



## Perfil proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de hoja de moringa (*Moringa oleifera*)

Lorenzo Antonio-Alegría<sup>1</sup>, María de la Luz Sánchez-Mundo<sup>1\*</sup>, Marco Antonio Sánchez-Zacarías<sup>1</sup>, Rocio G.

Hernández-Nava<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Carretera Las Choapas-Cerro de Nanchital Km 6.0 Col. J. Mario Rosado, Las Choapas 96980, Veracruz. México.

<sup>2</sup> Escuela Superior de Nutrición y Ciencia de los Alimentos Campus LLano Largo. Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Cayaco-Puerto Márquez Parcela 56, 57 y 58. Llano Largo, Acapulco 39906, Guerrero, Mexico.

\*Autor de correspondencia: [sanchez\\_mundo@hotmail.com](mailto:sanchez_mundo@hotmail.com).

Recibido 22 de abril de 2020; aceptado 21 de julio de 2020

### RESUMEN

La moringa (*Moringa oleifera*), es una planta que posee vitaminas y minerales como hierro, carotenoides, quercetina, vitamina C, polifenoles, ácido clorogénico, etc., que le confieren propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Además, se ha reportado un contenido de proteínas de alrededor del 30%, lo que la hace de interés en el desarrollo de alimentos funcionales. Sin embargo, no existe información adicional sobre las características de las proteínas presentes en esta hoja por lo que la presente investigación tuvo como objetivo el fraccionamiento de las proteínas de hoja de moringa de acuerdo a su solubilidad a partir de polvo de hojas de moringa como parte de un estudio preliminar para estudio del perfil proteico de la moringa. La proteína se cuantificó de acuerdo a Lowry, con algunas modificaciones, la actividad antioxidante mediante la técnica de ABTS y se cuantificó el contenido de fenoles totales. El polvo de las

hojas de moringa tiene un contenido de proteínas de 398.287 mg/ml, la fracción mayoritaria fue la fracción de albúminas que representa un 67%, seguido de prolaminas (12%) y globulinas (13%) y en menor cantidad las glutelinas con un 8%, no hubo diferencia estadística en el contenido de prolaminas y globulinas. El contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante fueron de  $19.88 \pm 4.75$  mgEAG/100 g y  $\pm 4.75$  E-Trolox. Estos resultados preliminares darán inicio al estudio de las proteínas y péptidos bioactivos presentes en la hoja de moringa y que puedan ser aplicados a una matriz alimentaria.

**PALABRAS CLAVE:** Perfil proteico, compuestos fenólicos, moringa, antioxidante

### ABSTRACT

Moringa (*Moringa oleifera*), is a plant that has a high content of vitamins and minerals such as iron, carotenoids, quercetin, vitamin C, polyphenols, chlorogenic acid, etc., with antioxidant and anti-inflammatory effect. It has been reported that it has around 30% protein which makes it of interest in the development of functional foods. However, there is no additional information on the characteristics of the proteins present in this leaf, the aim of this investigation was the fractionation of moringa leaf proteins according to their solubility from moringa leaf powder as part of a preliminary study on the protein profile of moringa. The protein was quantified by the method of Lowry with some modifications, the antioxidant activity was determined by the ABTS technique and the content of total phenols was determined. The moringa leaf powder has a total protein content of 398,287 mg/ml, the majority fraction was the albumin fraction that represents 67%, followed by prolamines (12%) and globulins (13%) and to a lesser amount the glutelins with 8%, there was no statistical difference in the content of prolamines and globulins. The content of phenolic compounds and antioxidant capacity were  $19.88 \pm 4.75$  mgEAG / 100 g and  $\pm 4.75$  E-Trolox. These preliminary results will begin the study of the bioactive proteins and peptides present in the moringa leaf and that can be applied to a food matrix.

**KEY WORDS:** Protein profile, phenolic compounds, moringa, antioxidant

## INTRODUCCIÓN

La moringa (*Moringa oleífera*) es una planta perteneciente a la Familia Moringaceae nativa de la India y ampliamente cultivada en las regiones subtropical y tropical de todo el mundo, crece rápido, es capaz de soportar largos períodos de sequía y a la cual se le concedió gran importancia en la alimentación animal en las dietas de vacunos, cerdos, aves y peces (Cortes, 2016). Debido a su alto valor nutricional, cada parte del árbol es utilizado para propósitos nutricionales o comerciales, tales como ingrediente de alimentos funcionales, coagulante natural para el tratamiento de agua, extracción de aceite para la producción de biodiesel y otras aplicaciones (Gopalakrishna, Doriyavy y Devarai, 2016).

*Moringa oleífera* ha sido estudiada por sus propiedades saludables, atribuidas a numerosos compuestos bioactivos las cuales están presentes en cantidades importantes en varias partes de la planta (Saini, Sivanesan, y Keum, 2016). Las hojas de Moringa oleífera, las cuales son ricas en vitaminas, carotenoides, polifenoles, ácidos fenólicos, flavonoides, alcaloides, isocianatos, taninos y saponinas (Leone et al., 2015), son

las más ampliamente estudiadas y han mostrado que los extractos exhiben múltiples funciones nutraceuticas o farmacológicas en la prevención y tratamiento de una serie de enfermedades inflamatorias, enfermedades neuro-disfuncionales, y en diversas condiciones crónicas incluyendo diabetes y cáncer, reductor de la presión arterial, hipercolesterolemia, propiedades hepatoprotectoras y neuroprotectoras, (Vergara-Jimenez, Almatrafi, y Fernández, 2017; Kou, Li, Olayanju, Drake y Chen, 2018).

Se ha reportado que el consumo de *M. oleífera*, en sus diversas formas, estimula los antioxidantes endógenos y combate la producción excesiva de radicales libres, pero se necesita más investigación para determinar la biodisponibilidad de los nutrientes y fitoquímicos una vez consumidos. Su potencial como fuente de fitoquímicos para el desarrollo de nanopartículas para combatir patógenos humanos sigue siendo un área de investigación en rápido desarrollo que los científicos pueden explotar en la medicina humana (Andrew, Felicitas, Emrobowansan, José, Anthony, y Voster, 2017).

## TEORÍA

A nivel mundial los consumidores han generado nuevas tendencias de consumo, una de ellas, la sustitución de proteína animal por vegetal. La cual va relacionada con los mitos y el creciente interés de los consumidores por su salud y bienestar; así como aspectos de conservación de recursos naturales (Bedin, Torricelli, Gigliano, De Leo y Pulvirenti, 2018). La FAO reporta que el suministro de proteínas alimentarias es escaso, y esta situación empeorará si la población mundial continúa creciendo (FAOSTAT, 2018).

La búsqueda de nuevas fuentes de proteínas es una importante tendencia de investigación, en especial las proteínas vegetales, las cuales deben poseer un alto valor nutricional, ser aceptadas por el consumidor y poseer buenas propiedades funcionales para su incorporación como ingredientes en la elaboración de alimentos destinados al consumo humano (Fuglie, 2001). Se ha descrito que las hojas de moringa tienen un contenido proteico de 25.0 - 30.3% (Nogueira-Brilhante, Sales, Santos, Castelo-Branco, Cordeiro, de Souza, Neto, Feitosa, Costra y Gadelha, 2017), proteína asimilable y con todos los aminoácidos esenciales en su composición,

por lo que puede ser una buena opción de fuente proteica (Bharali, Tabassum, Haque, 2003). En un principio, la moringa se utilizó como un recurso forrajero, que alcanza 21 ton de materia seca por ha-1 (Alvarado-Ramírez, Joaquín-Cancino, Estrada-Drouaillet, Martínez-González, y Hernández-Meléndez, 2018), sin embargo, estudios han demostrado que los compuestos bioactivos de la moringa pueden usarse en la innovación de productos alimenticios funcionales para consumo humano y otras aplicaciones alimentarias.

Las proteínas vegetales están disponibles en harinas desgrasadas, en forma de concentrados y aislados. Los aislados proteicos se pueden obtener mediante diferentes metodologías: clasificación por aire, extracción con solubilización alcalina y precipitación isoeléctrica, extracción ácida, extracción con agua, micelización, y ultrafiltración (Vázquez-Ovando, Betancur-Ancona, y Chel-Guerrero, 2013). Además de los productos de proteínas enteras, como concentrados y aislados, también existe un interés significativo en el uso de fracciones de proteínas de semillas como ingredientes funcionales para la formulación de alimentos. Las albúminas y las globulinas son las dos principales

fracciones proteicas que han sido reportadas en las proteínas de semillas. El interés en su uso potencial como ingredientes funcionales está basado en la diferencia de solubilidad (Aderinola, Alashi, Nwachukwu, Fagbemi, Enujiugha, y Aluko, 2020).

De acuerdo a lo descrito previamente en relación a los estudios realizados en *Moringa oleífera*, se conoce poco sobre el fraccionamiento de proteínas en las hojas de moringa, por lo que este trabajo es un estudio preliminar del perfil proteico basado en la solubilidad, para la búsqueda futura de péptidos bioactivos, así como la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de hoja de moringa.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Obtención de la materia prima

Las hojas de la moringa se obtuvieron en el mercado local del Municipio de Las Choapas, Veracruz, México. Los reactivos utilizados en este proyecto fueron de la marca J. T. Baker (Phillipsburg, NJ, USA), Sigma – Aldrich, (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA); Merck (Darmstadt, Germany).

### Obtención del polvo de hojas de moringa

Se seleccionaron las hojas de moringa libres de daño, y libres de partículas extrañas, se procedió a desinfectar con un desinfectante comercial (Marca Probacter Clean JLG, S.A de C.V). Las hojas de moringa se secaron en una estufa (Marca NOVATECH Modelo 145-A1A) a 55°C durante 24 h, después del secado se pulverizaron en un molino de café (Molino Krups® Acero Inoxidable GX4, Alemania) y se tamizaron en una malla 40 y colocadas en un contenedor hermético a temperatura ambiente para su uso posterior.

### Extracción y fraccionamiento de las proteínas

Las proteínas de reserva se separaron de acuerdo al criterio de solubilidad de Osborne (1924) para la extracción de albúminas se pesó 1 g de polvo (Balanza analítica, Mod. VE-204B, México) y se puso en contacto con 10 mL de agua destilada, la mezcla se mantuvo en agitación (Science Me, Mod. H550-PRO, Finlandia) durante 2 h a 4°C y el sobrenadante se recuperó mediante centrifugación (crmGlobe®, Centrificient II, México) a 10,000 g durante 30 min. Para las siguientes extracciones se siguió la misma metodología usando diferentes solventes, la fracción de globulinas fue extraída con NaCl al 10% pH 7 proporción 1:10 (P/V), para la

fracción de prolaminas se siguieron las mismas condiciones que las albúminas usando isopropanol al 70%; para el caso de la fracción glutelinas con una solución de NaOH 0.1M.

#### **Cuantificación de proteína (Lowry Modificado)**

El contenido de proteínas de las diferentes extracciones fue cuantificado mediante el método de Folin-Lowry modificado (Lowry, Rosebrough, Farr, y Randall, 1951). Las muestras se leyeron a una longitud de onda de 660 nm en un espectrofotómetro UV-VIS VELAB®, Mod. VE-56000UV, México.

#### **Extracción y cuantificación de compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos fueron extraídos del polvo de la hoja de moringa a partir de 1 g de muestra y 40 mL de metanol (50% v/v) conteniendo 0.8% de HCl 2N, los cuales fueron puestos en un agitador magnético (Science Me, Mod. H550-PRO, Finlandia) durante 1 h a temperatura ambiente. El extracto se centrifugó (crmGlobe®, Centrificient II, México) a 3000 rpm a 4°C durante 10 min, se separaron los sobrenadantes y los residuos se extrajeron de nuevo con 40 mL de acetona:agua (70:30 v/v), repitiendo la centrifugación y combinando los sobrenadantes con los obtenidos

anteriormente (Megias, Pastor-Cavada, Torres-Fuentes, Girón-Calle, Alaiz, Juan, Pastor, y Vioque, 2009).

El contenido de fenoles totales fue determinado de acuerdo a Adom, Sorrells, y Liu (2005). El contenido de fenoles totales fue expresado como equivalentes de ácido gálico por gramo utilizando ácido gálico como estándar.

#### **Determinación de actividad antioxidante**

La actividad antioxidante fue evaluada usando el radical ABTS<sup>+</sup> (2,2'-azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) siguiendo el método modificado descrito por Adom et al. (2005). La actividad antioxidante de las muestras fue expresada en equivalentes de Trolox (TEs) utilizando la curva tipo. Todos los experimentos se llevaron a cabo por triplicado y repetidos dos veces. Los datos reportados son la media  $\pm$  DE.

#### **Análisis estadístico**

Todos los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para la comparación múltiple de medias (Tukey, 0.05) utilizando el software estadístico MINITAB 16 (Minitab, Inc. 2010).

### **RESULTADOS**

La Tabla 1 muestra los resultados de la determinación de proteínas con un valor de 398.287 mg/ml, similar al

reportado en harina desengrasada de hojas de moringa con un contenido de proteínas de  $322.40 \pm 1.51$  mg/g de hoja (Teixeira, Carvalho, Neves, Silva y Arantes-Pereira, 2014), por otra parte, se han reportado valores mayores en semillas de moringa desengrasadas con un contenido de proteínas de 448.16 mg/g (Baptista, Coldebella, Cardines, Gomes, Vieira, Bergamasco y Vieira, 2015; Baptista, Silva, Gomes, G., Bergamasco, Vieira, y Vieira, 2017). Lo anterior debido a que las semillas poseen un alto contenido de proteínas de reserva utilizadas para el desarrollo de la planta; sin embargo, estos resultados son significativos mostrando a las hojas de moringa como una parte de la planta con alto contenido proteico con potencial para su uso en el desarrollo de alimentos.

En relación a los compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante se obtuvieron valores de 19.88 mgEAG/100g y 22.602 E-Trolox respectivamente, estos valores muestran que la hoja de moringa presenta además de su contenido proteico, compuestos bioactivos con propiedades funcionales. Se ha reportado que existe una relación entre la actividad antioxidante y los compuestos fenólicos (Adom et al., 2005) en hojas de

moringa se ha reportado un contenido de fenoles solubles de 24.86 mg g<sup>-1</sup> de masa seca (MS) por el método de extracción de agitación magnética (Linares Rivero, Quiñones-Gálvez, Terylene Pérez Martínez, Carvajal Ortiz, Rivas Paneca, Cid Valdéz, Pérez Gómez, 2018) y  $24.4 \pm 8.7$  g.kg<sup>-1</sup> de peso seco en hojas frescas machacadas de moringa M. (Velázquez-Zavala, Peón-Escalante, Zepeda Bautista y Jiménez-Arellanes, 2016). Por otra parte, el uso de metanol como solvente para realizar el extracto de moringa puede extraer la mayor cantidad de compuestos fenólicos como lo son la quercetina y el kaempferol, debido a la polaridad de este solvente (Adom et al., 2005; Megias et al., 2009).[4, 20]. Se tiene evidencia que la harina de hojas de moringa en los alimentos es apta para fines nutricionales, además de la prevención de enfermedades y uso como fuente antioxidante (Fitriana, Ersam, Shimizu y Fatmawati, 2016), recientemente se han identificado la propiedad antioxidante de proteínas de extractos de hoja frescas de moringa y harina de moringa comercial bajo los métodos de FRAP y DPPH mostrando un potencial interés de proteínas antioxidantes de la hoja de moringa especialmente porque el estrés oxidativo está altamente

relacionado con enfermedades crónicas como la diabetes y sus complicaciones (Zulkifli y Rahmat, 2020).

**Tabla 1. Contenido de proteínas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de polvo de hoja de moringa**

Muestra	Proteínas (mg/ml)	Compuestos Fenólicos (mgEAG/100 g)	Capacidad Antioxidante (E-Trolox)
Polvo de hojas de moringa	398.287 ± 21.25	19.88 ± 4.75	22.602 ± 0.27

Las desviaciones estándar se obtuvieron a partir de n=3. Medias con la misma letra entre columnas no presentan diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los contenidos de proteínas de las diferentes fracciones de acuerdo a su solubilidad, se detectó a las albúminas (solubles agua) como la principal fracción mayoritaria, representando un 68% de las proteínas totales; se ha reportado a las glutelinas y las albúminas con las fracciones mayoritarias en harina de hojas de chaya coincidiendo con estos resultados (Teixeira et al., 2014) [22], sin embargo el contenido de albúminas es menor que el detectado en semillas de moringa con un 44% de albúminas como la segunda fracción después de las globulinas con un 53% las cuales mostraron una potencial actividad coagulante en el tratamiento de aguas

superficiales (Baptista et al. 2020). El hecho de que en este estudio se hayan identificado a las albúminas como la fracción proteica mayoritaria en las hojas de moringa es importante ya que brinda la ventaja de poder facilitar su incorporación en alimentos sin interferencias por presencia del solvente.

En menor proporción se detectó a las prolaminas (solubles en isopropanol) con un 13% y a las globulinas (solubles en NaCl) con un 12% no encontrándose diferencia significativa; finalmente se detectó un 8% de glutelinas (solubles en NaOH), en estudios de polvo de hoja de moringa las globulinas también se identificaron como la menor fracción constituyente (Teixeira et al. 2014). Las globulinas detectadas en semillas de moringa han mostrado inactivar a *E. coli* en extractos acuosos (Silveira, Baptista, Dutra, Filho, Gomes, y Bergamasco, 2020), se han evaluado las propiedades antihipertensiva y antioxidante en hidrolizados de globulinas de semilla de moringa, identificando potenciales péptidos bioactivos (Aderinola, Fagbemi, Enujiugha, Alashi, y Aluko, 2019). De igual forma se han realizado estudios sobre el efecto del pH sobre la solubilidad de la proteína en harinas de hoja de chaya, identificando el mayor

rendimiento a pH 4 (Mune Mune, Bakwo Bassogog, Nyobe y René Minka, 2016).

**Tabla 2. Contenido de proteínas fraccionadas por solubilidad**

Fracción	Albúminas	Prolaminas	Globulinas	Glutelinas
Proteína (mg/ml)	146.21 ± 5.15 a	28.99 ± 1.46 b	25.10 ± 1.99 b,c	16.36 ± 0.568 c

Las desviaciones estándar se obtuvieron a partir de n=3. Medias con la misma letra entre columnas no presentan diferencia estadística (Tukey, p≤0.05).

## CONCLUSIONES

El contenido de compuestos bioactivos como proteínas y compuestos fenólicos en las hojas de moringa resultan de interés al igual que en otras partes de la planta especialmente las semillas, el fraccionamiento de las proteínas por su solubilidad arrojó que las albúminas son las proteínas de mayor presencia con un gran potencial para ser utilizado como un aditivo para el desarrollo de alimentos funcionales u otras aplicaciones industriales.

## BIBLIOGRAFÍA

Aderinola, T. A., Fagbemi, T.N., Enujiugha, V.N., Alashi, A.M., y Aluko, R.E. (2019). In vitro antihypertensive and antioxidative properties of alcalase-derived *Moringa oleifera* seed globulin

hydrolysate and its membrane fractions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43, e13862. doi: 10.1111/jfpp.13862.

Aderinola, T., Alashi, A.M., Nwachukwu, I.D., Fagbemi, T.N., Enujiugha, V., y Aluko, R. (2020). In vitro digestibility, structural and functional properties of *Moringa oleifera* seed proteins. *Food Hydrocolloids*, 101, 105574. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105574.

Adom, K. K., Sorrells, M.E., y Liu, R.H. (2005). Phytochemicals and antioxidant activity of milled fraction so different wheat varieties, *J. Agriculture Food Chemistry*, 53 (6), 2297-2306.

Alvarado-Ramírez, E. R., Joaquín-Cancino, S., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González, J. C., y Hernández-Meléndez, J. (2018). *Moringa oleifera* Lam.: Una alternativa forrajera en la producción pecuaria en México. *Agroproductividad*, 11(2), 106-110.

Andrew, B.F., Felicitas, E.M., Emrobowsan, M. I., José, M.L., Anthony, J.A., y Voster, M. (2017). Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products a

- review, *International Food Research Journal*, 106, 317–334.
- Baptista, A. T. A., Coldebella, P. F., Cardines, P. H. F., Gomes, R. G., Vieira, M. F., Bergamasco, R. y Vieira, A. M. S. (2015). Coagulation–flocculation process with ultrafiltered saline extract of *Moringa oleifera* for the treatment of surface water. *Chemical Engineering Journal*, 276, 166–173. doi:10.1016/j.cej.2015.04.045.
- Baptista, A. T. A., Silva, M. O., Gomes, R. G., Bergamasco, R., Vieira, M. F., y Vieira, A. M. S. (2017). Protein fractionation of seeds of *Moringa oleifera* lam and its application in superficial water treatment. *Separation and Purification Technology*, 180, 114–124. doi:10.1016/j.seppur.2017.02.040.
- Bedin, E., Torricelli, C., Gigliano, S., De Leo, R., y Pulvirenti, A. (2018). Vegan foods: Mimic meat products in the Italian market”, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 13, 1–9.
- Bharali, R. Tabassum, J. Haque, M.R. A. (2003). Chemomodulatory effect of *Moringa oleifera* Lam., on hepatic carcinogen metabolizing enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 4, 131-139.
- Claudia Linares-Rivero, C., Quiñones-Gálvez, J., Pérez Martínez, A. T., Carvajal Ortiz, C. C., Rivas-Paneca, M., Cid-Valdéz, G.A., Capdesuñer-Ruiz, Y. K. (2018). Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam mediante el uso de diferentes métodos de extracción. *Biotechnología Vegetal*, 18 (1), 47-56.
- Cortes, M. (2016). *Estudio de factibilidad para la elaboración de fruta confitada a partir de la cáscara de sandía* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- FAOSTAT. (9 de Noviembre de 2018). “Base de datos sobre agricultura y alimentación”. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data>.
- Fitriana, W. D., Ersam, T., Shimizu, K., y Fatmawati, S. (2016). Antioxidant activity of *Moringa oleifera* extracts. *Indonesian Journal of Chemistry*, 16(3), 297-301. doi:10.22146/ijc.21145.

- Fuglie, L.J. (2001). *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa*. Dakar, Senegal, Church World Service. National Council of the Churches of Christ in the United States of America and Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation.
- Gopalakrishna, L. Doriya, K., y Devarai, S.K. (2016). Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5 (2) 49-56.
- Kou, X., Li, B., Olayanju, J.B., Drake, J.M., y Chen, N. (2018). Nutraceutical or pharmacological potential of *Moringa oleifera* Lam. *Nutrients*, 10, 343.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., y Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265-275.
- Megias, C., Pastor-Cavada, E., Torres-Fuentes, C., Girón-Calle, J., Alaiz, M., Juan, R., Pastor, J. y Vioque, J. (2009). Chelating, antioxidant and antiproliferative activity of *Vicia sativa* polyphenol extracts. *European Food Research and Technology*, 230, 353-357. doi: 10.1007/s00217-009-1179-x.
- Minitab Inc, 2010. Minitab 16 Statistical Software. Minitab Inc., State College, PA, retrieved from <http://www.minitab.com>
- Mune Mune, M. A., Bakwo Bassogog, C. B., Nyobe, E. C. y René Minka, S. R. (2016). Physicochemical and functional properties of *Moringa oleifera* seed and leaf flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1220352. doi:10.1080/23311932.2016.1220352
- Nogueira-Brilhante, R.S., Sales, J.A., Santos, V., Castelo-Branco, C.M., Cordeiro, R de A., de Souza, C. M., Neto, S, M., Feitosa, J.B., Costra, J.J., y Gadelha, M. F. (2017). Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10, 621–630.
- Osborne, T. B. (1924) *The vegetable protein seed*, Londres, Reino Unido: Longmans, Green and Co.

- Saini, R.K., Sivanesan, I. y Keum, Y. S. (2016). Phytochemicals of *Moringa oleifera*: A review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. *3 Biotech*, 6 (2) 203. doi: 10.1080/19476337.2012.692123.
- Silveira, F. M. R., Baptista, A. T. A., Dutra, T. V., Filho, B. A. A., Gomes, R. G. y Bergamasco, R. (2020). Application of *Moringa oleifera* Lam. fractionated proteins for inactivation of *Escherichia coli* from water. *Water Science and Technology*. 81(2) 265–273. doi:10.2166/wst.2020.094.
- Teixeira, E. M., Carvalho, M. R., Neves, V. A., Silva M. A., y Arantes-Pereira, L. (2014) Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. Leaves. *Food Chemistry*, 147, 51–54. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.09.135.
- Vázquez-Ovando, A., Betancur-Ancona, D., y Chel-Guerrero, L. (2013). Physicochemical and functional properties of a protein-rich fraction produced by dry fractionation of chia seeds (*Salvia hispanica* L.), *CyTA-Journal of Food*, 11(1), 75-80, doi: 10.1080/19476337.2012.692123.
- Velázquez-Zavala, M., Peón-Escalante, I. E., Zepeda Bautista, R., y Jiménez-Arellanes, M. A. (2016). *Moringa (Moringa oleifera* Lam.): potential uses in agriculture, industry and medicine. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(2), 95-116. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.07.018.
- Vergara-Jimenez, M., Almatrafi, M.M., y Fernández, M.L. (2017). Bioactive components in *Moringa oleifera* leaves protect against chronic disease. *Antioxidants*, 6(4), 91.
- Zulkifli, Z.A y Rahmat, Z. (2020). Protein antioxidant capacity from *Moringa oleifera* fresh and commercialized leaf. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 17(1), 155-161. doi: 10.13005/bbra/2820.