinus mutabilis*). *Rev. Investig. Cienc. Tecnol. Aliment.*, 1(1), 31–35.
- Ministerio de Salud. (1996). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima - Peru: MINSA/INS/CENAN.
- Ministerio de Salud. (2011). *Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería*. Lima, Perú: Dirección General de Salud Ambiental, RM N° 1020-2010/MINSA.
- Ministerio de Salud. (2017). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos* (10ma ed.). Lima - Perú: MINSA/INS/CENAN.
- Montero-Quintero, K. C., Moreno-Rojas, R., Alí-Molina, E., Colina-Barriga, M. S., & Sánchez-Urdaneta, A. B. (2015). Efecto del consumo de panes integrales con amaranto (*Amaranthus dubius* Mart; ex Thell;) sobre la respuesta glicémica y parámetros bioquímicos en ratas Sprague dawley. *Nutr Hosp.*, 31(1), 313–320. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7695>
- Montero-Quintero, K. C., Moreno-Rojas, R., Alí-Molina, E., Colina-Barriga, M. S., & Sánchez-Urdaneta, A. B. (2015). Efecto del consumo de panes integrales con amaranto (*Amaranthus dubius* Mart; ex Thell;) sobre la respuesta glicémica y parámetros bioquímicos en ratas Sprague dawley. *Nutricion Hospitalaria*, 31(1), 313–320. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7695>
- Morris Quevedo, H. J., Carrillo Farnes, O., & Bermudez Savón, R. C. (2003). Enfoque integral en la utilización de los métodos químicos de evaluación de la calidad proteica. *Rev Cubana Salud Pública*, 29(1), 42–47.
- Mrad de-Osorio, A. (2006). Ética en la investigación con modelos animales experimentales. Alternativas y las 3 RS de Russel. Una responsabilidad y un compromiso ético que nos compete a todos. *Revista Colombiana de Bioética*, 1(1), 163–183.
- Muller, H. G., & Tobin, G. (n.d.). *Nutrición y Ciencia de los Alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.
- Naclerio, F. (2006). *Utilización de las proteínas y aminoácidos como suplementos o integrantes dietéticos* (Public Standard).
- Olza Meneses, J., Porres Foulquie, J., Urbano Valero, G., Martínez de-Victoria, E., & Gil Hernandez, A. (2008). Evaluación biológica de la calidad de una mezcla de proteínas para uso en nutrición enteral. *Nutr Hosp.*, 23(3), 206–211.

- Ortega-David, E., Rodríguez, A., David, A., & Zamora-Burbano, Á. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, 59(1), 111–118. Retrieved from http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/14094/14957
- Osorio Hoyos, J. G. (2000). Principios Eticos de la Investigación en Seres Humanos y en Animales. *Medicina*, 60(2), 255–258. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872011000200018>
- Pires, C. V., Oliveira, M. G. de-A., Rosa, J. C., & Costa, N. M. B. (2006). Qualidade nutricional e score químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, 26(1), 179–187.
- Romo, S., Aura, R., Forero, C., & Ceron, E. (2006). Potencial Nutricional de Harinas de Quinoa (*Chenopodium Quinoa W*) Variedad Piartal en los Andes Colombianos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 112–125.
- Silva-S, W., Arbaiza-F, T., Carcelen-C, F., & Lucas-A, O. (2003). Evaluación biológica en ratas de laboratorio (*rattus norvegicus*) de fuentes proteicas usadas en alimentos comerciales para perros. *Rev Inv Vet Peru*, 14(1), 18–23. <https://doi.org/10.15381/rivep.v14i1.1590>
- Silva Rodriguez, I. A. (2016). Evaluación nutricional de harina de quinua de levante y engorde, en el municipio de Pacho; 10, 20 y 30% en dietas de conejos en las etapas (*Chenopodium quinoa*) en tres niveles de inclusión Provincia del Rionegro - Cundinamarca. *Rev Tecnologia Productividad*, 2(2), 99–107