

Bromatología y cuantificación de metabolitos en hojas verdes y amarillas de *Moringa oleifera*

Bromatology and quantification of metabolites in green and yellow leaves of *Moringa oleifera*

Vivian Lago Abascal^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-3229-1871>

Ernesto Almora Hernández¹ <https://orcid.org/0000-0002-14431-7004>

Liz Barbara Pereira Cuni² <https://orcid.org/0000-0002-0338-2003>

Raisa Monteagudo Borges¹ <https://orcid.org/0000-0002-4296-8783>

Concepción Campa Huergo¹ <https://orcid.org/0000-0002-9640-7545>

Efraín Rodríguez Jiménez¹ <https://orcid.org/0000-0002-8315-4413>

¹Centro de Investigación de Plantas Proteicas y Bioproductos Naturales (CIPB). Departamento de Investigación. La Habana, Cuba.

²Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR). Departamento de Química. La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia: vlago@bionaturams.cu

RESUMEN

Introducción: *Moringa* es un árbol nativo de la India y en la actualidad está ampliamente distribuido por los trópicos e introducido en América. Ha cobrado una gran popularidad por sus beneficios nutricionales y funcionales. Se han cuantificado en las hojas frescas (tanto verdes como amarillas) proteínas, fibras, carbohidratos, vitaminas, minerales y metabolitos secundarios. Esto le atribuye usos en la alimentación, en medicina, como mejorador de suelo, como materia prima y en la industria de cosméticos.

Objetivo: Caracterizar las hojas de *Moringa oleifera* Lam. para su empleo como suplemento nutricional.

Métodos: Se prepararon extractos hidroalcohólicos a partir de las hojas. Se determinó la concentración de sólidos extraíbles totales, polifenoles, flavonoides y macronutrientes.

Resultados: El contenido de flavonoides en las hojas amarillas fue menor en un 40, 64 % con respecto al de las hojas verdes, mientras que el contenido de polifenoles fue mayor. En

relación al contenido de pigmentos se encontró que el de carotenos y betacarotenos fue inferior en las hojas amarillas (20 %) respecto al de las verdes (90,93 %). Asimismo, se encontró menor concentración de clorofila *b* que de clorofila *a*. El contenido de macronutrientes en grasas, cenizas y almidón en las hojas amarillas fue mayor que en las hojas verdes, Los valores de proteínas y fibras también mostraron diferencias.

Conclusiones: Las hojas amarillas de *Moringa oleifera* poseen valor nutricional, por lo que pueden ser recolectadas con las hojas verdes para un mayor aprovechamiento del material vegetal y pueden ser utilizadas como suplemento nutricional.

Palabras clave: flavonoides; moringa; polifenoles; suplemento nutricional.

ABSTRACT

Introduction: Moringa is a tree native to India and is currently widely distributed throughout the tropics and introduced to America. It has gained great popularity for its nutritional and functional benefits. Proteins, fibers, carbohydrates, vitamins, minerals and secondary metabolites have been quantified in fresh leaves (both green and yellow). This attributes to its uses in food, in medicine, as a soil improver, as a raw material and in the cosmetics industry.

Objective: To characterize the leaves of *Moringa oleifera* Lam. for its use as a nutritional supplement.

Methods: Hydroalcoholic extracts were prepared from the leaves. The concentration of total extractable solids, polyphenols, flavonoids and macronutrients was determined.

Results: The flavonoid content in the yellow leaves was 40.64% lower than that of the green leaves, while the polyphenol content was higher. In relation to the pigment content, it was found that carotenes and beta-carotenes were lower in yellow leaves (20%) compared to green leaves (90.93%). Likewise, a lower concentration of chlorophyll *b* than chlorophyll *a* was found. The macronutrient content in fats, ashes and starch in the yellow leaves was higher than in the green leaves, and the values of proteins and fibers also showed differences.

Conclusions: The yellow leaves of *Moringa oleifera* have nutritional value, so they can be collected with green leaves for greater use of plant material and can be used as a nutritional supplement.

Keywords: flavonoids; moringa; polyphenols; nutritional supplement.

Recibido: 15/06/2021

Aceptado: 03/01/2022

Introducción

Moringa oleifera Lam. pertenece a la familia *Moringaceae* y crece al pie de los Himalayas, desde el noreste de Paquistán hasta el norte de Bengala en India.⁽¹⁾ En la actualidad el cultivo se ha extendido a lo largo del mundo,⁽²⁾ lo que ha ocasionado que adquiera diferentes nombres.⁽³⁾ En Cuba es conocida como “tilo blanco” o “palo blanco” y su cultivo se ha desarrollado a todo lo largo y ancho del país. El cultivo de la planta es de fácil propagación y resistente a la sequía, lo que permite que las condiciones medio ambientales de Cuba sean favorables. La variabilidad de las plantas puede estar sujeta a diversos factores que pueden afectar el contenido de metabolitos. El incremento en el contenido de los polifenoles y los flavonoides puede ser resultado de su biosíntesis y su acumulación en las células durante el crecimiento de esta.⁽⁴⁾ Otros factores están influenciados por la edad, fase y cosecha de la planta⁽⁵⁾ que puede provocar que las hojas se tornen amarillas, fenómeno que no solo es debido al envejecimiento de las mismas.

El árbol de moringa también es utilizado como alimento.⁽⁶⁾ Sus hojas poseen metabolitos secundarios como alcaloides, polisacáridos, terpenoides y saponinas. Una de las características distintivas de esta planta es su alto contenido de compuestos fenólicos, especialmente estudiados por sus aplicaciones biológicas.⁽⁴⁾ Estos poseen la capacidad de inhibir radicales libres y retardar el crecimiento microbiano.⁽⁷⁾ Las hojas frescas, como las secas se incluyen en las comidas. Diversos estudios han demostrado el uso potencial de las diferentes partes de la moringa en aplicaciones alimentarias. El polvo de las hojas secas que puede utilizarse como suplemento dietético en la elaboración de sopas y potajes,^(8,9) como infusión con fines medicinales⁽¹⁰⁾ y en galletas.⁽¹¹⁾ Tomando en cuenta que la fortificación de determinados alimentos con las hojas verdes de moringa puede estar afectada por la impresión que le causa la coloración a su aspecto, utilizar en su lugar hojas amarillas para mezclar con el producto pudiera evitarlo.

Por lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue caracterizar las hojas de *Moringa oleifera* Lam. para su empleo como suplemento nutricional.

Métodos

Recolección del material vegetal

El material vegetal corresponde al ecotipo Plain con identificación botánica de la especie *Moringa oleifera* Lam. 1783, perteneciente al género *Moringa*, familia *Moringaceae*, orden

Brassicales, superorden Rosanae, grupo monofilético Eudicotiledóneas, del reino Plantae. La semilla fue donación de la India y se conservó en el Banco Nacional de Germoplasmas de la Unidad Básica Productiva “El Pitirre”, Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente al Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB).

Las hojas verdes y amarillas fueron colectadas de forma manual, indistintamente de las partes superior e inferior de plantas de hasta dos meses de edad, en el periodo de junio a diciembre del 2019. Se recolectaron de algunos ejemplares de la base productiva “El Futuro Lechero”, perteneciente al CIPB, localizada en el municipio Playa, con ubicación geográfica 23° 04’ 20” N y 82° 29’ 20” E. Las plantas son cultivadas bajo las mismas condiciones, el riego es diario, con fertilización de fondo de 300 kg/Ha NPK y con sustrato orgánico de los residuos de moringa.

Las hojas fueron deshojadas de forma manual y se separaron las hojuelas verdes y las amarillas. El lavado y el centrifugado se realizaron de forma mecánica. Posteriormente fueron secadas en horno solar (CONAS, Austria) a temperatura controlada menor de 50 °C.

Preparación de los extractos hidroalcohólicos

Se prepararon extractos etanólicos 70 % (p/v), en una proporción 1:10 (p/v) a partir de cada muestra vegetal de las hojas secas de *Moringa oleifera*, según la metodología descrita por Miranda.⁽¹²⁾ El método de extracción utilizado fue el de maceración con agitación a intervalo, a temperatura ambiente (25-28 °C).

Para determinar el contenido de sólidos totales extraíbles (SET) en los extractos hidroalcohólicos se empleó la metodología citada anteriormente. Se tomó una cápsula vacía y se colocó en una estufa (Modelo 101-2), a 105 °C durante una hora. Luego se ubicó en la desecadora hasta su enfriamiento a temperatura ambiente. Seguidamente se pesó en una balanza (modelo BS 124S), se añadió un mililitro de extracto y se pesó nuevamente. La muestra se desecó en la estufa a 105 °C durante una hora y posteriormente se enfrió en desecadora para su pesada final. La determinación se realizó por triplicado para cada extracto. El porcentaje de SET se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ SET} = [(S - V) / (LL - V)] \times 100$$

S: masa de la cápsula con la muestra de ensayo desecada (g); V: masa de la cápsula vacía (g); LL: masa de la cápsula con la muestra líquida (g).

Determinación del contenido de pigmentos

El contenido de las clorofilas *a* y *b* se determinó mediante una modificación del método propuesto por *Waterhouse*,⁽¹³⁾ que consiste en la determinación espectrofotométrica a la extracción obtenida a partir de 0,5 g del material vegetal seco y molido en 5 mL de metanol, con protección luminosa y realizada por triplicado. La determinación espectrofotométrica se efectuó a 665 y 652 nm y estos valores fueron utilizados para calcular la concentración de clorofila *a* (Ca) y clorofila *b* (Cb), basados en la ley de Lambert-Beer y los coeficientes de absorbancias tomados de la citada literatura, a partir de las ecuaciones:

$$Ca (\mu\text{g/mL}) = 16.72 A_{665} - 9.16 A_{652}$$

$$Cb (\mu\text{g/mL}) = 14.09 A_{652} - 15.28 A_{665}$$

$$\text{betacarotenoides } (\mu\text{g/100 mL}) = (1000 \times A_{470}) - 1.82 Ca - 85.02 Cb / 198$$

La antocianina total se realizó según *Fennema*,⁽¹⁴⁾ se pesó 1 g de material vegetal molido y seco. Se extrajo exhaustivamente mediante agitación constante en recipiente protegido de la luz, con 50 mL de una mezcla metanol: HCL concentrado 37 % (99:1 v/v), durante tres horas. La relación peso de la muestra/volumen de disolvente fue 1 g/50 mL. El extracto obtenido se filtró, se trasvasó a un frasco volumétrico y se enrasó a 100 mL. La lectura de la absorbancia se determinó a 520 nm y a partir de esta se calculó la concentración de pigmentos, expresado en gramos de 3,5 diglucósidos de la malvidina por cada litro de extracto mediante la siguiente expresión:

Concentración de antocianatos diglucósidos.

$$(\text{g/L}) = (A_{520} \times \text{PM} / E) \times f$$

El coeficiente de extinción molar (E) se tomó igual a 37 700 L/cm x mol para una cubeta de 1 cm de longitud, un gramo del compuesto con un peso molecular (PM), diluido en 100 mL de solvente. El coeficiente de extinción molar fue corregido para los diferentes disolventes. El valor del PM se consideró igual a 691 g/mol y la letra “f” se refiere al factor de dilución. Para la determinación de los monoglucósidos se utilizó la misma expresión anterior, en cuyo caso el valor de E fue de 28000 L/cm x mol y el PM de 529 g/mol. El espectro de absorción en el rango visible a 400-580 nm se determinó contra un blanco de metanol acidificado con HCL al 1 %. Todos los análisis se efectuaron por triplicado.

Determinación de metabolitos secundarios

El contenido de polifenoles totales se determinó de acuerdo a la metodología descrita en la Farmacopea Británica.⁽¹⁵⁾ Se utilizó el reactivo ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico (Folin-Ciocalteu), en un medio básico. La concentración de polifenoles se detectó mediante la formación de sales de tungsteno y molibdeno. Como patrón del ensayo se utilizó el ácido gálico.

Para la curva de calibración, el patrón de ácido gálico se preparó a una concentración de 0,5 mg/g base seca (b.s), a partir de la cual se realizaron diluciones para obtener concentraciones de 0,005; 0,015; 0,025; 0,030 y 0,050 mg/g de extracto b.s. Se tomaron 96 µL de las diferentes concentraciones del patrón y de cada extracto a evaluar y se mezclaron con 480 µL de agua destilada, 48 µL de reactivo Folin-Ciocalteu y 576 µL de Na₂CO₃ 29 % p/v. Se utilizó agua destilada como blanco del ensayo. La mezcla se incubó por 30 min a temperatura ambiente protegida de la luz. La absorbancia se midió a 760 nm y todas las determinaciones se realizaron por triplicado. El resultado del contenido de polifenoles totales se expresó como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramos de extracto seco.

El contenido de flavonoides se determinó por una modificación de la metodología descrita por *Woisky*.⁽¹⁶⁾ Como patrón de referencia para la elaboración de la curva de calibración se empleó la quercetina. De esta se pesaron 10 mg y se disolvieron en etanol 80 % v/v para preparar concentraciones de 0,025; 0,050 y 0,100 mg/mL. Posteriormente se mezclaron 0,5 mL de cada muestra con 1,5 mL de etanol 95 % p/v, 0,1 mL de cloruro de aluminio 10 % p/v, 0,1 mL de acetato de potasio 1 M y 2,8 mL de agua para análisis. La mezcla se incubó a temperatura de 30 °C, protegida de la luz durante 30 min. La absorbancia se midió a 415 nm en un espectrofotómetro. Como blanco se utilizó 0,5 mL de agua destilada, más el resto de los reactivos utilizados en la técnica. El contenido de flavonoides totales se expresó como miligramos equivalentes de quercetina por gramo de extracto seco. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

La determinación de los macronutrientes se realizó por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRs).⁽¹⁷⁾

Resultados

La figura 1 muestra la plantación con hojas verdes en su totalidad, otras plantas con áreas donde se apreciaron hojas verdes y amarillas y otras plantas donde en las mismas hojas coexistieron hojuelas de color amarillas con las verdes.



A. Plantas con hojas verdes mayoritariamente. B. Plantas con hojas verdes y amarillas. C. Hojas con hojuelas verdes y amarillas.

Fig. 1 - Plantación de *Moringa oleifera*.

El contenido en hojas amarillas de los SET y los flavonoides se mostró inferior en 83,4 % y 40,64 %, respectivamente, mientras que el de los polifenoles fue superior en 309,1 % con respecto al de las hojas verdes (Tabla 1).

Tabla 1 - Contenido de sólidos totales extraíbles, flavonoides y polifenoles de los extractos etanólicos (70 % v/v) de las hojas de la planta

Extracto etanólico 70 %	SET (mg/mL)	Flavonoides (mg Q/mL ext)	Polifenoles (mg Ac.gal/mL ext)
Hojas verdes	90,05 (0,05)	110,07 (0,06)	93,03 (0,06)
Hojas amarillas	15,01 (0,01)	69,43 (0,03)	289,01 (0,01)

DS: desviación estándar.

La determinación de pigmentos en los extractos etanólico 70 % de las hojas verdes y amarillas de *Moringa oleifera* se muestran en la tabla 2.

Tabla 2 - Contenido de pigmentos en los extractos de hojas de *Moringa oleifera*

Extracto etanólico 70% v/v	Clorofila µl/mL		Antocianinas (g/L)	Betacarotenos (mg /100 mL)
	Ca	Cb		
Hojas verdes	9,26 (0,05)	22,42 (0,05)	0,020 (0,003)	39,87 (0,05)
Hojas amarillas	5,93 (0,03)	3,15 (0,04)	0,016 (0,003)	0,43 (0,03)

DS: desviación estándar.

Los extractos de hojas de moringa presentan un elevado contenido de macronutrientes (Tabla 3). Se apreció un incremento en las hojas amarillas en cuanto a grasas, cenizas y almidón con respecto a las hojas verdes.

Tabla 3 - Contenido de macronutrientes en *Moringa oleifera*

Tipo de hoja	Contenido en % p/p				
	Proteínas	Fibras	Grasas	Cenizas	Almidón
Verdes	33,0	7,04	5,16	7,19	11,26
Amarillas	20,76	5,41	8,74	13,56	14,81

Discusión

En esta investigación el análisis bromatológico en las hojas verdes y amarillas de moringa indicó diferencias entre ambas. El contenido de flavonoides fue mayor en las hojas verdes en comparación con las hojas amarillas, mientras que el contenido de polifenoles fue mayor en hojas amarillas que en las verdes. Estos resultados no concuerdan con los estudios realizados por *Agamout*,⁽¹⁸⁾ los cuales no detectaron diferencias en el contenido de polifenoles totales en los extractos hidroalcohólicos de ambas hojas.

El incremento encontrado en la concentración de polifenoles en las hojas amarillas pudo estar dado por la solubilidad en la mezcla hidroalcohólica de los compuestos fenólicos. Generalmente es mayor para los compuestos polifenoles, lo que indica que este tipo de metabolito está presente en las hojas de moringa. Otra de las causas es que los flavonoides son considerados compuestos polifenólicos, solubles en agua, y están presentes en las hojas.⁽¹⁹⁾

No se atribuye el color amarillo de las hojas en estos árboles a hojas maduras ya que en todos los casos fueron plantas jóvenes, cultivadas con las mismas condiciones de campo. La cantidad de estos compuestos en los extractos de *Moringa oleifera* puede variar según la ubicación geográfica, el suelo, la exposición al sol, las condiciones climáticas. Los SET sustentan de forma cuantitativa que las mezclas de agua con etanol podrían acceder a las células, pero una alta concentración de etanol podría causar desnaturalización de proteínas, evitando la disolución de polifenoles e influir en la extracción.⁽²⁰⁾

Las hojas de *M. oleifera* presentan en su composición antioxidantes debido a la presencia de diversos compuestos como los flavonoides y los polifenoles.⁽²¹⁾ Los pigmentos se mostraron superior en las hojas verdes que en las hojas amarillas. La clorofila *b* en las hojas amarillas se mostró inferior que la clorofila *a*, mientras el contenido de betacarotenos decreció en éstas próximo al 90,93 %.

Los contenidos de clorofilas de esta planta son elevados con relación a los obtenidos para caléndulas por *Fánor*.⁽²²⁾ La disminución de clorofila *a* con relación a la *b* en las hojas verdes

puede deberse al estado nutricional de la planta, la cantidad de luz disponible, la calidad de la misma y la historia lumínica previa,⁽²³⁾ causada por otros factores como el estrés y la capacidad fotosintética o el propio estado de desarrollo de la planta.⁽²⁴⁾

Otros autores han mostrado valores de 9,40 mg y 70,64 mg por cada 100 g b.s, para las clorofilas *a* y *b*, respectivamente.^(25,19) Las antocianinas son las responsables del color en muchos productos hortofrutícolas,⁽²⁶⁾ estos colores abarcan del rojo hasta el azul. Estudios realizados por Anwar⁽²⁷⁾ revelaron que esta planta posee betacaroteno y una rara combinación de zeatina con varios pigmentos flavonoides.

La especie tiene usos medicinales y como ingredientes de alimentos. La clorofila posee propiedades anticancerígenas, antioxidantes y energizantes. También se recomienda para reducir los altos niveles de colesterol y triglicéridos.⁽²⁸⁾ Cantidades importantes de β -carotenos, proteínas, vitamina C, calcio y potasio y compuestos antioxidantes naturales del tipo ácido ascórbico, flavonoides, fenólicos y carotenoides⁽²⁹⁾ contribuyen a mejorar la vida útil de los alimentos que contienen grasa.

Según datos en la literatura, las hojas de Moringa contienen valores de proteínas de 27,51 %, ^(30,31) similar a lo encontrado en el presente estudio (Tabla 3). El comportamiento de cenizas en las hojas amarillas fue superior al de las hojas verdes, lo que concuerda con lo hallado por Rosero,⁽³²⁾ que obtuvo 8,78 g por cada 100 g de producto, que indica un alto contenido de minerales en las hojas.

Investigaciones realizadas sugieren que existen evidencias de un mayor contenido de nutrientes en las hojas maduras en comparación a las hojas jóvenes.⁽³³⁾ Otros trabajos muestran que durante la maduración de las hojas ciertos compuestos pueden tener transformaciones enzimáticas o degradar a otros metabolitos secundarios,⁽³⁴⁾ lo que puede variar el contenido de macronutrientes.

Se plantea que la moringa podría ser una fuente de alimento valioso para tratar la desnutrición en países pobres,⁽³⁵⁾ y las hojas amarillas pudieran ser aprovechadas en tal sentido también. Las proteínas, las grasas, las vitaminas y la fibra se concentran considerablemente en las hojas secas de la especie.⁽³⁶⁾

El polvo de las hojas verdes de moringa es utilizado para enriquecer alimentos y puede conservarse durante muchos meses a temperatura ambiente sin pérdida de valor nutricional.⁽³⁷⁾

Las hojas pueden ser utilizadas como conservantes⁽³⁸⁾ y fortificante de alimentos⁽³⁹⁾ debido a la concentración de sustancias antioxidantes que son inhibidoras de tripsina y proteasa. Los resultados indican que las hojas amarillas pueden ser aprovechadas en productos alimenticios

de forma similar a las verdes, fundamentalmente cuando la coloración verde afecta la aceptación del alimento fortificado.

Tomando en consideración que no se han encontrado referencias de estudios de hojas amarillas en plantas jóvenes, solo aparecen trabajos sobre las hojas amarillas maduras, este estudio aporta información sobre el valor nutricional que estas presentan. Debido al elevado contenido nutricional la moringa se está revelando como un recurso de primer orden y bajo costo de producción. Las hojas amarillas de *Moringa oleifera* poseen valor nutricional, por lo que pueden ser recolectadas con las hojas verdes para un mayor aprovechamiento del material vegetal y pueden ser utilizadas como suplemento nutricional.

Referencias bibliográficas

1. Bocarando Guzmán MD, Ríos Corripio MA, Hernández Cázares AS, Gómez Merino FC, Servín Juárez R. Caracterización de la oferta de *Moringa oleifera* Lam. en México. Agro Productividad. 2020 [acceso: 24/05/2021];13(2):3-8. Disponible en: <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1483>
2. Singh AK, Rana HK, Tshabalala T, Kumar R, Gupta A, Ndhlala AR, *et al.* Phytochemical, nutraceutical and pharmacological attributes of a functional crop *Moringa oleifera* Lam. An overview. South African J Botany. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.017>
3. Zainab B, Ayaz Z, Khan S, Rizwana H, Soliman DW, Abbasi AM. In-silico elucidation of *Moringa oleifera* phytochemicals against diabetes mellitus. Saudi J Biological Sciences. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.04.002>
4. Kong D, Li Y, Bai M, Deng Y, Liang G, Wu H. A comparative study of the dynamic accumulation of polyphenol components and the changes in their antioxidant activities in diploid and tetraploid *Lonicera japonica*. Plant Physiology Biochemistry. 2017;112:87-96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.12.027>
5. Yusof NA. Infrared-metabolomics approach in detecting changes in *Andrographis paniculata* metabolites due to different harvesting ages and times. J Sci Food Agric. 2015;95(12):2533-2543. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6987>
6. Uquillas N. Moringa y su uso culinario. Univ Hemisferios. 2017 [acceso: 24/05/2021]. Disponible en: <http://dspace.uhemisferios.edu.ec:8080/xmlui/handle/123456789/691>
7. Ramírez M, Vargas R, Torres B, Torrescano G. Extractos de hojas de plantas para conservar la calidad de la carne y los productos cárnicos frescos. Revisión. Rev Cienc Biol

- Salud. 2018;20(3):155-64. DOI: <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V20I3.712CorpusID:171773137>
8. Brilhante RS, Sales JA, Pereira VS, Castelo DD, de Aguiar Cordeiro R, de Souza Sampaio CM, Rocha MF. Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. Asian Pacific J Trop Med. 2017 [acceso: 24/05/2021];10(7):621-30. Disponible en: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/26110>
9. Liu Y. Values, properties and utility of different parts of *Moringa oleifera*: An overview. Chin Herbal Med. 2018;10(4):371-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2018.09.002>
10. Bancessi A, Bancessi Q, Baldé A, Catarino L. Present and potential uses of *Moringa oleifera* as a multipurpose plant in Guinea-Bissau. South African J Botany. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.013>
11. Almora E, Barrios L, Monteagudo R, Lago V, León G, Rodríguez E. Evaluación sensorial de galletas de arroz integral suplementadas con stevia y moringa. Peruv Agricul Research. 2021 [acceso: 24/05/2021];3(2):80-6. Disponible en: <http://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/PeruvianAgriculturalResearch>
12. Miranda M, Cuellar A. Farmacognosia y productos naturales. La Habana: Félix Varela; 2000.
13. Waterhouse A. Determination of total phenolics. In: Decker E, Penner M, Red D, Schwartz S, Shoemaker C, Smith D. Eds. Handbook of Analytical Chemistry. Nueva Jersey: John Wiley and Sons; 2005. pp. 463-70.
14. Fennema OR. Introducción a la ciencia de los alimentos. Barcelona: Revertf; 1985.
15. Farmacopea Británica. Herbal Drugs and Herbal Drug Preparations. Vol III. Farmacopea Británica. 2014 [acceso: 24/05/2021]. Disponible en: <https://nbscience.com/es/british-pharmacopoeia-2014-download-free-pdf-ebook-bp-2014-bp-veterinary-2014-full-version/>
16. Woisky R, Salatino A. Analysis of propolis some parameters and procedures for chemical quality control. J Apic Res. 1998 [acceso: 24/05/2021];37:99-105. Disponible en: <http://europepmc.org/abstract/AGR/IND21966817>
17. United States Pharmacopeial. USP40. Vol I. Maryland: United States Pharmacopeial; 2017. pp. 2464-79.
18. Agamou JA, Fombang EN, Mbofung CM. Particular benefits can be attributed to *Moringa oleifera* Lam leaves based on origin and stage of maturity. J Experim Biolog Agricul Sci. 2015;3(6):541-55. DOI: [https://doi.org/10.18006/2015.3\(6\).541.555](https://doi.org/10.18006/2015.3(6).541.555)
19. Chan Matú DI, Tamayo Cortez JA, Toledo López VM, Madera Santana TJ, Vargas Vargas ML. Análisis proximal y cuantificación de compuestos bioactivos de las hojas de

- Moringa oleifera* recolectadas en la ciudad de Mérida, Yucatán. Rev Dig Innov Des Tecnol. 2020 [acceso: 24/05/2021];12(20). Disponible en: https://iydt.files.wordpress.com/2020/06/2_10_anc3a1lisis-proximal-y-cuantificacic3b3n-de-compuestos-bioactivos-de-las-hojas-de-moringa-olec3adfer-recolectadasrev-.pdf
20. Carciochi RA, Sologubik CA, Fernández MB, Manrique GD, D'Alessandro LG. Extraction of antioxidant phenolic compounds from brewer's spent grain: Optimization and kinetics modeling. Antioxidants. 2018;7(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox7040045>
21. Peña CM, Arancibia RJ, Valenzuela BP, Barriga A, Seguel I, García L, *et al.* Phenolic composition and antioxidant capacity of *Ugni molinae* Turcz. Leaves of different genotypes. Food Chem. 2017;215:219-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.159>
22. Fánor C, Ávila DH, Riascos O. Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo sol y sombra. Temas Agrarios. 2012;17(1):60-71. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v17i1.697>
23. Manrique E. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz. Ecosistemas. 2003 [acceso: 24/05/2021]. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/informe4.htm>
24. Ustin SL, Smith MO, Jacquemoud S, Verstraete MM, Govaerts Y. GeoBotany: Vegetation mapping for earth sciences. 1998 [acceso: 24/05/2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/271904290_Geobotany_Vegetation_Mapping_for_Earth_Sciences.
25. Vats S, Gupta T. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. from Rajasthan. India Physiol Molecular Biology Plants. 2017;23(1):239-48. DOI: <https://doi.org/10.1039/c9fo00793h>
26. Zozio S, Pallet D, Dornier M. Evaluation of anthocyanin stability during storage of a colored drink made from extracts of the andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and black carrot (*Daucus carota* L.). Fruits. 2011;66(3):1-12. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2011030>
27. Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani AH. *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. Phyther Res. 2007;21:17-25. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.2023>
28. Ondarza N. Biología Moderna. La célula. bioquímica. Genética y biología molecular. Ed. Trillas. 2006 [acceso: 24/05/2021]. Disponible en: https://etrillas.mx/libro/biologia-moderna_1690

29. Siddhuraju P, Becker K. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro-climatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.). J Agric Food Chem. 2003;15:2144-55. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf020444>
30. Ajantha A, Kathirvelan C, Purushothaman MR, Visha P. Study on nutrients, mineral and vitamin profile of *Moringa oleifera* leaf meal. Internat Current Microbiol Applied Sciences (IJCMAS). 2018 [acceso: 24/05/2021];5:2478-81. Disponible en: <https://www.ijcmas.com/abstractview.php?ID=7985&vol=7-5-2018&SNo=28431>
31. Hernández Y, Castillo RI, Pérez A, Salgado M. Efecto del tipo de secador sobre la calidad fisicoquímica de harina de moringa (*Moringa oleifera* L.) Investig Des Cienc Tecnol Alim. 2018 [acceso: 24/05/2021];3:423-9. Disponible en: <http://www.fvb.uanl.mx/IDCyTA/files/volumen3/4/8/70.pdf>
32. Rosero M. Plan de negocios para la comercialización de *Moringa oleifera* en el mercado canadiense [Tesis de grado]. Quito; Universidad Tecnológica Equinoccial; 2015.
33. Prince ML. The moringa tree. ECHO Technical. 2007 [acceso: 24/05/2021];17391:1-19. Disponible en: <https://pdf-internet.de/e-book-the-moringa-tree/>
34. Shuib NH. Discrimination of young and mature leaves of *Melicope ptelefolia* using ¹H NMR and multivariate data analysis. Food Chem. 2011;126(2):640-645. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.043>
35. Pilotos J. Immunological effects of *Moringa oleifera* on malaria and malnutrition during plasmodium chabaudi infection [Tesis de doctorado]. Carolina del norte: Appalachian State University; 2019.
36. Agudelo Posada L. Empleo del polvo de hojas de *Moringa oleifera* Lam. como fortificante en un alimento enfocado a la población infantil colombiana menor de 4 años [Tesis de doctorado]. Antioquia: Unilasallista Corporación Universitaria; 2020.
37. Srinivasamurthy S, Yadav U, Sahay S, Singh A. Development of muffin by incorporation of dried *Moringa oleifera* (Drumstick) leaf powder with enhanced micronutrient content. Internat J Food Sci Nutrition. 2017 [acceso: 24/05/2021];2(4):173-8. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/511830577/2-4-44-539>
38. Bijina B, Chellappan S, Krishna JG, Basheer SM, Elyas KK, Bahkali AH. Protease inhibitor from *Moringa oleifera* with potential for use as therapeutic drug and as seafood preservative. Saudi J Biolog Sci. 2011;18(3):273-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2011.04.002>
39. Oyeyinka AT, Oyeyinka SA. *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. J Saudi Society Agr Sci. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.02.002>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández.

Curación de datos: Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández, Liz Bárbara Pereira Cuni.

Investigación: Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández.

Metodología: Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández.

Administración del proyecto: Efraín Rodríguez Jiménez, Concepción Campa Huergo.

Recursos: Liz Bárbara Pereira Cuni.

Supervisión: Raisa Monteagudo Borges.

Redacción del borrador original: Vivian Lago Abascal.

Redacción, revisión y edición: Efraín Rodríguez Jiménez.