

Efecto del consumo del extracto de quinua en anemia ferropénica inducida en ratones

Effect of quinoa extract consumption on iron deficiency-induced anemia in mice

Jony Z. Amaro-Terrazos, María E. Iparraguirre y Ana Jiménez-Soria

Recibido 28 mayo 2017 / Enviado para modificación 14 junio 2018 / Aceptado 16 febrero 2019

RESUMEN

Objetivos Determinar efecto del consumo del extracto de quinua en anemia ferropénica inducida, en ratones.

Material y Métodos Se utilizaron treinta ratones albinos *M. musculus* de la cepa Balb/c, machos de peso promedio $24 \pm 32,7$ g. Se formó tres grupos de diez ratones cada uno: a) grupo control negativo hierro suficiente (HS), recibió 40g/d de alimento balanceado durante siete semanas; b) grupo control positivo hierro deficiente (HD), recibió 40g/d de dieta ferropénica durante siete semanas; y, c) grupo experimental hierro deficiente (HD), recibió 40g/d de dieta ferropénica durante siete semanas y a partir de la semana cinco se agregó 20g/d de extracto de quinua (EQ). Se midió el nivel de hemoglobina.

Resultados Al finalizar el tratamiento, se observó diferencia significativa en los niveles de hemoglobina entre los grupos control positivo ($8,9 \pm 1,1$ g/dL) HD y experimental ($11,4 \pm 0,5$ g/dL.) HD+EQ (t student, $p < 0,05$). No se encontró diferencia significativa en los niveles de hemoglobina, al término del periodo de inducción entre los grupos control positivo ($9,1 \pm 1,1$) HD y experimental ($9,3 \pm 0,7$) HD (t student, $p > 0,05$).

Conclusiones En condiciones experimentales, la quinua presenta efecto antianémico, sustentado en los resultados de los niveles de hemoglobina.

Palabras Clave: Quinoa; anemia ferropénica; hemoglobina; ratones BALB C. (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objectives To determine the effect of quinoa extract consumption on iron deficiency-induced anemia in mice.

Materials and Methods Thirty male *M. musculus* albino mice of the Balb/c strain, with an average weight of 24 ± 32.7 g, were used. Three groups of ten mice each were formed: 1) a negative control group of iron-sufficient (IS) mice that received 40g/d of balanced feed for 7 weeks; 2) a positive control group of iron-deficient (ID) mice that received 40g/d of feed rich in iron for 7 weeks; and 3) an experimental group of ID mice that received 40 g/d of feed rich in iron for 7 weeks and 20 g/d of quinoa extract (QE) from week 5. Hemoglobin levels were measured.

Results At the end of the treatment, a significant difference was found in hemoglobin levels between the positive (ID mice: 8.9 ± 1.1 g/dL) and experimental (ID+QU mice: 11.4 ± 0.5 g/dL) groups (student's t, $p < 0.05$). No significant difference was found in hemoglobin levels at the end of the induction period between the positive (IS mice: 9.1 ± 1.1) and experimental (ID mice: 9.3 ± 0.7) groups (student's t, $p > 0.05$).

Conclusions Under experimental conditions, quinoa has an antianemic effect based on the results of hemoglobin levels.

Key Words: Quinoa; iron deficiency anemia; hemoglobin; albino mice strain BALB C. (*source: MeSH, NLM*).

JA: Lic. Educación. Ph. D. Educación. Lima, Perú. jony200927@live.com
MI: Lic. Educación. Posgrado: M. Sc. Educación. El Bosque. Lima-Perú.
meriepar@hotmail.com; doctejlps@gmail.com
AJ: MV. Universidad Particular San Martín de Porras. Lima, Perú.
anajimenezsoria@gmail.com;
anasoria489@gmail.com

Según datos estimados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la prevalencia de anemia alcanza el 24,8% de la población total (1). Además, para (OMS) la anemia es definido como la disminución de la hemoglobina (Hb) concentración por debajo de 13 g/dL en los hombres y por debajo de 12 g/dL en las mujeres (2).

La deficiencia de hierro es multifactorial, intervienen factores genéticos, fisiológicos y nutricionales (3,4). El hierro corporal está finamente regulado a nivel de absorción, y una vez absorbido, el organismo no dispone de sistemas metabólicos eficaces para excretarlo. En situaciones de escasez alimentaria o aumento de las demandas, el organismo se adapta incrementando la capacidad de absorción, a través fundamentalmente de la reducción en la síntesis de hepcidina (4). En el caso particular del hierro la ingesta dietética recomendada para mujeres en edad fértil es de 18 mg de hierro al día (5). Las poblaciones de bajos ingresos en su mayoría no pueden permitirse alimentos de origen animal con proteínas de alta calidad, que son ricas en hierro y zinc biodisponibles y carentes de quelantes minerales. Las verduras son a menudo más baratos y son fuentes sostenibles de vitaminas, oligoelementos y otros compuestos bioactivos que es una ventaja obvia sobre los cereales y las legumbres (6,7).

Por otro lado, la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), es una especie anual que se origina en América del Sur. Su domesticación se cree que comenzó en la región andina hace unos 7000 años. Generaciones de agricultores han participado en la selección de quinua, lo que explica los altos niveles de diversidad genética encontrados hoy en día. La quinua ha seguido siendo un alimento básico para los pueblos indígenas de los Andes a lo largo de los siglos. Después de la conquista española, la quinua fue rechazada como "comida india", pero nunca ha desaparecido a pesar de la introducción de especies del Viejo Mundo. Después de siglos de abandono, el estado nutricional de la quinua fue redescubierto durante la segunda mitad del siglo XX, llevando a un renacimiento de su producción (8). Gracias a los altos niveles de diversidad genética, el cultivo es altamente resistente a los extremos agroecológicos (suelos, lluvias, temperatura y altitud) y es tolerante a la helada, la sequía y la salinidad (9,10). La diversidad de la quinua se divide en cinco ecotipos principales (11): Tierras Altas en Perú y Bolivia; Valles interandinos en Colombia, Ecuador y Perú; Salares en Bolivia, Chile y Argentina; Yungas en Bolivia; Nivel del mar en Chile.

A demás, La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró 2013 como el Año Internacional de la Quinoa (IYQ). La quinua fue considerada como un cultivo con potencial para crecer en importancia en la agricultura mundial (12,10).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del extracto de quinua (*C. quinoa willd*) frente a anemia ferropénica inducida por dieta deficiente en hierro en ratones albinos *M. musculus* cepa Balb/c.

MÉTODOS

Se utilizaron 30 ratones albinos (*M. musculus*) de la cepa Balb/c, machos, de $23 \pm 3,2,8$ g peso promedio, procedente del bioterio del Instituto Nacional de Salud (Lima-Perú).

Fueron mantenidas en jaulas individuales a temperatura ambiente de $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, con ciclo luz/oscuridad de 12 horas, con alimentos y agua ad libitum. La aclimatación duró cinco días, el periodo de inducción cuatro semanas y el periodo de tratamiento tres semanas. Posterior a la aclimatación, fueron distribuidos aleatoriamente en tres grupos de diez ratones cada uno: grupo control negativo de hierro suficiente (HS), que no se le indujo y los grupo control positivo y experimental de hierro deficiente (HD) que experimentaron inducción.

El grupo control negativo (HS) recibió 40 g/d de alimento balanceado (6,56 mg/d de hierro elemental), durante siete semanas. Al grupo control positivo (HD) se le administró 40g/d de dieta ferropénica (3,41 mg/d de hierro elemental), durante siete semanas. El grupo experimental (HD), recibió 40 g/d de dieta ferropénica (3,41 mg/d de hierro elemental), durante siete semanas y, a partir de la semana cinco, se agregó 20 g/d de extracto de quinua (4,49 mg/d de hierro elemental).

La dieta balanceada fue adquirida en el Instituto Nacional de Salud (Lima-Perú).

Se utilizó los granos de quinua de la variedad BLANCA DE JUNIN, del Distrito de Carhuamayo, Provincia Junín, Departamento de Junín, adquirido en el mercado 'Santa Rosa', San Juan de Lurigancho.

Para la preparación de la dieta ferropénica se utilizó 100 g de leche soya, 4 g de maicena y 2 g de celulosa.

En el extracto acuoso de quinua, los granos fueron sometidos a la operación de atomización, hasta obtener un polvo fino que fue conservado en recipientes para la elaboración del extracto. Este proceso ha sido desarrollado por Laboratorio Fitofarma EIRL.

Para el tratamiento de los animales con el extracto, se elaboró la solución a una concentración de 250 mg/kg, diluyéndolo en agua bidestilada, y se conservó a -4°C .

La identificación de hierro, en las tres dietas, se utilizó el método de absorción atómica y el método de HPLC para la detección de vitamina C, en la quinua, cuyo trabajo fue elaborado por el Laboratorio de Análisis Químicos USAQ de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima-Perú).

La anemia ferropénica fue medida en función de hemoglobina.

Para la premedicación, se extrajeron las muestras de sangre de la vena safena de la cola (13) y en volumen de 0,15 mililitros, al finalizar la tercera semana, a los tres grupos, en el proceso de inducción. Se utilizó el método de cianometalhemoglobina y el espectrofotómetro, de acuerdo al Laboratorio de Patología Clínica de Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Lima-Perú). Luego, al finalizar la quinta semana del tratamiento, el mismo proceso para la posmedicación.

Los datos cumplieron las premisas de normalidad (kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianza (Prueba de Levene) ($p > 0,05$), por lo cual todos los resultados fueron sometidos a análisis de media, seguido de una prueba Tstudent, para buscar diferencias significativas, al finalizar el periodo de inducción entre los grupos control positivo HS con el grupo experimental HD; y, al término del periodo de tratamiento, entre los grupos control positivo HD con grupo experimental HD.

Se consideró que existían diferencias significativas cuando $p < 0,05$. Los resultados de los experimentos son presentados como la media \pm el error estándar. Los datos fueron procesados en una plantilla Excel versión 2013.

El estudio fue manejado de acuerdo con el protocolo de la Comisión Ética para la Experimentación Animal de la Universidad del País Vasco (14).

RESULTADOS

Los hallazgos del estudio proximal muestran proporciones de hierro en las dietas: alimento balanceado, quinua, y dieta ferropénica; además, de vitamina C, en la quinua (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis químico proximal en las dietas: Alimento balanceado, dieta ferropénica, quinua en 40g de muestra

| Prueba de caracterización | Muestra | Proximal | mg/Kg (Total) | mg/100g |
|---------------------------|---------------------|------------|---------------|---------|
| Absorción atómica | Alimento balanceado | Fe | 164 | |
| | Dieta ferropénica | Fe | 85,25 | |
| | Quinua | Fe | 109,70 | |
| HPLC | Quinua | Vitamina C | | 0,10 |

Al finalizar el periodo de inducción, los valores de hemoglobina: grupo control negativo HS $12,73 \pm 0,72$ g/dL, en el grupo control positivo HD $9,1 \pm 1,1$ g/dL y en el grupo experimental HD $9,3 \pm 0,7$ g/dL.

No se encontró diferencia significativa en los niveles de hemoglobina entre los grupos control positivo HD y experimental HD, al final del periodo de inducción (t student, $p > 0,05$).

Al término del periodo de tratamiento, los valores de hemoglobina: grupo control negativo HS $12,6 \pm 0,8$ g/dL, en el grupo control positivo HD $8,9 \pm 1,1$ g/dL y en el grupo experimental HD $11,4 \pm 0,5$ g/dL. Se encontró diferencia significativa en los niveles de hemoglobina entre los grupos control positivo HD y experimental HD-EQ (extracto de quinua), al final del periodo de tratamiento (t student, $p < 0,05$) (Figura 1 y Figura 2).

Figura 1. Efecto del periodo de inducción, administrando alimento balanceado al grupo control negativo; dieta ferropénica al grupo control positivo; dieta ferropénica al grupo experimental

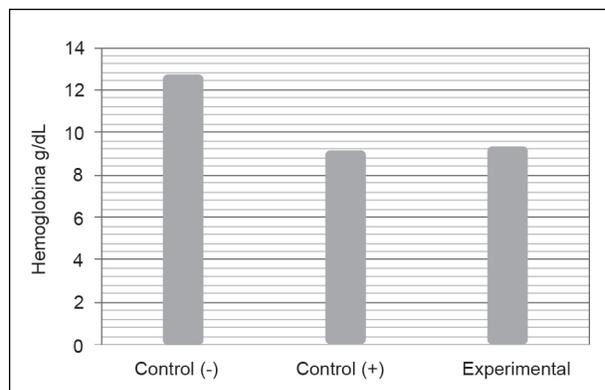
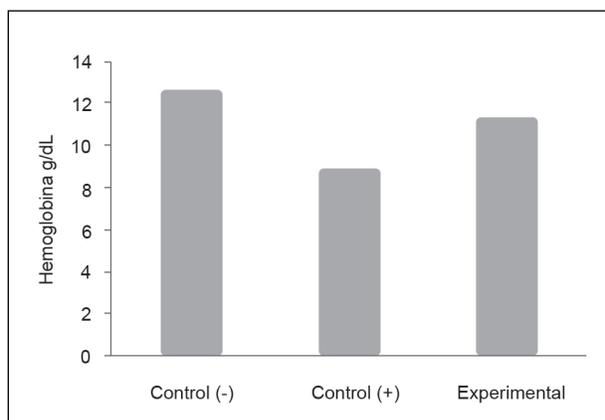


Figura 2. Efecto del periodo de tratamiento, administrando alimento balanceado al grupo control negativo; dieta ferropénica al grupo control positivo; dieta ferropénica + quinua, al grupo experimental



DISCUSIÓN

Se observó, que al añadir 20g/d de quinua, a la dieta ferropénica, incrementó los niveles de hemoglobina hasta alcanzar valores normales.

El preparado de quinua presenta hierro elemental (4,49mg/d), el cual es necesario para la síntesis de hemoglobina.

El hierro no hem, encontrado en los vegetales, es de menor biodisponibilidad que el hierro hem. El ácido fítico

es un potente inhibidor de la absorción de hierro nativo, por su actividad quelante (15); además, los fitatos se unen al hierro y lo insolubilizan (16). Sin embargo, se plantea que la vitamina C y otros ácidos orgánicos mejoran la absorción de hierro no-hem, un proceso que es regulado cuidadosamente por el intestino (17).

Siendo la quinua un producto vegetal, presenta alto contenido de fibra. Se considera que las fibras disminuirían la absorción de hierro a nivel intestinal (18). Sin embargo la adición de las dos fibras experimentales (fibra de inulina o remolacha azucarera) a dietas mixtas normales puede mejorar el balance de Ca sin efectos adversos sobre la retención de otros minerales (19). Asimismo, la biodisponibilidad de calcio, hierro y zinc en la leche de soja en polvo podría incrementarse con el tratamiento destifinado (20); además, el estudio experimental de fibra dietaria de goma de guar parcialmente hidrolizada (PHGG) llevó a una mayor absorción intestinal de hierro, la regeneración de la hemoglobina y los niveles hepáticos de hierro que la dieta con celulosa y control de la dieta (21).

En conclusión, la administración del extracto de quinua tuvo un efecto sobre la anemia ferropénica inducida en ratones albinos *M. musculus* de la cepa/Balbc, sustentado por el incremento en los niveles de hemoglobina.

Se sugiere realizar más estudios sobre el potencial de quinua en la anemia ferropénica ❖

Conflictos de interés: Ninguno.

REFERENCIAS

- World Health Organization. Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005. WHO global database on anaemia. Ginebra, Suiza: World Health Organization; 2008.
- Anía BJ, Suman VJ, Fairbanks VF, Melton 3rd LJ. Incidence of anemia in older people: an epidemiologic study in a well defined population. *J Am Geriatr Soc.* 1997; 45(7):825-31.
- Blanco-Rojo R, Toxqui L, Lopez-Parra A, Baeza-Richer C, Perez-Granados AM, Arroyo-Pardo E, Vaquero MP. Influence of Diet, Menstruation and Genetic Factors on Iron Status: A Cross-Sectional Study in Spanish Women of Childbearing Age. *Int J Mol Sci.* 2014; 15(3): 4077-87.
- Toxqui L, De Piero A, Courtois V, Bastida S, Sanchez-Muniz FJ, Vaquero MP. [Iron deficiency and overload. Implications in oxidative stress and cardiovascular health]. *Nutr. Hosp.* 2010; 25(3): 350-365.
- Cuervo M, Corbalan M, Baladia E, Cabrerizo L, Formiguera X, Iglesias C, Lorenzo H, Polanco I, Quiles J, Romero de Avila MD, et al. [Comparison of Dietary Reference Intakes (DRI) between different countries of the European Union, the United States and the World Health Organization]. *Nutr Hosp.* 2009; 24(4): 384-414.
- Uusiku NP, Oelofse A, Duodu KG, Bester MJ, Faber M. Nutritional value of leafy vegetables of sub-Saharan Africa and their potential contribution to human health: a review. *J Food Compos Anal.* 2010; 23(6):499-509.
- Singh G, Kawatra A, Sehgal S. Nutritional composition of selected green leafy vegetables, herbs and carrots. *Plant Foods Hum Nutr.* 2001; 56(4):359-364.
- Repo-Carrasco R, Espinoza C, and Jacobsen ZS.-E. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kaffirwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev. Int.* 2003; 19(1-2), 179-189.
- Ruiz KB, Biondi S, Oses R, Acuña-Rodríguez IS, Antognoni F, Martínez Mosqueira EA, et al. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2014; 34(2), 349-359.
- Ruiz KB, Biondi S, Martínez EA, Orsini, F, Antognoni F, and Jacobsen S.-E. Quinoa – a Model Crop for Understanding Salt-tolerance Mechanisms in Halophytes. *Plant Biosyst.* 2015; 150(2), 357-371.
- Bazile D, Fuentes F, and Mujica A. "Historical perspectives and domestication," in Quinoa: Botany, Production and Uses, eds A. Bhargava and S. Srivastava (Wallingford: CABI Publishing). 2013; 16-35.
- Jacobsen SE. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev. Int.* 2003; 19(1-2), 167-177.
- Ciriaco A, Mendiola J, Falcon D, Cantillo J. Obtención de Sangre e Inyección Intravenoso en Roedores por vía de la vena safena. [Internet]. Instituto "Pedro Kouri". (IPK) Cuba. Disponible en: <http://bit.ly/2TM0SMs>.
- Comité de Ética de Experimentación Animal (CEEA/AAEB). [Internet]. Ética en la investigación con animales. Disponible en: <http://www.iker-kuntza>.
- Hurrell RF. Phytic Acid Degradation as a Means of Improving Iron Absorption. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 2004; 74 (6): 445-452.
- Navas-Carretero S, Perez-Granados AM, Sarria B, Carbajal A, Pedrosa MM, Roe MA, Fairweather-Tait SJ, Vaquero MP. Oily Fish Increases Iron Bioavailability of a Phytate Rich Meal in Young Iron Deficient Women. *J Am Coll Nutr.* 2008; 27(1): 96-101.
- Saunders AV, Craig WJ, Baines SK, Posen JS. Iron and vegetarian diets. *Med J Aust.* 2012; 1 Suppl 2: 11-16.
- Fernandez R, Phillips SF. Component of fiber impair iron absorption in the dog. *Am J Clin Nutr.* 1982; 35(1):107-12.
- Coudray C, Bellanger J, Castiglia-Delavaud C, Rémésy C, Vermorel M, Rayssiguier Y. Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. *Eur J Clin Nutr.* 1997; 51(6):375-80.
- Zhao XF, Hao LY, Yin SA, Kastenmayor P, Barclay D. [A study on absorption and utilization of calcium, iron and zinc in mineral-fortified and dephytinized soy milk powder consumed by boys aged 12 to 14 years]. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi.* 2003; 37(1):5-8.
- Freitasa KC, Amancio OMS, Novobc NF, Fagundes-Neto U, Moraisa MB. Partially hydrolyzed guar gum increases intestinal absorption of iron in growing rats with iron deficiency anemia. *Clinical Nutrition.* 2006; 25(5): 851-8.