

INFLUENCIA DEL CONSUMO DE QUINUA SOBRE PARÁMETROS BIOQUÍMICOS E HISTOMORFOMETRÍA INTESTINAL EN RATAS OBESAS

Nataly D. Bernuy-Osorio^{1,a}, Rony Riveros-Lizana^{1,b}, María E. Villanueva-Espinoza^{1,c}, Silvia Suárez-Cunza^{2,d}, Carlos Vílchez-Perales^{1,e}

RESUMEN

Objetivo. Determinar la influencia del consumo de tres variedades de quinua sobre parámetros bioquímicos e histomorfometría intestinal en ratas obesas. **Materiales y Métodos.** Se utilizaron 42 ratas obesas Holtzman dispuestas en siete tratamientos de seis animales cada uno, que fueron alimentados durante 23 días con una de las siete dietas: una obesogénica de control y las otras conteniendo además 20% de quinua Altiplano, Pasankalla y Negra Collana procesadas por cocción o tostado. Al finalizar el periodo de alimentación se tomaron muestras de sangre para la determinación de niveles de glucosa, triglicéridos y C-HDL; posteriormente los animales fueron sacrificados y el hígado, intestino delgado (ID) y riñones fueron pesados; muestras de ID fueron extraídas para histomorfometría intestinal. Los datos se sometieron a ANOVA utilizando el GLM bajo diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 3x2 más control y comparación de medias mediante prueba de Fisher. **Resultados.** Los niveles de glucosa, triglicéridos y C-HDL no presentaron diferencias en comparación al grupo control; además, el peso de los riñones no fue afectado por las dietas experimentales. Sin embargo, el ID presentó mayor peso en el grupo control en comparación a los que contenían quinua procesada. La histomorfometría del ID no fue afectada significativamente por las dietas experimentales. **Conclusiones.** La alimentación de ratas obesas con dietas que contienen variedades de quinua procesada no modifica los parámetros bioquímicos y no afecta la histomorfometría intestinal; sin embargo, disminuye el peso del intestino delgado en ratas obesas.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa; Dieta alta en grasa; Obesidad; Ratas (Fuente: DeCS BIREME).*

INFLUENCE OF THE CONSUMPTION OF QUINOA ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS AND INTESTINAL HISTOMORPHOMETRY IN OBESE RATS

ABSTRACT

Objective. To determine the influence of the consumption of three varieties of quinoa on the biochemical parameters and intestinal histomorphometry in obese rats. **Materials and Methods.** A total of 42 obese Holtzman rats arranged in seven treatments of six animals each were used and fed during 23 days with one of the seven diets: an obesogenic control and the others six containing 20% of Altiplano, Pasankalla, or Negra Collana quinoas processed by cooking or roasting. At the end of the feeding period, blood samples were taken for the determination of glucose, triglycerides, and C-HDL levels; later, the animals were sacrificed, and the liver, small intestine, and kidneys were weighed. Small intestine samples were extracted for intestinal histomorphometry. Data were analyzed through ANOVA using GLM under a completely randomized design with 3x2 plus control factorial arrangement and comparison of means by Fisher test. **Results.** Glucose, triglyceride, and C-HDL levels did not differ compared to the control group; in addition, the weight of the kidneys was not affected by the experimental diets. However, the small intestine presented greater weight in the control group compared to those containing processed quinoa. Histomorphometry of the small intestine was not significantly affected by experimental diets. **Conclusions.** Feeding obese rats with diets containing processed quinoa varieties does not modify the biochemical parameters and does not affect intestinal histomorphometry; however, it decreases the weight of the small intestine in obese rats.

Keywords: *Chenopodium quinoa; High fat diet; Obesity; Rats (Source: MeSH NLM).*

¹ Departamento de Nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

² Departamento de Ciencias Dinámicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

^a Ingeniero en Industrias Alimentarias, magister en Nutrición; ^b Bachiller en Ciencias - Zootecnia; ^c Químico Farmacéutica, doctora en Ciencias Biomédicas;

^d Químico Farmacéutica, doctora en Farmacia y Bioquímica; ^e Nutricionista, doctor en Nutrición

Recibido: 14/10/2017 Aprobado: 28/03/2018 En línea: 25/06/2018

INTRODUCCIÓN

La obesidad es una enfermedad asociada a un proceso de inflamación crónica de bajo grado que produce alteración de la función metabólica y endocrina del tejido adiposo ⁽¹⁾; esto a su vez genera, una mayor liberación de ácidos grasos, hormonas y moléculas proinflamatorias ⁽²⁾. Existen diversos factores que causan obesidad y todos, aunque en diferente grado, contribuyen a un desequilibrio entre la ingesta de alimento y el gasto calórico ⁽³⁾.

Dentro de las estrategias para combatir la obesidad se encuentra la modificación de los hábitos alimentarios, que consiste en mantener una alimentación saludable y equilibrada que incluya todos los grupos de alimentos ⁽⁴⁾; particularmente aquellos considerados como alimentos funcionales que, además de aportar nutrientes, favorecen el buen estado de salud y previenen enfermedades ⁽⁵⁾. Los alimentos funcionales contienen compuestos bioactivos que actúan sobre las vías de señalización implicadas en la respuesta inflamatoria y tienen efectos positivos en el tratamiento y prevención de enfermedades no transmisibles ⁽⁶⁻⁸⁾.

La quinua contiene compuestos bioactivos como los flavonoides y ácidos fenólicos, cuya concentración o actividad puede ser afectada por su procesamiento o preparación ⁽⁹⁾. Actualmente, se disponen de estudios que indican los efectos de la inclusión de quinua procesada en las dietas de ratas sanas sobre el índice glicémico y lipídico ⁽¹⁰⁾, perfil metabólico ⁽¹¹⁾, y la mucosa de animales en desarrollo ⁽¹²⁾. Sin embargo, no existen estudios sobre la inclusión de diferentes variedades de quinua procesada en dietas de ratas obesas y sus efectos sobre parámetros bioquímicos o histomorfometría intestinal.

En tal sentido, el objetivo del presente estudio fue determinar los parámetros bioquímicos e histomorfometría intestinal de ratas obesas alimentadas con dietas que promueven obesidad y que contenían quinua, cocida o tostada, de tres variedades diferentes (Altiplano, Pasankalla y Negra Collana).

MATERIALES Y MÉTODOS

ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

Se incluyeron 42 ratas obesas Holtzman de 60 días de edad, del bioterio de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, que fueron inducidas con dietas altas en grasa hasta la clasificación de obesidad según los lineamientos establecidos ⁽¹³⁾. Los animales de experimentación fueron colocados en jaulas individuales, divididos en siete grupos de seis ratas por grupo que recibieron durante 23 días (entre octubre y diciembre de 2016) dietas obesogénicas con inclusión de quinua procesada, además de un control.

MENSAJES CLAVE

Motivación para realizar el estudio. La obesidad se caracteriza por el exceso de tejido adiposo en el organismo, y una forma de combatirla es mediante la ingesta de alimentos funcionales, como la quinua, que contiene compuestos bioactivos que se encuentran en mayor concentración en las variedades coloreadas.

Principales hallazgos. Se encontró que el consumo de quinua cocida o tostada de las variedades Pasankalla y Negra Collana en ratas obesas reduce el peso del intestino delgado en ratas obesas, cuyo incremento es causado por el prolongado consumo de dieta alta en grasa.

Implicancias. El consumo de quinua podría ser una alternativa accesible para reducir la inflamación del intestino delgado en individuos obesos.

Todos los procedimientos fueron realizados siguiendo los lineamientos del Centro Interdisciplinario de Estudios en Bioética de la Universidad de Chile para el cuidado y uso de animales de laboratorio ⁽¹⁴⁾.

QUINUA

Las variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*) evaluadas fueron: Altiplano, Pasankalla y Negra Collana. Estas se adquirieron en el mercado local, para luego retirar las impurezas y lavarlas de forma manual para su procesamiento. Para la cocción, se agregaron los granos en agua destilada hirviendo 1:10, siendo drenados después de 20 minutos ⁽¹⁵⁾. Mientras que, el tostado se realizó a fuego directo hasta una coloración oscura a 120 °C. Las quinuas procesadas fueron secadas a 60 °C durante tres horas para ser molidas, y posteriormente, se realizó la inclusión de quinua al 20% en las dietas obesogénicas de la siguiente manera: dieta control sin quinua (T1), Altiplano tostada (T2), Altiplano cocida (T3), Pasankalla tostada (T4), Pasankalla cocida (T5), Negra Collana tostada (T6) y Negra Collana cocida (T7).

DIETAS EXPERIMENTALES

La dieta alta en grasa es considerada el mejor modelo de inducción de obesidad ya que permite obtener una mayor acumulación de tejido adiposo ⁽¹⁶⁾, cuya acción es semejante a la obesidad en humanos mediante deposición de tejido adiposo abdominal, subcutáneo, intra y retroperitoneal; y en estadios más avanzados en músculos, hígado y páncreas ⁽¹⁷⁾. Las dietas experimentales (Tabla 1) fueron elaboradas en base a una dieta de mantenimiento ⁽¹⁸⁾, y fueron administradas de forma *ad libitum*, al igual que el agua.

INDICADORES SOMÁTICOS

Al finalizar el periodo experimental, y luego del ayuno pertinente, los animales fueron anestesiados con ketamina y xilacina para realizar las mediciones de circunferencia

Tabla 1. Composición y análisis proximal de dietas experimentales con inclusión de tres variedades de quinua procesada por cocción o tostado.

Variables	Dieta experimental						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Ingredientes (g/kg)							
Almidón de maíz ¹	663,6	519,3	526,6	519,7	526,2	527,7	545,4
Caseína ²	189,2	157,0	153,7	160,6	158,2	155,5	150,4
Mezcla de minerales ³	52,2	46,4	45,7	46,8	46,4	46,9	46,4
Mezcla de vitaminas ⁴	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Fibra ⁵	39,2	33,3	33,2	31,9	30,2	22,9	18,6
Manteca vegetal	45,8	34,0	30,8	30,9	29,0	37,0	29,2
Quinua Altiplano tostada	0	200,0	0	0	0	0	0
Quinua Altiplano cocida	0	0	200,0	0	0	0	0
Quinua Pasankalla tostada	0	0	0	200,0	0	0	0
Quinua Pasankalla cocida	0	0	0	0	200,0	0	0
Quinua N. Collana tostada	0	0	0	0	0	200,0	0
Quinua N. Collana cocida	0	0	0	0	0	0	200,0
Contenido energético							
Energía metabolizable (kcal/g)	4,56	4,62	4,56	4,56	4,61	4,56	4,52
Análisis proximal determinado* (%)							
Proteína ^a	14,7	14,6	14,3	17,1	16,5	14,8	15,4
Grasa ^b	17,7	17,3	17,1	17,1	17,3	17,1	16,5
Fibra cruda ^c	4,2	2,6	3,6	3,8	2,9	3,8	3,9
Ceniza ^d	3,9	3,6	3,7	3,4	3,5	3,6	3,7
ELN ^e	59,5	61,9	61,2	58,5	59,9	60,7	60,6

T1: Dieta control obesogénica; T2: Dieta con quinua Altiplano tostada; T3: Dieta con quinua Altiplano cocida; T4: Dieta con quinua Pasankalla tostada; T5: Dieta con quinua Pasankalla cocida; T6: Dieta con quinua Negra Collana tostada; T7: Dieta con quinua Negra Collana cocida.

¹ Almidón de maíz MP Biomedicals. ² Caseína MP Biomedicals: proteína $\geq 95,0\%$. ³ Mix de minerales MP Biomedicals (AIN-76). ⁴ Mix de vitaminas MP Biomedicals (AIN-76). ⁵ Fibra α -celulosa MP Biomedicals: celulosa 99%, contenido de fibra 99,9%.

* Métodos utilizados en análisis proximal:

^a Proteína total (N x 6,25), AOAC (2005) 984,13; ^b Grasa, ANKOM Technology Method (AOCS Official Procedure Am 5-04); ^c Fibra cruda ANKOM Filter Bag Technique (AOCS Approved Procedure Ba 6a-05); ^d Ceniza AOAC (2005) 942,05; ^e Extracto libre de nitrógeno (ELN).

torácica y circunferencia abdominal con cinta métrica (Seca, Modelo 203), longitud naso-anal utilizando un vernier (Uyustools, $300 \pm 0,02$ mm) para determinar el índice de Lee (IL) definiendo como obesidad valores mayores a 0,3 e índice de masa corporal (IMC) con valores superiores a $0,68$ g/cm².

DETERMINACIÓN DE GLUCOSA, TRIGLICÉRIDOS Y C-HDL

Las muestras de sangre fueron extraídas realizando un corte perpendicular de dos mm en la punta de la cola y aplicando una suave presión para recoger la sangre mediante capilares, siendo procesadas por tiras reactivas utilizándose On Call® Advanced para determinar niveles de glucosa y Mission® Cholesterol Meter para triglicéridos (TG) y C-HDL. Asimismo, se determinó la relación TG/C-HDL para evaluar el riesgo aterogénico producto del consumo de las dietas evaluadas.

OBTENCIÓN DE ÓRGANOS

Todos los animales fueron sacrificados mediante punción cardíaca según las normas éticas para experimentación

animal. Después de constatada la muerte clínica de las ratas, se removieron el hígado, intestino delgado y riñones que fueron lavados con suero fisiológico, secados sobre papel secante y pesados.

HISTOMORFOMETRÍA DEL INTESTINO DELGADO

Se extrajeron segmentos del yeyuno siendo sumergidos en formol 10%. Las muestras se deshidrataron mediante soluciones de alcohol de menor a mayor concentración, se embebieron en resinas y ceras hasta su endurecimiento mediante congelación, y posteriormente se realizaron cortes en secciones que fueron teñidos con hematoxilina-eosina. Finalmente, se procedió al montaje de la muestra fijada en láminas portaobjetos para su evaluación⁽¹⁹⁾. Se determinó longitud, ancho, área de vellosidad y número de células caliciformes de un total de 15 vellosidades por cada animal de cada grupo mediante el microscopio óptico (Leica, modelo DM750) y el analizador de imágenes (Leica, modelo ICC50W).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados mediante un diseño completamente aleatorizado con análisis factorial 3x2+1, y se realizó la prueba de Fisher para la comparación de medias entre los tratamientos, valores de p<0,05 fueron considerados estadísticamente significativos, mediante el procedimiento estadístico PROC GLM (*General Linear Model*) del programa estadístico Minitab versión 17.1.0. (State College, PA, USA).

RESULTADOS

INDICADORES SOMÁTICOS

Al término del estudio, todos los grupos de experimentación se encontraban dentro de la clasificación de obesidad. El

indicador IL obtuvo un valor de p dentro del límite de la significancia estadística (p=0,05) en el factor proceso para el grupo de quinua tostada. Los valores obtenidos para todas las variables en estudio se muestran en la Tabla 2.

GLUCOSA, TRIGLICÉRIDOS Y C-HDL

No se obtuvieron diferencias entre los grupos en la determinación de glucosa, triglicéridos y C-HDL. No obstante, el consumo de dieta alta en grasa ejerció efecto sobre dichos parámetros, ya que los niveles de glucosa y triglicéridos superaron los niveles normales establecidos para animales sanos (glucosa 48,4 - 91,2 mg/dL, triglicéridos 60,4 - 92,3 mg/dL), mientras que los niveles de C-HDL

Tabla 2. Somatometría, parámetros bioquímicos, órganos extraídos e histomorfometría intestinal de ratas obesas alimentadas con dietas conteniendo tres variedades de quinua procesada por cocción o tostado.

Variables*	Dieta experimental							Valor de p**
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Somatometría								
Circunferencia torácica (cm)	14,4 (0,5)	14,5 (0,5)	14,3 (0,3)	14,7 (0,8)	0,454 (0,5)	15,0 (0,7)	14,4 (0,4)	0,454 ^(a)
Circunferencia abdominal (cm)	17,5 (0,5)	18,2 (0,6)	17,8 (0,7)	17,3 (0,8)	0,569 (0,6)	17,9 (0,4)	17,7 (0,8)	0,569 ^(a)
IMC (g/cm ²)	0,79 (0,06)	0,73 (0,03)	0,78 (0,06)	0,74 (0,05)	0,442 (0,05)	0,74 (0,06)	0,74 (0,03)	0,442 ^(a)
Índice de Lee	0,33 (0,01)	0,31 (0,01)	0,32 (0,01)	0,32 (0,01)	0,32 (0,01)	0,32 (0,01)	0,32 (0,01)	0,050 ^(b)
Parámetros bioquímicos								
Glucosa (mg/dL)	131,4 (17,9)	138,5 (28,2)	122,4 (9,1)	130,1 (11,0)	142,4 (32,7)	130,8 (9,0)	150,7 (34,6)	0,126 ^(a)
C-HDL (mg/dL)	40,3 (2,9)	43,7 (6,4)	38,2 (6,7)	41,8 (9,9)	34,8 (15,6)	37,7 (6,1)	40,7 (8,5)	0,147 ^(a)
TG (mg/dL)	106,2 (37,3)	158,8 (59,6)	174,3 (59,3)	135,8 (33,4)	155,2 (68,2)	132,2 (23,0)	146,3 (54,2)	0,992 ^(a)
TG/C-HDL	3,2 (1,1)	3,8 (1,8)	4,8 (1,6)	3,5 (1,5)	4,8 (2,8)	3,6 (0,6)	3,7 (1,6)	0,813 ^(a)
Órganos extraídos								
Hígado (g)	15,7 (0,2)	15,9 (1,6)	16,3 (1,4)	15,6 (1,4)	15,5 (1,9)	16,2 (2,1)	16,1 (1,8)	0,949 ^(a)
Intestino delgado (g)	9,8 (0,9)	9,1 (0,2)	8,6 (1,1)	7,8 (0,4)	8,0 (1,1)	8,5 (0,7)	7,6 (0,9)	0,030 ^(c)
Riñones (g)	2,7 (0,2)	2,8 (0,4)	3,4 (0,7)	2,8 (0,6)	2,8 (0,5)	3,3 (0,5)	3,1 (0,1)	0,228 ^(a)
Histomorfometría intestinal								
Longitud (µm)	403,9 (87,7)	392,9 (22,9)	446,6 (46,2)	362,1 (36,8)	388,8 (64,2)	401,9 (40,4)	399,0 (59,2)	0,478 ^(a)
Ancho (µm)	124,0 (14,9)	125,3 (12,1)	122,1 (21,5)	115,5 (24,5)	107,7 (28,1)	119,8 (21,8)	118,9 (22,4)	0,927 ^(a)
Área (µm ²)	43 050 (14 820)	42 789 (5 084)	42 209 (6 724)	36 755 (10 239)	36 175 (12 343)	41 167 (10 565)	41 180 (11 155)	0,996 ^(a)
Células caliciformes (unidades)	14,3 (4,1)	11,2 (2,0)	15,7 (3,1)	11,1 (5,1)	11,0 (6,2)	9,3 (4,4)	11,4 (5,2)	0,509 ^(a)

T1: Dieta control obesogénica; T2: Dieta con quinua Altiplano tostada; T3: Dieta con quinua Altiplano cocida; T4: Dieta con quinua Pasankalla tostada; T5: Dieta con quinua Pasankalla cocida; T6: Dieta con quinua Negra Collana tostada; T7: Dieta con quinua Negra Collana cocida.

* Media por grupo y su desviación estándar entre paréntesis.

** Valor p: ^a Para interacción variedad y proceso; ^b Para factor proceso a favor del tostado; ^c Para factor variedad a favor de Pasankalla y Negra Collana.

(45,5 - 56,9 mg/dL) fueron inferiores a lo establecido para animales de dicha edad ⁽²⁰⁻²¹⁾.

OBTENCIÓN DE ÓRGANOS

Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) para el peso del intestino delgado con mayor valor para la variedad Altiplano y el grupo control. No se encontraron diferencias para el peso del hígado y riñones entre los grupos experimentales (Tabla 2).

HISTOMORFOMETRÍA DEL INTESTINO DELGADO

No se encontraron diferencias entre los indicadores evaluados en comparación al grupo control. Sin embargo, se evidenció la presencia de placas de Peyer en los grupos que consumieron quinua Altiplano cocida y Negra Collana cocida (Tabla 2).

DISCUSIÓN

La inclusión de quinua tostada en la dieta de ratas obesas, no modificó el estado nutricional de obeso a sano en la población de estudio. Por otro lado, el consumo de dietas altas en grasas conduce a la hipertrofia del intestino delgado mediante el crecimiento exacerbado de las vellosidades intestinales a nivel de yeyuno ⁽²²⁾, sin embargo, los grupos que consumieron las variedades Pasankalla y Negra Collana evidenciaron menor peso del intestino delgado, lo que posiblemente esté relacionado con el contenido de compuestos bioactivos presentes en mayor concentración en las variedades coloreadas ⁽²³⁻²⁴⁾.

No se encontraron diferencias en el IMC, perfil bioquímico (glucosa, TG, C-HDL), relación TG/C-HDL, peso de hígado y riñones, e histomorfometría del intestino delgado entre los grupos experimentales. Sin embargo, los valores de IMC obtenidos superan lo establecido en las curvas de referencias para el crecimiento físico de ratas machos ($IMC = 0,56 \text{ g/cm}^2$) en función a la edad cronológica y la maduración somática ⁽²⁵⁾. También se ha demostrado que la quinua en sus diferentes formas de consumo (germinada, fermentada, tostada, etc.) no ejerce efecto sobre los parámetros bioquímicos ⁽¹⁰⁻¹¹⁾, afianzando los resultados obtenidos. La relación TG/C-HDL en el ser humano es considerada un indicador de riesgo aterogénico y de resistencia a la insulina ⁽²⁶⁾, en la población de estudio la inclusión de quinua procesada en la dieta alta en grasa no modificó el perfil lipídico aterogénico ni redujo el riesgo de desarrollar la enfermedad.

El peso de los riñones fue consistente con un estudio en ratas obesas inducidas con dieta alta en grasa ⁽²⁷⁾. En tanto, el peso del hígado extraído fue superior en comparación al de ratas sanas ⁽¹⁰⁾, lo que evidenció hipertrofia del

hígado relacionado con la vacuolización citoplasmática de los hepatocitos y posterior incremento en plasma de enzimas hepáticas ⁽²⁸⁾. Como se mencionó anteriormente, el crecimiento desmesurado de la vellosidad intestinal es la respuesta del organismo debido al consumo de dieta alta en grasa, lo que desencadena la hipertrofia del intestino delgado y una consecuente alteración de la microbiota intestinal ^(19,22). El número de células calciformes encontradas en las muestras fue consistente con un estudio en ratas sanas ⁽¹²⁾, lo que indica que la inclusión de quinua no afecta su función de secreción de mucinas. Además, en las láminas histológicas se encontró presencia de placas de Peyer en los grupos de Altiplano cocida y Negra Collana cocida, estas placas son inductoras de la producción de mucosas y constituyen la parte más importante del tejido linfoide organizado del sistema inmune ⁽²⁹⁾.

Entre las limitaciones es preciso mencionar que la determinación de parámetros bioquímicos se realizó mediante dispositivos de prueba rápida usados en humanos, los cuales tienen rangos de medición específicos basados en fotometría de reflexión, debido a su bajo costo y fácil manejo. Asimismo, podría ser pertinente la inclusión de un grupo control negativo, es decir, un grupo de ratas sanas alimentadas con dieta estándar y agua destilada para compararlas con las obesas que consumieron dietas a base de quinua.

Finalmente se concluye que, el consumo de quinua procesada no redujo los niveles de glucosa y triglicéridos, ni aumentó los niveles de C-HDL; asimismo, no modificó la histomorfometría del intestino delgado en ratas obesas. Sin embargo, la inclusión de quinua procesada de las variedades Pasankalla y Negra Collana redujo el peso del intestino delgado en ratas obesas. Se debe considerar que con estos hallazgos en modelos animales, no es posible hacer una recomendación específica para el consumo de una de las variedades estudiadas debido a que son necesarios nuevos estudios que complementen los resultados.

Contribución de autoría: NDBO, MEVE, SSC y CVP realizaron la concepción y diseño del artículo, la recolección de datos y redacción de artículo. NDBO, SSC, CVP realizaron el análisis e interpretación de los datos. RRL y SSC realizaron la asesoría técnica y administrativa. Todos los autores aprobaron la versión final del artículo.

Fuentes de financiamiento: la investigación fue financiada por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (FONDECYT-CONCYTEC) en convenio con el Ministerio de Educación del Perú.

Conflictos de interés: los autores declaran no tener conflictos de interés con respecto a la publicación del presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastos DH, Rogero MM, Aréas JAG. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2009;53(5):646-56.
- Reyes JM. Características inflamatorias de la obesidad. *Rev Chil Nutr.* 2010;37(4):498-504.
- Savino P. Obesidad y enfermedades no transmisibles relacionadas con la nutrición. *Rev. Colomb Cir.* 2011;26:180-95.
- Izquierdo A, Armenteros M, Lances L, Martin I. Alimentación saludable. *Rev Cubana Enfermer.* 2004;20(1):1-1.
- Durán R, Valenzuela A. La experiencia japonesa con los alimentos Foshu ¿Los verdaderos alimentos funcionales?. *Rev Chil Nutr.* 2010;37(2):224-33.
- Widlansky ME, Hamburg NM, Anter E, Holbrook M, Kahn DF, Elliott JG, et al. Acute EGCG supplementation reverses endothelial dysfunction in patients with coronary artery disease. *J Am Coll Nutr.* 2007;26(2):95-102.
- Bonfili L, Cecarini V, Amici M, Cuccioloni M, Angeletti M, Keller JN, et al. Natural polyphenols as proteasome modulators and their role as anti-cancer compounds. *FEBS J.* 2008;275(22):5512-26.
- Mandel S, Youdim B. Catechin polyphenols: neurodegeneration and neuroprotection in neurodegenerative diseases. *Free Radic Biol Med.* 2004;37(3):304-17.
- Padrón CA, Oropeza RA, Montes AI. Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Rev Venez Cienc Tecnol Aliment.* 2015;5(2):166-218.
- Lopes CO. Composição química e influência do consumo de farinhas de quinua (*Chenopodium quinoa*) processadas nos níveis glicêmicos e lipídicos de ratos Wistar [Tesis de Maestría]. Brasil: Programa de Pos Grado en Ciencia de los Alimentos. Universidad Federal de Lavras; 2011.
- Farinazzi-Machado FM, Barbalho SM, Oliveira FD, Guiguer EL, Bueno PC, De Souza MS, et al. Efeitos da suplementação de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) crua e torrada no perfil metabólico de ratos Wistar. *J Health Sci Inst.* 2014;32(1):59-63.
- Vidueiros SM, Fernandez I, Bertero HD, Roux ME, Pallaro AN. Effect of a quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) based diet on the intestinal mucosa of growing Wistar rats. *FASEB J.* 2012;72(OCE1):E67.
- Novelli EL, Diniz YS, Galhardi CM, Ebaid GMX, Rodrigues HG, Mani F, et al. Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. *Lab Anim.* 2007;41(1):111-9.
- Cardozo CA, Mrad A, Martínez C, Rodríguez E, Lolas F. El animal como sujeto experimental: Aspectos técnicos y éticos [Internet]. Chile: Centro Interdisciplinario de Estudios en Bioética de la Universidad de Chile, 2007 [citado el 14 de junio de 2017]. Disponible en: <https://www.healthresearchweb.org/files/libroanimales.pdf>
- Dini I, Tenore G, Dini A. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT - Food Sci Technol.* 2010;43(3):447-51.
- Woods SC, Seeley RJ, Rushing PA, D'Alessio D, Tso P. A Controlled High-Fat Diet Induces an Obese Syndrome in Rats. *J Nutr.* 2003;133:1081-87.
- Malafaia AB, Nassif PA, Ribas CA, Ariede BL, Sue KN, Cruz MA. Indução de obesidade com sacarose em ratos. *ABCD Arq Bras Cir Dig.* 2013;26(Suplemento 1):17-21.
- National Research Council. Nutrient Requirements of Laboratory Animals [Internet]. Washington DC: National Academy Press, 1995 [citado el 24 de julio de 2017]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK231927>
- Caruso M, Demonte A. Histomorfometria do intestino delgado de ratos submetidos a diferentes fontes protéicas. *Alim Nutr.* 2005;16(2):131-36.
- Goñi ACL, Blanco D, Peña A, Ronda M, González BO, Arteaga ME, et al. Valores hematológicos y bioquímicos de las ratas Sprague Dawley producidas en CENPALAB, Cemp: SPRD. *Rev Electrón Vet.* 2011;12(11):1-10.
- Ihedioha JI, Noel-Uneke OA, Ihedioha TE. Reference values for the serum lipid profile of albino rats (*Rattus norvegicus*) of varied ages and sexes. *Comp Clin Pathol.* 2013;22(1):93-99.
- Morisset JA, Solomon TE. Growth of the Gastrointestinal Tract [Internet]. Boston: CRC Press, 2000 [consultado el 12 de noviembre de 2017]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=vXoegxdyldYC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Tang Y, Li X, Zhang B, Chen P, Liu R, Tsao R. Characterization of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa Willd.* genotypes. *Food Chem.* 2015;166:380-8.
- Tang Y, Li X, Chen P, Zhang B, Hernandez M, Zhang H, et al. Characterization of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa Willd.* genotypes. *Food Chem.* 2015;174:502-8.
- Cossio-Bolaños M, Campos RG, Vitoria RV, Fogaça RT, De Arruda M. Valores de confiabilidad de indicadores somáticos en ratos machos Wistar. Actualización en Nutrición. 2010;11(4):296-302.
- Da Luz PL, Favarato D, Junior JR, Lemos P, Chagas AC. High ratio of triglycerides to HDL-cholesterol ratio predicts extensive coronary disease. *Clinics.* 2008;64:427-32.
- Akiyama T, Tachibana I, Shirohara H, Watanabe N, Otsuki M. High-fat hypercaloric diet induces obesity, glucose intolerance and hyperlipidemia in normal adult male Wistar rat. *Diabetes Res Clin Pract.* 1996;31(1-3):27-35.
- Dhibi M, Brahmi F, Mnari A, Houas Z, Chargui I, Bchir L, et al. The intake of high fat diet with different trans fatty acid levels differentially induces oxidative stress and non alcoholic fatty liver disease (NAFLD) in rats. *Nutrition & Metabolism.* 2011;8(1):65.
- Gurrutxaga HS, Lagranja GC, Peláez RB. Nutrientes e inmunidad. *Nutr Clin Med.* 2016;X(1):1-19.

Correspondencia: Nataly D. Bernuy Osorio.
 Dirección: Calle Las Hormigas Mz. A Lt. 33, La Molina, Lima.
 Teléfono: (+51) 944932960.
 Correo electrónico: nataly_bo@hotmail.com