

EN

## Effect of storage on leaf bromatology and seed quality of *Moringa oleifera* Lam.

ES

## Efecto del almacenamiento en la bromatología de hoja y calidad de semillas de *Moringa oleifera* Lam.

Alexis Domínguez-Liévano<sup>1</sup>; Saúl Espinosa-Zaragoza<sup>2\*</sup>; Rodrigo Romero Tirado<sup>2</sup>; Arnoldo Wong-Villarreal<sup>3</sup>; Juan Francisco Aguirre-Medina<sup>2</sup>; Sandra Isabel Ramírez González<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, C.P. 56230

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV, Entronque Carretera Costera y Pueblo de Huehuetán, Huehuetán, Chiapas. México, C.P. 30660.

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de la Selva, División Agroalimentaria, Ocosingo, Chiapas, México.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Centro Universidad Empresa, Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México. C.P. 29050.

\*Corresponding author:

saulez1@gmail.com

Orcid: 0000-0001-7683-7382

Received: December 22, 2020 /

Accepted: June 19, 2021

DOI:

10.5154/r.rchsat.2021.02.01

### Abstract

*Moringa (Moringa oleifera* Lam.) leaves are harvested and stored prior to marketing. There are doubts about the bromatological quality after storing the leaves. The aim of this research was to compare the bromatological properties of the leaves of this species stored in a period of time to verify if there are biochemical changes in the evaluated period. There were collected mature moringa leaves in successive samples in the orchard "Kio-Komukai" in Escuintla, Chiapas, Mexico. It was determined the content of humidity, protein, fat, crude fiber and ash in each sample for each one of the harvest dates. The results of the analysis of the Student *t*-test indicate that there is no difference in the nutritional quality ( $P > 0.05$ ) of the leaves on the harvest dates with respect to the storage time. The values obtained from the leaf crops in the bromatological analysis are similar to those reported in previous works; fat (%):  $9.36 \pm 1.05$ , crude fiber (%):  $19.94 \pm 4.2$ , protein:  $20.35 \pm 2.26$ , humidity (%):  $7.22 \pm 9.79$  and ash (%):  $10.14 \pm 1.68$ .

**Keywords:** Brassicales, Moringaceae, bromatological analysis, nutritional quality, leaf quality.

### Resumen

Las hojas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) se cosechan, y almacenan previo a su comercialización. Hay dudas respecto a la calidad bromatológica después de almacenar las hojas. El objetivo de la presente investigación fue comparar las propiedades bromatológicas de las hojas de esta especie almacenadas en un periodo, para verificar si ocurren cambios bioquímicos durante el almacenamiento. Se colectaron hojas maduras de moringa en muestreos sucesivos en la huerta "Kio-Komukai" en Escuintla, Chiapas, México. Se determinó el contenido de humedad, proteína, grasa, fibra cruda y cenizas en cada muestra para cada una de las fechas de cosecha. Los resultados del análisis de la prueba *t* de Student, indican que no hubo diferencias en la calidad nutrimental ( $P > 0.05$ ) de las hojas en las fechas de

cosecha respecto al tiempo de almacenamiento. Los valores obtenidos de las cosechas de hoja en el análisis bromatológico son similares a los reportados en trabajos previos; grasa (%):  $9.36 \pm 1.05$ , fibra cruda (%):  $19.94 \pm 4.2$ , proteína:  $20.35 \pm 2.26$ , humedad (%):  $7.22 \pm 9.79$  y cenizas (%):  $10.14 \pm 1.68$ .

**Palabras clave:** Brassicales, Moringaceae, análisis bromatológico, calidad nutrimental, calidad hoja.

## Introduction

*Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) belongs to the Moringaceae family, Brassicales order, and it is native to the southern foothills of Himalaya (García, 2003; Olson & Fahey, 2011). However, its harvest and its different forms of exploitation are expanding in tropical, subtropical and semi-arid regions around the world (Alfaro, 2008; Del Toro, 2011; Olson & Fahey, 2011). In addition, moringa is a plant that grows under conditions of water scarcity (Morton, 1991; Croess & Villalobos, 2008). In intensive harvesting, with irrigation and fertilization, the biomass yield exceeds  $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Foidl, N., Makkar, H. P. S. & Becker K., 2001). There is evidence that native apopulations in several regions of the world have exploited the leaves of this plant for food (Folkard & Sutherland, 1996; Fuglie, 2001), in addition to their use in flour and oil form in order to obtain a large quantity of valuable products. Folkard and Sutherland (1996) point out that the green pod, flowers and toasted seeds are nutritive and they are consumed in several parts of the world. The seed oil can be used for cooking, to produce soaps and some cosmetics and even as lamp fuel. The different parts of trees have been used for natural medicine. Fuglie (2001) adds that leaves are exceptionally rich in vitamins and different amino acids and they are recommended to treat malnutrition problems in children.

*Moringa* has been recognized in the scientific field as a plant with useful properties for environmental and drug products. Indisputably, this plant has a nutritional profile able to substitute the micronutrients requirements needed for a healthy diet by giving it the possibility of being a useful alternative to fight food insecurity (Anwar F., Ashraf, M., & Bhanger, M. I., 2005).

In recent years, the moringa tree in Mexico has become very popular. Particularly, the dry leave is used to prepare infusions (teas), antisclerotic properties are attributed to it (Chumarka et al., 2008) and it works as antioxidant (Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., & Rao, C. V., 2009). In the same way, the key properties of the moringa are found in the leaves due to

## Introducción

La moringa (*Moringa oleifera* Lam.) pertenece a la familia Moringaceae, orden Brassicales, y es nativa de las estribaciones meridionales del Himalaya (García, 2003; Olson & Fahey, 2011). Sin embargo, en las regiones tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo se está expandiendo su cultivo y sus diferentes formas de aprovechamiento (Alfaro, 2008; Del Toro, 2011; Olson & Fahey, 2011). Además, la moringa es una planta que crece en condiciones de escasez de agua (Morton, 1991; Croess & Villalobos, 2008). En cultivo intensivo, con irrigación y fertilización, el rendimiento en biomasa supera las  $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Foidl, N., Makkar, H. P. S. & Becker K., 2001). Existe evidencia que las poblaciones nativas en diversas regiones del mundo han aprovechado las hojas de esta planta para su alimentación (Folkard & Sutherland, 1996; Fuglie, 2001), además de su utilización en harina y aceite para la obtención de una gran cantidad de productos valiosos. Folkard y Sutherland (1996) indican que las vainas verdes, las flores y las semillas tostadas son nutritivas y se consumen en diversas partes del mundo. El aceite de la semilla puede utilizarse en la cocina, para la producción de jabones, algunos cosméticos e incluso combustible para lámparas. Las diferentes partes del árbol se han utilizado en medicina naturista. Fuglie (2001) agrega que las hojas son excepcionalmente ricas en vitaminas y diferentes aminoácidos y se recomienda para tratar problemas de desnutrición en niños.

La moringa ha sido reconocida en el entorno científico como una planta con propiedades de utilidad para productos farmacológicos y ambientales. Indiscutiblemente esta planta cuenta con un perfil nutritivo que tiene la capacidad de suplir los requerimientos de micronutrientes necesarios en una dieta saludable, dando la posibilidad de ser una alternativa útil para combatir la inseguridad alimentaria (Anwar F., Ashraf, M., & Bhanger, M. I., 2005).

En los últimos años, el árbol de moringa en México se ha vuelto muy popular. Particularmente la hoja seca se utiliza para preparar infusiones (tés), atribuyéndole

the presence of macro and micronutrients. However, this plant is entirely consumed, for this, it constitutes a complete meal when exploiting fresh pods and fruits (Alfaro, 2008). In this context, it is important to assess the harvest season of moringa leaves in order to correlate the bromatological components content with the storage time. Leaves are a source of high protein and antioxidant value in daily diet, for this reason, it is essential to know if there is a chemical property loss in the leaf. The aim of this study is focused on moringa leaf quality in different cutting days, through a bromatological comparison and quality analysis of the seed.

## Materials and methods

### Localization

The fieldwork and the harvest job of moringa leaf was carried out from November 2017 to May 2018. Planting is established in the municipality of Escuintla, Chiapas, México at an altitude of 90 meters above sea level. Geographically, it is localized at 15°20' north latitude and 92° 40' west longitude. The agro-climatic conditions showed in the study site are an average annual temperature of 27 °C, rainfall of 3 638 mm annually, and average relative humidity between 75 to 80 % (INAFED, 2013). The climate varies according to the altitude, from humid-hot to humid-semi-warm; the vegetation is high jungle (CEIEG Chiapas, 2017). Geologically, the municipality has Paleozoic and Quaternary lands, the predominant soil types are: Acrisol and Cambisol, the main use is for livestock and jungle, the 45 % belongs to the extension to ejidal lands, 30 % national and 25 % private property (INAFED, 2013).

### Sampling

Trees were randomly selected by taking into account their good appearance, pod production without damage, pests nor diseases. In each selected tree, leaves were harvested on different dates. Leaves were recollected in two-time series: the first one, every two months from November 2017 to May 2018, and the second series on four different dates in August 2018 (Table 1), early in the morning as it was used by local producers.

Leaves were storage for one year, subsequently, bromatological analyses and analyses of the data obtained were carried out, results were compared between sampling dates and series in order to identify possible changes. Dry leaves were storage in clear plastic bags of 98 L placed on the shelf. The material

propiedades antiescleróticas (Chumarka et al., 2008) y como antioxidante (Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., & Rao, C. V., 2009). De igual forma, en las hojas es donde se encuentran las principales propiedades de la moringa por la presencia de macro y micronutrientes. Sin embargo, esta planta es consumida en su totalidad, por lo que constituye un alimento completo al aprovecharse vainas frescas y frutos (Alfaro, 2008). En este contexto, es importante evaluar los tiempos de cosecha de las hojas de moringa, para poder correlacionar el contenido de los componentes bromatológicos con el tiempo de almacenamiento. Las hojas son una fuente de alto valor proteico y antioxidante en la alimentación diaria, es por ello que, es fundamental conocer si hay una pérdida de las propiedades químicas en la hoja. El objetivo del trabajo está enfocado en evaluar la calidad de la hoja de moringa en distintos días de corte, mediante una comparación bromatológica y análisis de calidad de semilla.

## Materiales y métodos

### Localización

El trabajo de campo y cosecha de hoja de moringa se llevó a cabo de noviembre 2017 a mayo de 2018. La plantación se encuentra establecida en el municipio de Escuintla, Chiapas, México a una altitud de 90 msnm. Geográficamente se localiza a 15° 19' latitud norte y 92° 00' longitud oeste. Las condiciones agroclimáticas que presenta el sitio de estudio son temperatura media anual 27 °C, precipitación pluvial de 3 638 mm anuales, y humedad relativa media entre 75 a 80 % (INAFED, 2013). El clima varía según la altitud, de cálido-húmedo a semicálido-húmedo; la vegetación es selva alta (CEIEG Chiapas, 2017). El municipio geológicamente cuenta con terrenos paleozoicos y cuaternarios, los tipos de suelo predominantes son: Acrisol y Cambisol, siendo el uso principal pecuario y selva, perteneciendo el 45 % de la extensión a terrenos ejidales, 30 % nacionales y 25 % propiedad privada (INAFED, 2013).

### Muestreo

Los árboles se seleccionaron aleatoriamente, considerando que tuvieran buen porte, producción de vainas, sin daños, sin plagas ni enfermedades. En cada uno de los árboles seleccionados, se cosecharon hojas en diferentes fechas. Las hojas fueron colectadas en dos series de tiempo: la primera cada dos meses a partir del mes de noviembre de 2017 a mayo de 2018, y la segunda serie en cuatro fechas diferentes en el mes de agosto de 2018 (Cuadro 1), a primera hora de la mañana como acostumbran los productores locales.

**Table 1. Harvest date of moringa leaves (*Moringa oleifera* Lam.).**  
**Cuadro 1. Fechas de cosecha de hojas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.).**

Treatment / Tratamiento	Sample number / Número de muestra	Harvest / Cosecha
Leaf crop every two months / Cosecha de hojas cada dos meses	1	November/01/2017 / 01/noviembre/2017
	2	January/01/2018 / 01/enero/2018
	3	March/01/2018 / 01/marzo/2018
	4	May/01/2018 / 01/mayo/2018
Leaf crop every week / Cosecha de hojas cada semana	5	August/01/2019 / 01/agosto/2019
	6	August /07/2019 / 07/agosto/2019
	7	August/14/2019 / 14/agosto/2019
	8	August/21/2019 / 21/agosto/2019

drying for its analysis was carried out in the VWR International™ drying oven with forced convection model 1390FM (VWR International, Llinars del Vallés, Spain) at a constant temperature of 70 °C during 72 h. After the drying, leaves were milled with a hammer mill for their analysis.

### Bromatological analysis and seed quality

The methods used for the bromatological analysis were the following; Fat: Soxhlet method (ether extract); Crude fiber: Acid and Alkaline Digestion Method; Humidity: Gravimetric method; the VWR International™ drying oven with forced convection, model 1390FM, VWR International was used, temperature range of 0 – 200 °C; Ashes: Gravimetric method; a Barnstead International muffle, model FB1315M was used, temperature level 0 – 3000 °C; and Nitrogen (N): Microkjeldahl method; the total conversion factor from nitrogen to protein was of 6.25 (N x 6.25). All the methodologies described by the AOAC (2000).

In order to determine the seed quality, a homogeneous simple size was used according to the regulations of the International Seed Testing Association (ISTA, 2014). Tests were established in an experimental design completely random with four repetitions of seed lots. Each lot belonged to a date of each series. The seed lot of each selected tree was uniformly mixed in order to obtain a composite sample to determine

Las hojas se almacenaron durante un año, posteriormente se realizaron análisis bromatológicos y de los datos obtenidos, los resultados se compararon entre fechas de muestreo y entre series para identificar cambios posibles. Las hojas secas se almacenaron en bolsas de plástico transparentes de 98 L puestas en anaquel. El secado del material para su análisis se realizó en la estufa de secado de convección forzada marca VWR International™ modelo 1390FM (VWR International, Llinars del Vallés, España) a una temperatura constante de 70 °C durante 72 h. Después del secado, las hojas se molieron en un molino de martillos para su análisis.

### Análisis bromatológico y calidad de la semilla

Los métodos utilizados en el análisis bromatológico fueron los siguientes; Grasa: Método Soxhlet (extracto etéreo); Fibra cruda: Método Digestión Ácida y Alcalina; Humedad: Método Gravimétrico; se utilizó una estufa de secado de convección forzada marca VWR International™, modelo 1390FM, VWR International, intervalo de temperatura de 0 – 200 °C; Cenizas: Método Gravimétrico; se utilizó una mufla Barnstead International, modelo FB1315M, nivel de temperatura 0 – 3000 °C; y Nitrógeno (N): Método Microkjeldahl; el factor de conversión de nitrógeno a proteína total fue de 6.25 (N x 6.25). Todas las metodologías descritas por la AOAC (2000).

the quality of the recollected germplasm. The purity was randomly determined with 100 seeds (ISTA, 2014). Subsequently, to determine the germination rate, 100 seeds were randomly prepared. A germination test on paper ('talco' test) was carried out and the following formula was used to obtain the germination rate (ISTA, 2014):  $\text{germination \%} = (\text{Number of sprouted seeds} / \text{Number of seeds sown}) * 100$ . In order to determine the humidity content of seeds, 100 seeds were randomly taken and weighted (initial weight), these had to undergo a drying gradual process in an oven with forced convection at 65 °C for 72 h, until getting a constant weight. In order to get the humidity content, the following formula was used (ISTA, 2014):  $\% \text{ HC} = ((\text{Initial weight} - \text{final weight}) / \text{initial weight}) * 100$ . Seeds were continuously moistened with water in a sprinkler without letting the wipes dry. Daily counts were carried out during 15 days beginning two days after being placed in the germination test on paper.

### Statistical analysis

The average of four repetitions ( $n = 4$ ) was carried out in all tests as an experimental unit. The statistical analysis results were obtained with the Student's t-test with a significance level of  $P < 0.05$ . The statistical package R for Windows v3.6.3 was used (R Core Team, 2020).

### Results and discussion

The bromatological composition of moringa leaf is shown in the Table 2.

There was no any difference in storage samples ( $P > 0.05$ ). The fat content (ether extract) varied in a range of 8.95 to 10 %. The values found match with those reported by the Animal Nutrition Division of the INIA-CENIAP; 8.12 % (Araujo González, M. A., Araujo González, J. P., & Ramones Méndez, J. E., 2014) and outweigh those obtained by (Guzmán Maldonado, S. H., Zamarripa Colmenares, A., & Hernández Duran, L. G., 2015) and Garavito (2008) who point out a fat content of  $7.4 \pm 0.14$  %.

The crude fiber ranges were between 17.80 and 22 %. The values obtained accord with what was reported by Garavito (2008) who pointed out 23.60 % and a low value compared with the value reported by Guzmán et al. (2015) who pointed out  $30.6 \pm 0.71$  %. The highest result of the protein content of moringa leaves analyzed was 21.46 %, less than those reported by Dhakar, R. C., Maurya, S. D., Pooniya, B. K., Bairwa, N., and Sanwarmal, M. G., (2011) 27.1 % and Guzmán et al. (2015);  $22.3 \pm 0.94$  %.

The humidity content showed percentages between 2.23 and 10.29 %, less than those cited by Araujo et

Para determinar la calidad de semilla, se utilizó un tamaño de muestra homogéneo según las reglas de la Asociación Internacional de Prueba de Semillas (ISTA, 2014). Se establecieron los ensayos en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de lotes de semillas. Cada lote correspondió a una fecha de cada serie. Se mezcló uniformemente el lote de semillas de cada uno de los árboles seleccionados con el fin de obtener una muestra compuesta para determinar la calidad del germoplasma colectado. Se determinó la pureza con 100 semillas al azar (ISTA, 2014). Posteriormente para determinar el porcentaje de germinación, se separaron aleatoriamente 100 semillas. Se realizó una prueba de germinación en papel (prueba del taco) y se utilizó la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de germinación (ISTA, 2014):  $\% \text{ de germinación} = (\text{Número de semillas germinadas} / \text{Número de semillas sembradas}) * 100$ . Para determinar el contenido de humedad de las semillas, se tomaron aleatoriamente y se pesaron 100 semillas (peso inicial), las cuales se sometieron a un proceso gradual de secado en una estufa de convección forzada a una temperatura de 65 °C por 72 h, hasta obtener un peso constante. Para obtener el porcentaje de humedad se empleó la siguiente formula (ISTA, 2014):  $\% \text{ CH} = ((\text{Peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}) * 100$ . Las semillas fueron humedecidas con agua con un aspersor recurrentemente sin dejar que las toallitas se secaran. Se realizaron conteos diarios durante 15 días comenzando dos días después de colocarse en la prueba de germinación en papel.

### Análisis estadístico

En todas las pruebas se utilizó la media de cuatro repeticiones ( $n = 4$ ) como unidad experimental. Los resultados del análisis estadístico se obtuvieron mediante la prueba de  $t$  de Student con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Se utilizó el paquete estadístico R para Windows v3.6.3 (R Core Team, 2020).

### Resultados y discusión

La composición bromatológica de la hoja de moringa se muestra en el Cuadro 2.

No se encontraron diferencias entre las muestras almacenadas ( $P > 0.05$ ). El contenido de grasa (extracto etéreo) varió en un intervalo de 8.95 a 10 %. Los valores encontrados coinciden con los reportados por el Laboratorio de Nutrición Animal del INIA-CENIAP; 8.12 % (Araujo González, M. A., Araujo González, J. P., & Ramones Méndez, J. E., 2014) y superan a los obtenidos por (Guzmán Maldonado, S. H., Zamarripa Colmenares, A., & Hernández Duran, L. G., 2015) y Garavito (2008) quienes indican un contenido de grasa de  $7.4 \pm 0.14$  %.



**Table 2. Bromatological composition of moringa leaf (*Moringa oleifera* Lam.) on different harvest dates.**  
**Cuadro 2. Composición bromatológica de la hoja de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en diferentes fechas de cosecha.**

Harvest / Cosecha	Fat (%) / Grasa (%)	Constituent / Constituyente			
		Crude fiber (%) / Fibra Cruda (%)	Protein (%) / Proteína (%)	Humidity (%) / Humedad (%)	Ashes (%) / Cenizas (%)
Leaf crop every two months / Cosecha de hoja cada dos meses	9.36 ± 1.05	19.94 ± 4.2	20.35 ± 2.26	7.22 ± 9.79	10.14 ± 1.68
Leaf crop every week / Cosecha de hoja cada semana	9.47 ± 0.6	20.23 ± 3.2	20.78 ± 1.62	6.33 ± 7.96	9.78 ± 0.84
Value T/ p-Value / Valor T/ p-Valor	-0.39/0.70	-0.26/0.80	-0.69/0.51	0.16/0.88	0.89/0.41

al. (2014) who reported 13.63 %. In the ashes content analysis, values were between 9.35 and 10 %, exceeding those obtained by the Animal Nutrition Division of the INIA-CENIAP (Araujo et al., 2014).

Additionally, it was noted that the milling (Table 3) caused a decrease in the weight of moringa leaves, between 10 and 20 %, because the change of the humidity content of storage leaves until the packaging process for teas or capsules.

The seed quality is shown in the Table 4.

Seed purity. The result of the purity test was 72 % of viable seeds, while the 28 % were useless seeds, this dampened the final weight and the number of seeds. The humidity content (% HC) in seeds was 10.54 %. Of the values obtained from the total number of seeds counted and grown in the germination paper test, 68 % of germinated seeds were obtained during a period of 15 days. Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., and Reyes, F. (2010) report 96 % of germinated seeds with manual scarification 10 days after sowing, while seeds without scarification complete their germination 17 days later. In general, it has been reported that the germination rates of fresh moringa seeds are between 60 and 90 % (Sharma & Raina, 1982; Jahn Samia, A. A., Musnad Hassan, A., & Burgstaller, H., 1986).

Nowadays, moringa has increased its consumption demand due to its multiple uses, medicinal and feeding. Pérez et al. (2010), Olson & Fahey (2011), Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A., & Muchenje, V. (2011), Araujo et al. (2014), to name a few, agree with the fact that moringa is an acceptable alternative and a possible aid to reduce malnutrition levels in the human population for its nutritional level, biomass yield and adaptive capacity, becoming it an extremely important element

La fibra cruda osciló entre 17.80 y 22 %. Los valores obtenidos coinciden con lo reportado por Garavito (2008) quien reportó 23.60 % y valor bajo respecto al valor reportado por con Guzmán et al. (2015) quienes reportan 30.6 ± 0.71 %. El resultado más alto del contenido de proteína de las hojas de moringa analizadas fue de 21.46 %, menor a los reportados por Dhakar, R. C., Maurya, S. D., Pooniya, B. K., Bairwa, N., y Sanwarmal, M. G., (2011) 27.1 % y Guzmán et al. (2015); 22.3 ± 0.94 %.

El contenido de humedad presentó porcentajes entre 2.23 y 10.29 %, menores a los citados por Araujo et al. (2014) quienes reportaron 13.63 %. En el análisis de contenido de ceniza, los valores fueron de entre 9.35 y 10 %, siendo superiores a los obtenidos por el Laboratorio de Nutrición Animal del INIA-CENIAP (Araujo et al., 2014).

Adicionalmente se observó que la molienda (Cuadro 3) originó una merma en el peso de las hojas de moringa, entre 10 y 20 %, debido al cambio del contenido de humedad de las hojas del almacenamiento hasta el proceso de envase para los tés o cápsulas.

La calidad de la semilla se muestra en el Cuadro 4.

Pureza de semilla. El resultado de la prueba de pureza fue del 72 % de semillas viables, mientras que el 28 % fueron semillas vanas, mermando el peso final y número de semillas. El contenido de humedad (% CH) en las semillas fue de 10.54 %. De los valores obtenidos del total de semillas contabilizadas y puestas a germinar en la prueba de papel, se obtuvieron 68 % de semillas germinadas en un periodo de 15 días. Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., y Reyes, F. (2010) reportan 96 % de germinación en semillas con escarificación manual a los 10 días post-siembra, mientras que las semillas sin escarificación completaron su germina-

**Table 3. Humidity content of moringa leaves (*Moringa oleifera* Lam.) and milling yield.****Cuadro 3. Contenido de humedad de hojas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) y rendimiento en molienda.**

Sample / Muestra	Leaf crop / Cosecha de hoja	Leaf drying / Secado de hoja	Initial weight (wet leaf) (g) / Peso inicial (hoja húmeda) (g)	Final weight (dry leaf) (g) / Peso final (hoja seca) (g)	Milled leaf (g) / Molido de hoja (g)
M1	01/11/2018	06/11/2018	2 108.7	1 891.7	1 768.6
M2	01/05/2019	04/08/2019	1 613.6	1 509.1	1 450.9
M3	21/08/2019	25/08/2019	2 345.0	2 060.9	1 964.6

**Table 4. Average obtained for four samples of moringa seeds (*Moringa oleifera* Lam.).****Cuadro 4. Promedio obtenido de cuatro muestras de semillas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.).**

Initial weight of 100 seeds (g) / Peso inicial de 100 semillas (g)	Number of useless seeds / Número de semillas vanas	Number of viable seeds / Número de semillas viables	Final weight of the pure seed (g) / Peso final de semilla pura (g)
23.7	28.33	71.66	18.96

to establish sustainable communities, in both, rural areas and cities. Therefore, the nutritional derivatives of the leaf are valuable for human nutrition, for this, to preserve and improve the quality of their nutritional properties is crucial to improve the moringa marketing, mainly in communities with economic constraints.

## Conclusions

The moringa leaf maintains its quality and nutritional properties in different cutting times and after the one-year storage. The nutritional stability of moringa leaf is an important indicator for its food use. The seed quality is useful as direct consumption material after the separation of useless seeds.

## Acknowledgment

To Kioshiro Komukai for the facilities provided with regard to the vegetal material harvest in the orchard and to the chemist Salvador for supporting the conduct of the bromatological analysis.

*End of English version*

## References / Referencias

Alfaro, N. C. (2008). Rendimiento y uso potencial de Paraíso Blanco, *Moringa oleifera* Lam en la producción de alimentos de alto valor nutritivo para su utilización en comunidades de alta vulnerabilidad alimentario-

ción a los 17 días. En general, se ha reportado que las tasas de germinación en semillas de moringa recién colectadas o frescas están entre un 60 y 90 % (Sharma & Raina, 1982; Jahn Samia, A. A., Musnad Hassan, A., & Burgstaller, H., 1986).

En la actualidad la moringa ha incrementado su demanda de consumo por sus múltiples usos, medicinales y alimentación. Pérez et al. (2010), Olson & Fahey (2011), Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A., & Muchenje, V. (2011), Araujo et al. (2014), por mencionar algunos, coinciden en que moringa es una alternativa aceptable y una posible contribuyente para reducir los niveles de desnutrición en la población humana por su valor nutricional, su rendimiento de biomasa y su capacidad de adaptación, volviéndolo un elemento sumamente importante para el establecimiento de comunidades sostenibles, tanto en áreas rurales como en ciudades. Por lo tanto, los derivados nutricionales de la hoja son valiosos para la alimentación humana, por lo que, preservar y mejorar la calidad de sus propiedades nutritivas es de mucha importancia para conseguir mejorar la comercialización de moringa, especialmente en comunidades con limitaciones económicas.

## Conclusiones

La hoja de moringa mantiene su calidad y propiedades nutritivas en diferentes tiempos de corte y después del almacenamiento de un año. La estabilidad nutricional de la hoja de moringa es un indicador importante para su uso alimenticio. La calidad de la semilla es útil

nutricional de Guatemala. *INCAP Guatemala, CONCYT, SENACYT, FONACYT. No. 26-2006*, 1-135.

Anwar F., Ashraf, M., & Bhanger, M. I. (2005). Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oilseeds from Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82(1):45-51.

AOAC (The Association of Official Analytical Chemists). (2000). Official methods, Assoc. Off. Anal. Chem. Int. (AOAC), Arlington, VA, U.S.A.

Araujo González, M. A., Araujo González, J. P., & Ramones Méndez, J. E. (2014). La moringa: bondades y usos. *INIA Divulga*. 46 – 50.

CEIEG Chiapas. (2017). "Escuintla – Gobierno del Estado de Chiapas" en <http://www.chiapas.gob.mx/gobierno-municipales/escuintla>

Chumarka, P. P., Khunawat, P., Sanvarinda, Y., Phornchirasilp, S., Morales, N. P.,..., Pongrapeeporn K. S. (2008). The *in vitro* and *ex vivo* antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera* Lam. Leaves. *Journal Ethnopharmacol* 116:439-446.

Croess, R., & Villalobos, N. (2008). Caracterización en cuanto a edad y altura de corte del moringo (*Moringa oleifera*) como uso potencial en la alimentación animal. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. Trabajo especial de grado para optar al Título de Técnico Superior Universitario en Ciencias Agropecuarias. Mención Agropecuaria. Maracaibo. [En línea]. [http://www.moringa.es/pageID\\_7271377.html](http://www.moringa.es/pageID_7271377.html)

Del Toro, M. J. (2011). Valoración de las propiedades nutricionales de *Moringa oleifera* en el departamento de Bolívar. *Rev. Cienc.* 1:23-30.

Dhakar, R. C., Maurya, S. D., Pooniya, B. K., Bairwa, N., & Sanwarmal, M. G. (2011). Moringa: the herbal gold to combat malnutrition. *Chron. Young Scient* 2(3):119-125.

Foidl, N., Makkar, H. P. S., & Becker K. (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: The miracle tree: The multiple attributes of Moringa in CTA Publication. Ed. J. Lowell Fuglie. Wageningen, The Netherlands. P. 45.

Folkard, G., & Sutherland, J. (1996). *Moringa oleifera* un árbol con enormes potencialidades. Traducido por Ariadne Jiménez U.C.R., Turrialba, Costa Rica. *Agroforestry Today* 8(3):5-8.

Fuglie, L. J. (2001). Combating malnutrition with Moringa. In: The miracle tree: the multiple attributes of Moringa in CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. Ed. L.J. Fuglie. 1-117.

Garavito, U. (2008). *Moringa oleifera*, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel en [http://www.engormix.com/moringa\\_oleifera\\_alimento\\_ecologico\\_s\\_articulos\\_1891\\_AGR.htm](http://www.engormix.com/moringa_oleifera_alimento_ecologico_s_articulos_1891_AGR.htm)

García Roa, M. (2003). Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas silvopastoriles. *INAFOR*, 1-37. <http://www.inafor.gob.ni/index.php/publicaciones>.

Guzmán Maldonado, S. H., Zamarripa Colmenares, A., & Hernández Duran, L. G. (2015). Calidad nutrimental y

como material de consumo directo previa separación de semillas vanas.

## Agradecimientos

Por las facilidades brindadas por el Lic. Kioshiro Kikumai en la cosecha del material vegetal en la huerta y al Quím. Salvador por su apoyo en la realización del análisis bromatológico.

## Fin de la versión en español

nutracéutica de hoja de moringa proveniente de árboles de diferente altura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(2):317-330.

INAFED. (2013). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México – Estado de Chiapas – Escuintla. en <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07032a.html>

International Seed Testing Association (ISTA). (2014). International Rules for Seed Testing 2014. Bassersdorf, Suiza: ISTA, 1-272.

Jahn Samia, A. A., Musnad Hassan, A., & Burgstaller, H. (1986). The tree that purifies water: cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan. *Unasylya* 38(2):23-28.

Morton, J. F. (1991). The horseradish tree, *Moringa pterigosperma* (Moringaceae) A boon to arid lands? *Economic Botany*, 45(3):318.

Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A., & Muchenje, V. (2011). Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Afr. J. Biotechnol.* 10(60):12925-12933.

Olson, M. E., & Fahey, J. W. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Rev. Mex. Biod.* 82:1071-1082.

Olson, M., & Fahey, J. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4):1071-1082.

Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 33(4):1-9.

R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>

Sharma, G. K., & Raina V. (1982). Propagation techniques of *Moringa oleifera* Lam. Khosla, P.K., ed. Improvement of forest biomass: Proceedings of a Symposium, Solan. *India Indian Society of Tree Scientists*, 175-181.

Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., & Rao, C. V. (2009). *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. *Food Chem. Toxicol* 47:2196-2201.