



Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riit.com.mx

Influencia del consumo de amaranto en el perfil antropométrico y hematológico de niños en edad escolar con talla baja para su edad

Influence of amaranth consumption on the anthropometric and hematological profile of school-age children with low height for age

Cano-Gómez, C.I.¹, Veana, F.¹, Calva-Cruz, O.J.², Espitia-Rangel, E.³, Barba-de la Rosa, A.P.^{2*}

¹ Laboratorio de Análisis de Alimentos, Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Valles, Ciudad Valles, S.L.P., México.

² IPICT, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C. San Luis Potosí, S.L.P., México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, 56250 Texcoco, Estado de México, México.
17690449@tecvalles.mx; fabiola.veana@tecvalles.mx; oscar.calva@ipicyt.edu.mx; espitia.eduardo@inifap.gob.mx; apabarba@ipicyt.edu.mx*

Innovación tecnológica: Uso de granos subutilizados para incrementar la seguridad alimentaria.

Área de aplicación industrial: alimentaria, farmacéutica, suplementos alimenticios.

Recibido: 01 junio 2022

Aceptado: 26 diciembre 2022

Abstract

Malnutrition, especially in school-age children, is still a public health problem in Mexico. Particularly, in the state of San Luis Potosi, chronic undernutrition is given with higher prevalence in rural areas of the Huasteca Potosina. The supplementation of the children's diets with nutritious and nutraceutical foods, such as amaranth, have been proposed as an alternative to improve the children's health. Amaranth seed contains high quality proteins due to their good balance of essential amino acids, fulfilling the requirements for proper development of both children and adults. The objective of this work was to identify the rural area with the highest prevalence of chronic child undernutrition and to determine the effect of amaranth consumption on the anthropometric and hematological profile of school-age children with low height-for age. The selection of children was based on the reference growth standards for children defined by the World Health Organization. The participating children live in adobe houses with palm roofs, unpaved

streets, basic services of electricity and drinking water, walk long distances to attend school and only the support of a basic food basket to eat. All participating children took an oral antiparasitic medication at the beginning of the study, and the diet was supplemented with flour and popped amaranth grain for a period of 90 days. At the beginning and end of the study, anthropometric parameters were measured and blood and stool samples were taken. At the end of the study, no significant increase in the children's height was observed; however, an increased hemoglobin levels in the blood was noted. The presence of parasites in the stool, especially *Blastocystis* spp., which is related to intestinal inflammation and diarrheal episodes, was observed at the end of the study. Improvements in the environmental conditions of the children's habitat should be considered in order to improve intestinal health and therefore the overall health of the children.

Keywords: Anthropometric parameters, amaranth, undernutrition, amaranth protein, low height.

Resumen

La malnutrición, especialmente en niños de edad escolar, es aún un problema de Salud Pública en México. Particularmente, en el estado de San Luis Potosí la desnutrición crónica se presenta con mayor prevalencia en las zonas rurales de la Huasteca Potosina. La suplementación de la dieta de los niños con alimentos nutritivos y nutracéuticos, tales como el amaranto, se ha propuesto como una alternativa para mejorar la salud de los niños. La semilla de amaranto contiene proteínas de alta calidad debido al buen balance de aminoácidos esenciales cumpliendo lo requerido para un buen desarrollo tanto para niños como para adultos. El objetivo de este trabajo fue identificar la zona rural de mayor prevalencia con desnutrición crónica infantil y determinar el efecto del consumo de amaranto en el perfil antropométrico y hematológico de niños en edad escolar con talla baja-para-edad. La selección de niños se realizó considerando los estándares de crecimiento de referencia para niños definidos por la Organización Mundial de la Salud. Los niños participantes viven en casas de adobe con techo de palmas, calles sin pavimentar, con servicios básicos de luz y agua potable, caminan grandes distancias para asistir a la escuela y solo cuentan con el apoyo de la canasta básica para comer. Todos los niños participantes tomaron un antiparasitario oral al inicio del estudio y se procedió con la suplementación de la dieta con harina y grano reventado de amaranto por un periodo de 90 días. Al inicio y al término del estudio se midieron los parámetros antropométricos y se realizaron tomas de muestra sanguínea y de heces fecales. Al término del estudio no se observó un incremento relevante en la estatura de los niños; sin embargo, se apreció el incremento en los niveles de hemoglobina en sangre. La presencia de parásitos en las heces, en especial de *Blastocystis* spp. el cual está relacionado con inflamación intestinal y episodios diarreicos, fue observada al final del estudio. Las mejoras en las condiciones ambientales del hábitat de los niños deberán ser consideradas con el fin de mejorar la salud intestinal y por lo tanto la salud general de los niños.

Palabras clave: Amaranto, desnutrición, parámetros antropométricos, proteína, talla baja, zona rural.

1. Introducción

La malnutrición es un término que engloba diferentes manifestaciones de una nutrición inadecuada, incluyendo la desnutrición y la obesidad, las cuales se caracterizan por un desequilibrio de la ingesta y el gasto de energía [1]. Alrededor del 45% de las muertes en niños menores de 5 años, ligadas con la desnutrición, ocurren en países de bajo- o medio-ingresos, en donde al mismo tiempo, el sobrepeso y la obesidad van en incremento [2].

La relación de peso/altura o índice de masa corporal (kg/m^2) es un parámetro utilizado para medir el grado de nutrición y salud de un individuo, pero actualmente se les ha dado mayor importancia a los índices Z introducidos por la Organización Mundial de la Salud para la medición de la condición de salud en niños [3,4]. Este parámetro se divide en tres: 1) peso/edad (WAZ) son niños clasificados como bajo peso o severamente bajo peso; 2) la relación altura por edad (HAZ), refiere a la desnutrición crónica o retraso en el crecimiento; 3) peso/altura (WHZ) que refiere a la malnutrición aguda en niños o niños famélicos. En el año 2020, se registró que en todo el mundo 149 millones de niños menores de 5 años fueron diagnosticados como desnutrición crónica (valor HAZ), 45 millones fueron determinados famélicos (valor WHZ) y 38.9 millones fueron registrados con sobrepeso u obesidad [2]. La desnutrición crónica y ciertas deficiencias nutricionales son factores clave en la disminución de sobrevivencia infantil, una mala calidad de salud durante la niñez y la adultez y disminución de la capacidad de aprendizaje. La desnutrición crónica en la infancia tiene consecuencias en la salud para toda la vida, incluido un mayor riesgo de sobrepeso y obesidad en la adultez. La obesidad conlleva a desarrollar enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión [2, 5, 6]. En México, la

desnutrición crónica continúa siendo un problema de Salud Pública [7], en especial en la zona rural de la Huasteca Potosina es un problema altamente notorio [8].

Existen diversos alimentos que han sido estudiados y se ha observado que cumplen con los nutrientes necesarios para el buen desarrollo infantil. Entre estos se encuentra el amaranto (*Amaranthus* spp.), el cual posee un excelente balance de aminoácidos esenciales [9, 10]. Actualmente al amaranto se le denomina “alimento funcional” o “nutracéutico”, debido a que las proteínas al ser digeridas liberan péptidos con diferentes actividades biológicas tales como antihipertensivos [11], antidiabéticos [12], así como cáncer-preventivos [13]. La semilla de amaranto también contiene fitoquímicos con alto poder antioxidante tales como rutina y nicotiflorina [14], y presentan un alto contenido de vitaminas (riboflavina, niacina), minerales (calcio, magnesio y hierro) y aceites con altos contenidos de escualeno [15,16]. A los aceites de amaranto (escualeno) se les han atribuido propiedades hipocolesterolémicas, antioxidantes y hepatoprotectivas [17-20]. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del consumo de harina y grano reventado de amaranto sobre el perfil antropométrico y hematológico de niños en edad escolar con talla baja. También se realizó un estudio coproparasitológico en las heces de niños y se realizaron encuestas del entorno ambiental donde habitan estos niños.

2. Materiales y métodos

Selección de población

Se realizó el registro y aprobación del proyecto ante el comité de ética de Servicios de Salud del Estado de SLP (SLP-01-2019). Se generó un convenio de trabajo con la Unidad Regional de Servicios Educativos Huasteca Norte (URSEHN), perteneciente a la secretaria de educación pública (SEP), para

permitir el acceso a las escuelas con reporte previo de prevalencia de niños con baja talla (ENSANUT, 2012) [8]. Se seleccionaron tres escuelas rurales de la Zona Huasteca donde todos los niños entre 5 y 7 años, quienes fueron medidos en talla y peso utilizando báscula y estadímetro. Las mediciones antropométricas de cada niño se realizaron descalzos, con ropa ligera y en ayuno en una báscula digital especializada de Bath Styles y medidos con un estadímetro de pared.

De acuerdo a los criterios de talla esperada para edad o valor HAZ [4], se seleccionaron 37 niños (22 niños, 15 niñas) que fueron clasificados en dos categorías en función del valor HAZ: el grupo control o con talla normal ($n = 28$) y grupo de desnutrición crónica ($n = 9$). Tanto padres de familia como niños participantes firmaron los consentimientos informados y se procedió a la toma inicial de muestra sanguínea y de heces fecales.

Suplementación dietética con amaranto y seguimiento de los niños participantes

Harina y grano reventado de *Amaranthus hypochondriacus* fueron amablemente donados por INIFAP-Texcoco. Se suministró una dosis diaria de amaranto durante 90 días a la población con baja talla ($n = 9$). Se utilizó el grano reventado de amaranto en mayor dosis para su consumo diario, como una “botana” entre comidas para suplir a alimentos chatarra, se complementó con harina de amaranto 4g/día que se daba a los niños en los licuados. Los productos de amaranto cumplieron con la norma NMX-FF-116-SCFI-2010 [21].

Perfil hematológico

Las muestras sanguíneas fueron tomadas vía intravenosa con tubos BD Vacutainer^(R) con EDTA K2 (Becton Dickinson, Querétaro, México). Las muestras se homogenizaron en mezclador oscilatorio para tubos marca

Premier modelo RM-1 (Prolab, Jalisco, México) durante 15 min. Posteriormente, los tubos de muestras sanguíneas se colocaron en el analizador automático para Hematología Mindray BC-3000 Plus (Labtronic, C.A., Caracas, Venezuela). La muestra (13 μ L) se inyecta automáticamente y la Biometría Hemática se analiza con los parámetros de la serie roja, serie blanca y serie plaquetaria.

Perfil coproparasitoscópico

Las muestras de heces fueron tomadas al inicio y al final de la administración del amaranto, la muestra recién emitida se tomó en vaso copro estéril y se trasladaron en hielo al laboratorio para su posterior análisis. Se utilizó la técnica de Faust que consiste en trabajar con 1-2 g de muestra de heces, a la cual se le adicionó 7-10 mL de agua destilada, se filtró con apoyo de un colador de plástico y se vació directamente al tubo de ensaye con ayuda de un embudo. Posteriormente, se centrifugó por 5 min a 1500 rpm, para después decantar el sobrenadante. Se adicionaron 10 mL de agua destilada, nuevamente se centrifugó por 5 min a 1500 rpm (se repitió hasta que el sobrenadante quedó limpio y decante). Inmediatamente se adicionaron 10 mL de solución de sulfato de zinc y nuevamente se centrifugó 1500 rpm. Transcurridos los 5 min, se colocó el tubo la gradilla y se adicionó por goteo sulfato de zinc hasta el ras del tubo de ensaye, se le colocó en una laminilla sobre el menisco y se dejó reposar 2 min. Adicionalmente, se agregó Lugol sobre el porta-objetos y se preparó una segunda laminilla donde se decantó el sobrenadante del tubo y con una pipeta se tomó el líquido de la superficie y sedimentación. Ambas laminillas se observaron al microscopio de marca Cole Parmer en el objetivo 40x.

Estudio del hábitat de la población

Para identificar los factores (sociales, ambientales, económicos y familiares)

relacionados con el estado de la salud de los niños, se realizaron encuestas que consistieron en 21 preguntas que abarcan tipo de construcción del hogar, acceso a servicios básicos, tipo de alimentación, tipo de alimentación del niño, tipo de cocina y servicios de agua potable.

Análisis estadísticos

Se realizó una prueba t de Student a dos colas ($p < 0.05$). Los valores están expresados como la media $\pm$ desviación estándar.

3. Resultados

No se observaron cambios significativos en el perfil antropométrico

La selección de niños que asisten a escuelas rurales en Zona Huasteca, Ciudad Valles S.L.P., fue de acuerdo a los parámetros de peso-edad o valor HAZ reportado por la WHO [4], la cual relaciona el estado nutricional del niño. De acuerdo al índice

HAZ, el grupo control de niños mostró una altura promedio de 120.4 cm, mientras que los niños de bajo peso el promedio de altura fue de 111.8 cm. Después del consumo de amaranto por tres meses, el cambio en peso-talla no fue significativo, esto pudo deberse al poco tiempo del ensayo y/u otros factores.

Los niveles de hemoglobina incrementaron en algunos niños

En general, los datos mostraron que no existía la presencia de alguna patología grave en los niños participantes, pero tampoco se observaron diferencias significativas entre los niños de bajo peso antes y después de la ingesta de amaranto (Tabla 1). Sin embargo, debido a la variación intrínseca de cada individuo, los datos fueron analizados en forma individual, observando un incremento en los niveles de hemoglobina en tres de los niños bajo peso después de consumir amaranto (Figura 1).

Tabla 1. Parámetros de biometría hemática al inicio y al término de la suplementación de la dieta con amaranto.

Parámetro	Talla normal	Talla baja		Límites biológicos
		Inicio	Fin	
Eritrocitos ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	4.88 ± 0.2^a	4.77 ± 0.3^b	4.69 ± 0.3^b	4.3-5.2
Hemoglobina (g/dL)	12.9 ± 0.7^b	12.8 ± 0.8^b	13.6 ± 0.6^a	12-14
Hematocrito (%)	40.3 ± 2.0^b	40.2 ± 2.1^b	42.4 ± 1.5^a	34-43
Volumen globular medio (fL)	81.7 ± 5.5^b	84.3 ± 2.1^b	90.6 ± 2.5^a	84-104
Hemoglobina corpuscular media (pg)	26.9 ± 1.6^b	26.9 ± 1.4^b	31.4 ± 5.0^a	27- 35
Concentración media de hb corpuscular (gr/dL)	31.9 ± 1.0^b	31.9 ± 1.0^b	32 ± 0.4^a	31 - 36
Leucocitos totales ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	9.29 ± 3.0^a	6.85 ± 2.1^b	6.0 ± 0.7^b	4.5-13

Los valores representan el promedio de la medición $\pm$ desviación estándar.

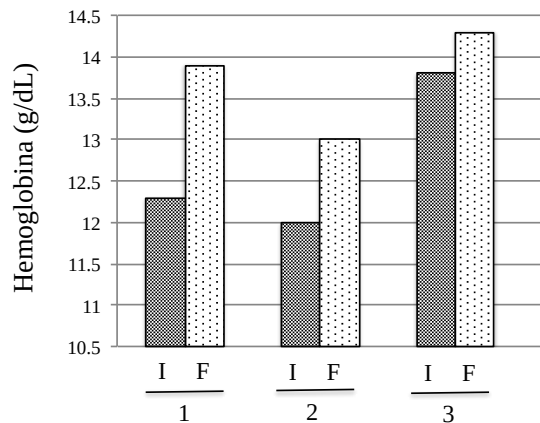


Figura 1. Niveles de hemoglobina (g/dL) en los niños 1, 2 y 3 de talla baja al inicio (I) y después de consumir por 3 meses (F) amaranto.

***Blastocystis* spp. fue detectado en heces de los niños al inicio y al final del estudio**

El análisis coproparasitoscópico mostró que al inicio del tratamiento los niños presentaban una gran cantidad de parásitos en heces, dentro de las cuales se observó *Blastocystis* sp. *Giardia lamblia*, *Endolimax* sp. y *Entamoeba*

coli. Al inicio del estudio, de los 28 niños con talla normal, 13 presentaban parasitosis, mientras que de los 9 de talla baja 6 presentaban parasitosis. Al final del estudio sólo *Blastocystis* spp. permaneció persistente en las heces de los niños.

Los participantes cuentan con acceso a agua potable pero no a viviendas dignas

Los principales resultados de la encuesta aplicada para el reconocimiento de los factores sociales, ambientales, económicos y familiares que se asocian con el estado de la salud de los niños se presentan en la Tabla 2. De esta encuesta destaca el uso de letrina, madera como combustible, piso de la vivienda de tierra, la edad de la madre de 20-24 años al nacimiento del niño y el nivel de estudio de la madre en la mayoría fue secundaria. Además de que los niños consumen alimentos industrializados de 3 a 4 veces por semana.

Tabla 2. Reconocimiento de los factores que condicionan a los niños en edad escolar con una talla baja para su edad.

Pregunta	Respuestas		
¿Quién proporciona la información?	Madre (93%)	Abuela (7%)	
¿Con qué tipo de instalación sanitaria cuenta?	Drenaje (14%)	Letrina (86%)	
¿Con qué tipo de combustible cocina?	Gas (21%)	Madera (79%)	
¿Su cocina está en el mismo lugar donde duerme?	Si (50%)	No (50%)	
¿Con qué tipo de piso cuenta?	Concreto (50%)	Tierra (50%)	
¿De qué material está construida su casa?	Madera (36%)	Concreto (64%)	
¿Cuenta con agua potable?	Si (100%)		
¿Qué edad tenía la madre al nacimiento del niño?	De 15 a 19 (22%)	De 20 a 24 (71%)	25 o mas (7%)
¿Cuál es su nivel de educación (de la madre)?	Primaria (7%)	Secundaria (50%)	Preparatoria (43%)
¿El niño consume alimentos industrializados?	Si (86%)	No (14%)	
¿Ha recibido apoyo gubernamental por parte de un programa?	Si (29%)	No (71%)	

Discusión

Aunque la pobreza se ha asociado con la inseguridad alimentaria y con el principal riesgo de la desnutrición infantil, los estudios epidemiológicos han enfatizado que la desnutrición es una condición compleja y que existen otros factores más que la simple falta de alimentos. La desnutrición en niños se considera un ciclo vicioso de infecciones recurrentes e inmunidad deteriorada lo que conlleva a un mayor deterioro de la desnutrición [22, 23]. El estado nutricional de los niños, aunque cuenten con acceso a agua potable, se ve afectado por el tipo de vivienda, calidad del aire, la fuente de agua consumida, la defecación abierta, el saneamiento e higiene [24, 25]. Cabe destacar que los niños participantes en este estudio viven en hogares con bajo saneamiento, tales como inadecuadas conexiones al desagüe. Estos niños son hijos de madres jóvenes, entre 20-24 años con al menos la secundaria terminada. Varios reportes indican que los determinantes de la desnutrición infantil son el nivel de educación de las [26]. También se ha indicado que los hijos de madres menores de 20-24 años tienen mayor prevalencia de ser desnutridos crónicos, en contraposición a los hijos de madres mayores de 24 años [27]. Los hogares de niños presentaban aún el uso de madera (leña) para cocinar y es conocido que los efectos del humo que genera la madera aumentan el riesgo de infecciones respiratorias y representa también un determinante de desnutrición crónica en niños [26].

Los resultados mostraron que existió poco cambio en la talla-edad de los niños después de consumir amaranto, sin embargo, tomando las observaciones del tipo de vivienda, edad de las madres, es difícil erradicar la desnutrición cuando no se cambian las condiciones de vivienda. Las malas condiciones ambientales conllevan a infecciones parasitarias recurrentes, y aunque

al inicio del estudio se les administró antiparasitarios a todos los niños, después de tres meses de seguimiento, los resultados mostraron la presencia de *Blastocystis* sp., el cual es un protista unicelular, enteroparasítico de gran prevalencia el cual se ha asociado con procesos diarreicos, enfermedad inflamatoria intestinal y colitis ulcerosa [28]. Las infecciones recurrentes con parásitos se deben a la falta de servicios básicos como agua potable, desagüe y el contacto directo con personas infectadas [29, 30]. Se ha descrito también que las intervenciones en las mejoras y mantenimiento de la infraestructura del entorno de los niños es de gran importancia con el fin de observar una mejora en la salud de los niños y sus familias [31].

Se sabe que la presencia de parásitos puede condicionar a bajos niveles de hemoglobina, con eventual presencia de anemia [32]. El amaranto contiene hasta un 7.61 mg de hierro y 82 microgramos de ácido fólico, niveles que son adecuados para la dieta. Estos niveles de hierro en amaranto podrían estar relacionados con el incremento observado en los niveles de hemoglobina en los niños. Está demostrado que el suministro de hierro es una clara estrategia para mejorar el estado en niños con o sin desnutrición, esto fue empleado en el país de Kenia donde se proporcionó mezclado con maíz a los niños, dando como resultado la mejora de los niveles de hierro [33].

Aunque en este estudio se suministró grano reventado, el cual lleva un proceso de cocción, se ha reportado que los nutrientes como las vitaminas del grupo B o elementos esenciales como el hierro, no se ven afectados al someterse a 180 °C en una placa caliente ni a una cocción de 200 °C [34]. Esto es una indicación que el grano reventado contiene su funcionalidad como alimento nutracéutico, pero más estudios deberán realizarse en este sentido. Por otro lado, la calidad de proteína de amaranto, la cual aporta aminoácidos esenciales, ayuda a una mejora en la nutrición

[15, 35]. La ingesta de proteína de buena calidad se ha relacionado con la mejora de la salud intestinal a través del remodelamiento de la microbiota intestinal [36]; sin embargo, las infecciones con parásitos en forma recurrente inducen la perturbación de la microbiota intestinal, cambiando la homeostasis corporal e incluso alterando niveles conductuales [37]. Por lo tanto, los estudios de la microbiota intestinal en este grupo de niños bajo-peso-edad está siendo analizado.

4. Conclusiones

En la zona rural de la Huasteca Potosina, aún se encuentra una gran población de niños con desnutrición crónica. Estos niños viven en condiciones de poco saneamiento por lo que muestran infecciones parasitarias recurrentes lo que conlleva a episodios diarreicos y pérdida del apetito resultando en el deterioro de la salud. Por lo tanto, las intervenciones de la suplementación de la dieta de los niños con alimentos nutritivos no serán efectivos si no se mejora primero su calidad de vida. Por consiguiente, para poder lograr erradicar la desnutrición en zonas rurales de México se deberán tomar acciones no sólo en mejorar la calidad de la dieta de los niños, pero de primera acción se deberán mejorar las condiciones de infraestructura en las zonas rurales.

4. Agradecimientos

Agradecemos al DIF-Estatal Ciudad Valles por el apoyo recibido para el acercamiento con escuelas rurales de la zona Huasteca, así como a los Directores de las Escuelas Rurales. Agradecemos el apoyo al Fondo Sectorial de Investigación en Salud y Seguridad Social por el proyecto apoyado con clave A3-S-37825. Agradecemos el apoyo técnico de Fernando D. Urbietta Villalobos.

5. Referencias

1. WHO, "Double burden of malnutrition", *World Health Organization*, 2017, <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-17.3>. Revisada mayo 2022.
2. WHO, "Malnutrition" *World Health Organization*, 2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>. Revisado mayo 2022.
3. Iddrisu, I., Monteagudo-Mera, A., Poveda, C., Pyle, S., Shahzad, M., Andrews, S., Walton, G.E., "Malnutrition and gut microbiota in children", *Nutrients*, 13, 2021, 2727. <https://doi.org/10.3390/nu13082727>.
4. WHO, "Child Growth Standards: Length/Height-for-Age, Weight-for-Age, Weight-for-Length, Weight-for-HEIGHT and body Mass Index-for-Age: Methods and Development", 2006. <https://www.who.int/publications/i/item/924154693X>. Revisado mayo 2022.
5. Fernández, A., Martínez, R., Carrasco, I., Palma, A., "Impacto social y económico de la doble carga de la malnutrición. Modelo de análisis y estudio piloto en Chile, el Ecuador y México. 2017. Publicación de las Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42535-impacto-social-economico-la-doble-carga-la-malnutricion-modelo-analisis-estudio>
6. UNICEF. Salud y nutrición. 2022. <https://www.unicef.org/mexico/salud-y-nutricion>. Revisado mayo 2022.
7. Rivera-Dommarco, J.A, Cuevas-Nasu L, González de Cosío, T., Shamah-Levy, T., García-Feregrino, R., "Desnutrición crónica en México en el último cuarto de siglo: análisis de cuatro encuestas nacionales", *Salud Pública de México*, 55, 2013, S161-

- S169.
https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/spm/v55s2/v55s2a13.pdf.
8. Barba de la Rosa, A.P., Gueguen, J., Paredes-López, O., Viroben, G., "Fractionation procedures, electrophoretic characterization, and amino acid composition of amaranth seed proteins", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(6), 1992, 931-936.
<https://doi.org/10.1021/jf00018a002>.
 9. Barba de la Rosa, A.P., Barba-Montoya, A., Martínez-Cuevas, P., Hernández-Ledesma, B., De León-Rodríguez, A., González, C., "Tryptic amaranth glutelin digests induce endothelial nitric oxide production through inhibition of ACE: antihypertensive role of amaranth peptides", *Nitric Oxide-Biology and Chemistry Journal*, 23, 2010, 106-111.
<https://doi.org/10.1016/j.niox.2010.04.006>.
 10. Motta, C., Castanheira, I., Gonzalez, G.B., Delgado I., Torres, D., Santos, M., Matos A.S., "Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and quinoa", *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 2019, 58-65.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.10.001>.
 11. Velarde-Salcedo, A.J., Barrera-Pacheco, A., Lara-González, S., Montero-Morán, G.M., Díaz-Gois, A., González de Mejía, E., Barba de la Rosa, A.P., "In vitro inhibition of dipeptidyl peptidase IV by peptides derived from the hydrolysis of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) proteins", *Food Chemistry* 136(2), 2013, 758-764.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.032>.
 12. Maldonado-Cervantes, E., Jeong, H.J., León-Galván, F, González de Mejía, E., deLumen, B.O., Barba de la Rosa, A.P., "Amaranth lunasin-like peptide internalizes into the cell nucleus and inhibits chemical carcinogen-induced transformation of NIH-3T3 cells", *Peptides*, 31(9), 2010, 1635-1642.
<https://doi.org/10.1016/j.peptides.2010.06.014>.
 13. Barba de la Rosa, A.P., Fomsgaard, I.S., Laursen, B., Mortensen, A.G., Olvera-Martínez, L., Silva-Sánchez, C., Mendoza-Herrera, A., González-Castañeda, J., De León-Rodríguez, A., "Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality", *Journal of Cereal Science*, 49, 2009, 117-121.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.07.012>.
 14. Morales-Guerrero, J.C., Vázquez-Mata, N., Bressani-Castignoli, R., "El amaranto: características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricional", *Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán*, 2009, 53-89. ISBN:978-607-7797-00-5.
 15. Dus-Zuchowska, M., Walkowiak, J., Morawska, A., Kryzanowska-Jankowska, P., Miskiewicz-Chotnicka, A., Przyslawski, J., Lisowska, A., "Amaranth oil increases total and LDL cholesterol levels without influencing early markers of atherosclerosis in an overweight and obese population: A randomized double-blind cross-over study in comparison with rapeseed oil supplementation", *Nutrients*, 11(12),

- 2019, 3069.
<https://doi.org/10.3390/nu11123069>.
16. Czerwiński, J., Bartnikowska, E., Leontowicz, H., Lange, E., Leontowicz, M., Katrich, E., Trakhtenberg, S., Gorinstein, Sh., "Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets", *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15, 2004, 622-629.
<https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.06.002>.
 17. Martirosyan, D.M., Miroshnichenko, L.A., Kulakova, S.N., Pogojeva, A.V., Zolodov, V.I., "Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension", *Lipids in Health and Disease* 6(1), 2007, 6, 1.
<https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-1>.
 18. Kim, S.K., Karadeniz, F., "Biological importance and applications of squalene and squalane". En: *Advances in Food and Nutrition Research*, 65, 2012, 224-233.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416003-3.00014-7>.
 19. Moszak, M., Zawada, A., Juchacz, A., Grzymislawski, M., Bogdanski, P., "Comparison of the effect of rapeseed oil or amaranth seed oil supplementation on weight loss, body composition, and changes in the metabolic profile of obese patients following 3-week body mass reduction program: a randomized clinical trial", *Lipids in Health and Disease* 19, 2020, 143.
<https://doi.org/10.1186/s12944-020-01330-7>.
 20. ENSANUT. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*, 2012.
<https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2012/informes.php>.
 21. NMX-FF-116-SCFI-2010, Productos agrícolas destinados para consumo humano. Grano reventado de amaranto (*Amaranthus* spp.) para uso y consumo humano-Especificaciones y método de ensayo.
http://sitios.dif.gob.mx/alimentacion/docs/normas/origen_vegetal/NMX-FF-116-SCFI-2010_amaranto.pdf.
 22. Kane, A.Vc, Dinh, D.M., Ward, H.D., "Childhood malnutrition and the intestinal microbiome", *International Pediatric Research Foundation, Inc*, 77(1), 2015,
<https://doi.org/10.1038/pr.2014.179>.
 23. Gómez-Gallego, C., García-Mantrana, I., Martínez-Costa, C., Salminen, S., Isolauri, E., Collado, M.C., "The microbiota and malnutrition: Impact of nutritional status during early life", *Annual Reviews*, 39, 2019, 267-290.
 24. Jaramillo, M., Sánchez, A., "Impacto del programa Juntos sobre nutrición temprana", *Documento de Investigación: salud y desarrollo humano*, N°2012-001, 2012. ISBN:978-9972-615-59-7.
 25. Jain, P., Virk, A., Khan, Z.A., Mittal, A., Singh, H., Nazir, M., "A Study of Environmental Factors Affecting Nutritional Status of under 5 Children in Rural Area of North India", *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 9(9), 2018, 94-99.
<https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00975.0>.
 26. García-Cruz, L.M., "Factores asociados a la desnutrición crónica infantil en Mozambique", *Thesis Doctoral*, 2018.
<http://hdl.handle.net/10553/55200>
 27. Paredes-Mamani, R.P., "Efecto de factores ambientales y socioeconómicas del hogar sobre la

- desnutrición crónica de niños menores de 5 años en el Perú”, *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(3), 2020, 226–237. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.657>.
28. Del Coco, V.F., Molina, N.B., Basualdo, J.A., Córdoba, M.A., “*Blastocytis* spp.: avances, controversias y desafíos futuros”, *Revista Argentina de Microbiología*, 49, 2017, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.08.004>.
 29. Muzzo, S., “Crecimiento normal y patológico del niño y del adolescente. *Revista Chilena de Nutrición*, 30(2), 2003, 92–100. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182003000200003>
<http://www.grade.org.pe/upload/publicaciones/archivo/download/pubs/ddt61.pdf>.
 30. Devera, R., Soares, A., Rayarán, D., Rayarán, D., Amaya, I., Blanco, Y., “Enteroparasitosis en escolares: importancia de los parásitos asociados”, *Revista Venezolana de Salud Pública*, 8(1), 2020, 49–64. <https://revistas.uclave.org/index.php/rvsp/article/view/2877/1798>.
 31. Monárrez-Espino, J., Pérez-Espejo, R., Vázquez-Mendoza, G., Balleza-Carreón, A., Caballero-Hoyos, R., “Intervention to prevent intestinal parasitic reinfections among Tarahumara indigenous schoolchildren in northern Mexico”, *Revista Panamerica de Salud Pública*, 30(3), 2011, 196–203. <https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/2011.v30n3/196-203/en>.
 32. Koukounari, A., Estambale, B.B.A., Kiambo Njagi, J., Cundill, B., Ajanga, A., Crudder, C., Otido, J., Jukes, M.C.H., Clarke, S.E., Brooker, S., “Relationships between anaemia and parasitic infections in Kenyan schoolchildren: A Bayesian hierarchical modelling approach”, *International Journal for Parasitology*, 38(14), 2008, 1663–1671. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2008.05.013>.
 33. Soriano-García, M., Ilnamiqui Arias-Olguín, I., Pablo Carrillo Montes, J., Genaro Rosas Ramírez, D., Silvestre Mendoza Figueroa, J., Flores-Valverde, E., Rita Valladares-Rodríguez, M., “Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth”, *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*, 7(5), 2018, <https://doi.org/10.15406/japlr.2018.07.00288>.
 34. Macharia-Mutie, C.W., Moretti, D., Van den Briel, N., Omusundi, A.M., Mwangi, A.M., Kok, F.J., Zimmermann, M.B., Brouwer, I.D., “Maize porridge enriched with a micronutrient powder containing low-dose iron as NaFeEDTA but not amaranth grain flour reduces anemia and iron deficiency in kenyan preschool children”, *Journal of Nutrition*, 142(9), 2012, 1756–1763. <https://doi.org/10.3945/jn.112.157578>.
 35. Iftikhar, M., Khan, M., “Amaranth”, En: *Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods*, 2019, 217–232. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6167-8_13.
 36. Wu, S., Bhat, Z.F., Goudner, R.S., Ahmed, I.A.M., Al-Juhaimi, F., Ding, Y., Bekhit, A.E.-D.A., “Effect of dietary protein and processing on gut microbiota- A systematic review”, *Nutrients* 14, 2022, 453. <https://doi.org/10.3390/nu14030453>.

37. Ramírez-Carrillo, E., Gaona, O., Nieto, J., Sánchez-Quinto, A., Cerqueda-García, D., Falcón, L. I., Rojas-Ramos, O.A., González-Santoyo, I., “Disturbance in human gut microbiota networks by parasites and its implications in the incidence of depression”, *Scientific Reports*, 10(1), 2020. 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60562.w>.