



## Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la germinación y el contenido de fitoquímicos en semillas de *Moringa oleifera* Lam.

Influence of storage time on germination and phytochemical content in *Moringa oleifera* Lam seeds

Ernesto Almora-Hernández<sup>1</sup>; Raisa Monteagudo-Borges<sup>1</sup>; Ana María Rodríguez-Bouza<sup>1</sup>  
Efraín Rodríguez-Jiménez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Investigaciones, Proyecto "Moringa como suplemento nutricional". Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales. La Habana, Cuba.

ORCID de los autores:

E. Almora-Hernández: <https://orcid.org/0000-0002-1431-7004>

R. Monteagudo-Borges: <https://orcid.org/0000-0002-4926-8783>

A. M. Rodríguez-Bouza: <https://orcid.org/0000-0002-6408-8502>

E. Rodríguez-Jiménez: <https://orcid.org/0000-0002-8315-4413>

### RESUMEN

Cuba es un país tropical con altas temperaturas y humedad relativa, en el que se incrementa el cultivo de *Moringa* con beneficios para obtener suplementos nutricionales (nutraceuticos), para suplir diversas necesidades de la vida cotidiana. El objetivo del trabajo fue definir el tiempo de almacenamiento para las semillas de *Moringa oleifera* Lam. cosechadas en Cuba en condiciones ambientales de forma natural sin que pierdan su poder germinativo y determinar los cambios que se producen en los compuestos fitoquímicos durante su envejecimiento. Se evaluó el porcentaje de germinación en dos lotes de semillas almacenadas durante 60, 120, 180, 240, 300 y 360 días, a temperatura ambiente (25 - 30 °C) en condiciones de luz y humedad relativa (70%). Se realizó el análisis fitoquímico y la cuantificación de polifenoles y flavonoides. Se apreció que a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento se produjo una reducción en el porcentaje de germinación en ambos lotes. El Lote 1 mostró más del 70% de germinación durante 180 días, mientras que fue más bajo para el Lote 2, con más de 60% a los 60 días, a partir del cual comenzó una disminución evidente. No hubo variación en los metabolitos secundarios, ni en el contenido de polifenoles y flavonoides en el inicio y final del ensayo en ambos lotes. Se demostró la pérdida de calidad de las semillas durante el almacenaje, por lo que para asegurar cultivos sanos y de viabilidad se debe disponer de semillas que en condiciones ambientales no sobrepasen seis meses de recolectadas.

**Palabras clave:** almacenamiento; fitoquímicos; germinación; *Moringa*; semillas.

### ABSTRACT

Cuba is a tropical country with high temperatures and relative humidity, where the cultivation of *Moringa* increases, with benefits for obtaining nutritional supplements (nutraceutical) to meet various needs of daily life. The objective of the work was to define the storage time for *Moringa oleifera* Lam. seeds harvested in Cuba under natural environmental conditions without losing their germination power and to determine the changes that occur in phytochemical compounds during aging. The germination percentage was evaluated in two lots of seeds stored for 60, 120, 180, 240, 300 and 360 days, at room temperature (25 - 30 °C) under conditions of light and relative humidity (70%). Phytochemical analysis and quantification of polyphenols and flavonoids were carried out. It was noted that as the storage time elapsed, there was a reduction in the germination percentage in both lots. Lot 1 showed more than 70% germination for 180 days, while it was lower for Lot 2, with more than 60% at 60 days, from which an obvious decrease began. There was no variation in the secondary metabolites, nor in the content of polyphenols and flavonoids at the beginning and end of the trial in both lots. The loss of viability of the seeds during storage was demonstrated, so to ensure healthy and quality crops, seeds must be available that, under environmental conditions, do not exceed six months after harvesting.

**Keywords:** storage; phytochemicals; germination; *Moringa*; seeds.

## 1. Introducción

*Moringa oleifera* Lam. es una especie nativa de la India que crece en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Alvarado et al., 2020; Menichetti et al., 2025; Aleman et al., 2025). Es un árbol caducifolio perenne y de rápido crecimiento en los primeros estadios (Luna, 2019; Barrios et al., 2022). Tolera períodos secos y puede reproducirse por semilla básica o esquejes que permiten su propagación en condiciones naturales (Bécquer et al., 2018).

Las semillas son de forma redonda y de color castaño oscuro con 3 alas longitudinales blanquecinas (Bernabé, 2021). Los frutos o vainas de *Moringa* son colgantes estriados y triangulares. Las vainas se dividen longitudinalmente en tres partes y contienen de 15 a 35 semillas (Ogunjinmi & Oladipo, 2012; Moslehi et al., 2023, Fatma et al., 2024). Las semillas de esta planta poseen la nazirina, glucósido fenólico que presenta propiedades antiinflamatorias y mejora el metabolismo lipídico y la hiperglicemia, por lo que es efectiva para el control del síndrome metabólico en ratones (Bao et al., 2020). Estos antecedentes indican que la semilla de *Moringa* puede ser considerada como una fuente de compuestos fenólicos saludables.

La germinación es un proceso natural que se inicia con la absorción de agua por parte de la semilla y finaliza con la aparición de la radícula de la planta a través de las cubiertas de la semilla (Carrera et al., 2020). Durante este proceso las enzimas hidrolíticas son activadas y sintetizan nutrientes que llevan a numerosos cambios fisiológicos y biomoleculares que son beneficiosos a la semilla (Lemmens et al., 2019; Esmeralda et al., 2024). Estudios evidencian que la germinación en *Moringa* es muy heterogéneo, con valores más frecuentes por encima de 60%. Variables como la edad de la semilla, el tipo de suelo y el método de pre-tratamiento utilizado, que puede incluir: romper las cáscaras, remojar las semillas con cáscaras, descascarar las semillas y remojar las semillas durante 24 horas, influyen en el porcentaje de germinación. La germinación puede estar considerada entre 11 y 15 días después de ser sumergidas en agua durante 24 h (Padilla et al., 2012).

Cuba es un país tropical con altas temperaturas y alta porcentaje de humedad relativa, en el que se ha incrementado el cultivo de *Moringa* para utilizar sus potencialidades en la elaboración de diferentes productos naturales. La disponibilidad de semillas acopiadas por diferentes períodos y la poca información existente en el país respecto a

los métodos para su almacenaje, así como el deterioro que sufren las semillas de *Moringa* motivó el presente estudio. El objetivo fue definir el tiempo de almacenamiento en condiciones ambientales de forma natural de las semillas de *Moringa oleifera* Lam. cosechadas en Cuba sin que pierdan su poder germinativo y determinar los cambios que se producen en los compuestos fitoquímicos durante el envejecimiento de éstas.

## 2. Metodología

### Material vegetal

En el estudio se emplearon dos lotes de semillas de *Moringa oleifera* Lam., cosechadas en el año 2020, en la provincia Granma, ubicada en la zona oriental de Cuba: uno en el mes de noviembre (Lote 1) y el otro en diciembre (Lote 2).

En la clasificación de las semillas de ambos lotes se empleó criterios cualitativos en función del color: semillas pardas y semillas blancas (que incluyó las parcialmente decoloradas). Ambas con aspecto fresco, en buen estado según su forma, textura y tamaño, así como con la ausencia de daños por insectos. Cada grupo según la clasificación se almacenó durante 365 días en bolsas de nylon, en condiciones de un ambiente natural, a temperatura aproximada de  $25 - 30 \pm 5$  °C y  $70 \pm 5\%$  de humedad relativa.

Antes del almacenamiento (tiempo cero) y a intervalos de 60 días, hasta los 365 días se estudió el porcentaje de germinación de cada lote y grupo según la clasificación (semillas pardas y semillas blancas) y se realizó el análisis fitoquímico en tiempo 0 y a los 365 días.

Se partió de 2 kg de semillas de cada lote. Se seleccionaron las semillas pardas y las blancas y se eliminaron las dañadas y los objetos extraños procedentes de la recolección.

La germinación de cada lote se evaluó cada 2 meses, para 100 semillas pardas y 100 semillas blancas, subdivididas en 3 réplicas, una con 40 semillas y dos con 30. Las semillas blancas se evaluaron mientras hubo disponibilidad.

Para el análisis por tamizaje fitoquímico y la determinación de polifenoles, flavonoides y antioxidantes correspondiente al momento inicial, se aislaron los endospermos de 200 semillas pardas de cada lote y se conservaron en congelación a  $-20$  °C, hasta el momento de los análisis.

Para la evaluación de la germinación, las semillas se humectaron durante 24 horas. El día 1 del estudio de germinación correspondió al momento en que se colocó la semilla en la bandeja para germinar.

### Análisis de la germinación

La prueba de germinación se efectuó con la selección de 100 semillas de cada lote y grupo según la clasificación para cada momento de evaluación, las que fueron previamente remojadas durante 24 horas, con cambio de agua a las 12 horas, para hidratar y favorecer la germinación. Seguidamente, las semillas fueron colocadas sobre una capa de algodón como sustrato en bandejas de aluminio, distribuidas en 3 porciones, una de 40 semillas y dos de 30. Se humedecieron regularmente con la aspersión de agua potable sin sobresaturación en condiciones de luz natural, temperatura ambiente y una humedad relativa aproximada de  $70 \pm 5\%$ .

### Toma de datos

Se evaluó la germinación de las semillas a 0, 60, 120, 180, 240, 300 y 365 días. La observación se realizó diaria, durante 20 días. Cuando brotó la radícula se consideró germinada la semilla y se inició la toma de datos. Se calculó la capacidad de germinación (CG) y tiempo en lograr el 50% de la germinación (GERM50), según las fórmulas siguientes:

$$CG\% = \frac{\text{semillas germinales}}{\text{semillas totales}} * 100 \quad \text{Ec. 1}$$

$$GERM50(\text{días}) = \text{numero de días en alcanzar 50\% de germinación} \quad \text{Ec. 2}$$

El conteo final se realizó en base a germinación: plántulas normales, aquellas con el potencial para continuar su desarrollo y dar origen a plantas sanas y como no germinadas: plántulas anormales, aquellas que no mostraron su potencial para continuar su desarrollo y no dieron origen a plantas normales, aun creciendo bajo condiciones favorables, es decir, plántulas deformadas y deterioradas, y las semillas muertas. Este procedimiento se repitió para cada uno de los ensayos durante los 365 días. La evaluación de la germinación con las semillas blancas de cada lote se realizó hasta que éstas se agotaron, tomando en consideración que la proporción de semillas blancas con relación a las pardas fue baja.

### Tamizaje fitoquímico

El tamizaje fitoquímico y la determinación de polifenoles y flavonoides totales se realizó a las muestras de semillas pardas en tiempo 0 y al final del ensayo (365 días).

Muestra 1. Lote 1 semillas pardas (inicial)

Muestra 2. Lote 1 semillas pardas (final)

Muestra 3. Lote 2 semillas pardas (inicial)

Muestra 4. Lote 2 semillas pardas (final)

El tamizaje se realizó según la metodología de Miranda & Cuellar (2001). Se realizó los ensayos Dragendorff, Mayer y Wagner (alcaloides), Baljet (coumarinas), Liebermann-Burchard (triterpenos o esteroides), espuma (saponinas), ninhidrina (aminoácidos libres), Fehling (carbohidratos reductores), cloruro férrico (fenoles o taninos), Borntrager (quinonas), Shinoda, (flavonoides), resinas y antocianinas. Se utilizó como criterio de medida el sistema de cruces: alta (+++), media (++) , baja (+), no reacción (-).

### Determinación del contenido de polifenoles totales

Se realizó de acuerdo a la metodología descrita en la Farmacopea Británica, 2014 con el ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico (reactivo de Folin-Ciocalteu), en medio básico. La concentración de polifenoles se detectó mediante la formación de sales de tungsteno y molibdeno, donde se utilizó el ácido gálico (Merck) como patrón. La curva patrón se preparó a una concentración de 0,5 mg/mL, a partir de la cual se realizaron diluciones para obtener concentraciones de 0,005 mg/mL y 0,050 mg/mL. Se tomaron 96  $\mu\text{L}$  de cada concentración de los extractos, se mezclaron con 480  $\mu\text{L}$  de agua destilada, 48  $\mu\text{L}$  del reactivo de Folin-Ciocalteu y 576  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  29% (p/v). Se utilizó como blanco agua destilada. La mezcla se incubó a temperatura ambiente, durante 30 min, protegida de la luz y se midió la absorbancia a 760 nm en espectrofotómetro (Shimadzu UV160-A). El resultado se expresó como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramos de extracto seco (mg EAG/g MS).

### Determinación del contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides se realizó según la metodología de Woisky & Salatino (1998). Se empleó como patrón de referencia la quercitina, a razón de 10 mg disueltos en etanol al 80% (v/v) para preparar concentraciones desde 0,025 mg/mL hasta 0,100 mg/mL. Se tomó 0,5 mL de cada muestra y se trató con 1,5 mL de etanol 95% (v/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 destilada. La mezcla se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 415 nm en espectrofotómetro (Shimadzu UV160-A). El contenido de flavonoides totales se expresó como miligramos equivalentes de quercitina por gramo de extracto seco (mg EQ/g MS). Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

### Análisis estadístico

Para el análisis de la germinación y evaluación del efecto del almacenamiento se realizó un análisis estadístico descriptivo. Se usó el programa SPSS v. 26.0 para Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

### 3. Resultados y discusión

#### Análisis de la germinación

Las semillas de Moringa logran una buena germinación y rápido crecimiento lo que posibilita el éxito en la siembra, a pesar de que no existe un criterio definido en cuanto a realizar pregerminados con agua antes de sembrar. Este estudio siguió las recomendaciones de Moslehi et al. (2023) de remojar las semillas durante 24 horas para beneficiar el proceso germinativo, por lo que se observó a temperatura ambiente que la germinación se pudo favorecer. El estudio realizado por Saa et al. (2022) también indicó el remojo de las semillas de Moringa previo a la germinación, que demostró ejercer un efecto positivo sobre la calidad de los germinados en comparación con los germinados obtenidos en ausencia de remojo previo.

El tratamiento de inmersión de las semillas en agua en otras especies de plantas ha demostrado un aumento de la germinación, ya que permite el ablandamiento de la cubierta lo que proporciona la entrada con mayor facilidad del agua y el oxígeno e inhabilita la dormición de las semillas (Gómez et al., 2022). El estudio realizado en Cuba por Padilla et al. (2012) ratifica que logró 86% de germinación con tiempos de remojo (24 y 48 horas). Otro estudio realizado por Moslehi et al., (2023) indicó valor de 88,1% de germinación en semillas de Moringa sometidas a 48 horas de remojo.

Las semillas pardas del lote 1 conservaron un elevado poder germinativo con más del 70% de germinación durante 180 días (6 meses), afectado posiblemente porque tenían 4 meses de cosechadas al comienzo del estudio. Esto indicó que el porcentaje de germinación fue bueno durante 10 meses, mientras que en el lote 2, el comportamiento de germinación fue bajo, con más de un 60% a los 60 días (2 meses). Éstas tenían 2 meses de cosechadas al inicio del estudio, por lo que se puede plantear que se mantuvo la viabilidad durante 4 meses de almacenamiento.

La germinación de las semillas pardas de ambos lotes estuvo influenciada por el tiempo de almacenamiento (Tabla 1), durante los 365 días

de evaluación. Se evidenció una tendencia a la disminución con el paso del tiempo. Mientras que los valores de las semillas blancas mostraron bajos porcentajes de germinación (Tabla 1).

De manera común para ambos lotes el estudio mostró una germinación mayor del 60% hasta los seis meses, con 50% de semillas germinadas entre los 5 a 8 días. Al respecto, Nouman et al. (2014) informaron que la tasa de germinación varió de 60% a 90% en Moringa; mientras que Toral et al. (2013) encontró valores entre 49% y 84% para diferentes genotipos de propia planta.

**Tabla 1**

Porcentaje de germinación en semillas pardas y blancas de Moringa almacenadas hasta 365 días

Tiempo (días)	Germinación semillas pardas (%)		Germinación semillas blancas (%)	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
0	78	66	14	10
60	77	76	50	19
120	79	63	-	9
180	83	41	-	3
240	68	23	-	2
300	37	3	-	-
365	32	2	-	-

El 50% de la germinación de las semillas pardas se registró a los cinco y siete días después de la siembra para el Lote 1 hasta los 240 días del estudio, mientras que para el Lote 2 se expresó entre el sexto y octavo días, hasta el día 120 de almacenaje (Figura 1). Posteriormente no se logró en ninguno de los lotes el 50% de germinación, que fue aumentando el número de días para alcanzarlo. El inicio de la germinación en las semillas blancas en ambos lotes estuvo entre el octavo y décimo día. Como puede estimarse (Tabla 2) la cantidad media de semillas germinadas del Lote 1 fue superior que el Lote 2. La variabilidad de los valores de la cantidad de semillas germinadas y las no germinadas, fue mayor 32,80% a 60,53%, respectivamente. Es de destacar que las no germinadas exhibieron mayor variabilidad. Al graficar la cantidad de semillas germinadas contra el tiempo de conservación de las semillas (Figura 2) se observó que la variabilidad obtenida, como la cantidad de semillas germinadas en el Lote 1 aumentó de forma exponencial, hasta los 180 días y después de ese tiempo comenzó a decrecer. Mientras que en el Lote 2 la cantidad de semillas germinadas disminuyó a partir de los 60 días.

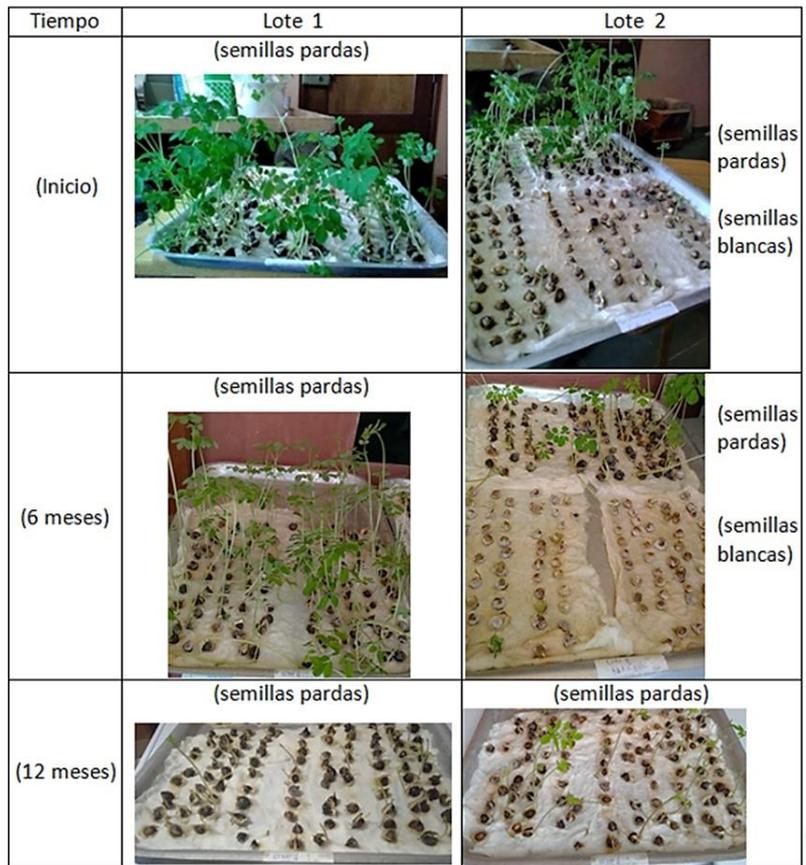


Figura 1. Germinación de las semillas en diferentes evaluaciones.

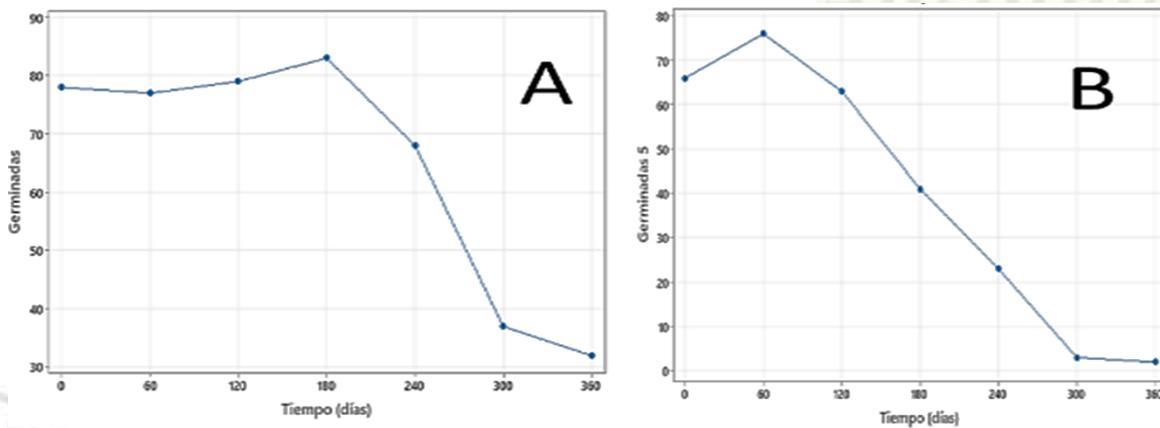


Figura 2. Gráficos de semillas pardas germinadas. A: Lote 1 y B: Lote 2.

**Tabla 2**  
Análisis estadístico descriptivo para semillas pardas germinadas y no germinadas

Variables	Semillas pardas			
	Germinadas		No germinadas	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
Media	64,86	39,1	35,14	60,9
DS	21,27	30,5	21,27	30,5
CV	32,80	78,04	60,53	50,20

La variabilidad entre los dos lotes de igual procedencia pudo deberse, en el caso del Lote 2,

además de a la diferencia de los tiempos de conservación, al corte de frutos y a la cosecha prematura o tardía, que pudo influir en la calidad de las semillas. Estudio realizado por López (2005) expuso que la cosecha de los frutos se realiza en el momento óptimo de maduración, porque lo contrario genera altos porcentajes de semillas vanas (20% - 38%), además, la germinación es variable entre las mismas especies, variedades y lotes, inclusive el progreso del deterioro varía entre especies y entre semillas del mismo lote.

Para el Lote 2 se encontró que la germinación comenzó a disminuir a partir de los 5 meses de almacenamiento, mientras que para el lote 4 inició a los 10 meses (se debe tener en cuenta el tiempo que llevaron conservadas antes del estudio). Esto demostró que la germinación disminuyó en función del tiempo de almacenamiento en condiciones incontroladas. Esto coincide con Valdés et al. (2018) que atribuyó esta variación principalmente a la condición y tiempo post cosecha de almacenamiento de la semilla, que influye de forma considerable en la tasa de germinación final.

El estudio realizado por Fotouo et al. (2020) mostró que las semillas de *M. oleifera* pierden su viabilidad y vigor entre 6 y 12 meses debido a las condiciones en las que son conservadas, es decir, la baja germinación es el primer signo de deterioro de las semillas. Aunque el presente estudio se realizó con semillas de 3 y 4 meses de almacenamiento a temperatura ambiente posterior a su colecta, el resultado de germinación se mostró acorde a la literatura. La elevada temperatura que sufrieron las semillas durante el período de conservación natural en un país tropical debió afectar la germinación. El remojo favoreció el proceso de absorción de agua, que a su vez promovió la activación de los mecanismos metabólicos que llevaron al primer signo visual, la salida de la radícula.

Según Harrington (1972), la longevidad de las semillas está influenciada por el ambiente del almacenamiento y las regiones tropicales son más pobres para su almacenamiento que las regiones templadas, por tanto, la viabilidad en el tiempo de almacenamiento es un problema mayor en las regiones tropicales. Barrios et al. (2022) plantean que la capacidad para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas son parámetros medibles para verificar la calidad de una semilla. Además, la máxima vitalidad es alcanzada con la madurez de las semillas y a partir de ese instante empiezan a perder su vigor, debido a que continúan respirando y gastan energía para conservar sus funciones vitales. Por otra parte,

**Tabla 3**  
Análisis fitoquímico de las semillas de *Moringa oleifera*

Ensayo	Muestras			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Alcaloides	+++	+++	+++	+++
Lactonas y coumarinas	++	++	++	++
Fenoles/Taninos	+++	+++	+++	+++
Flavonoides	+	+	+	+
Azúcares reductores	+++	+++	+++	+++
Saponinas	+	+	+	+
Aminoácidos	++	++	++	++
Quinonas	-	-	-	-
Antocianidina	++	++	++	++

diferentes atributos son considerados en la valoración de la calidad de la semilla, entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. Dentro de la calidad física están involucrados variables tales como: contenido de humedad, peso por volumen y pureza.

### Tamizaje fitoquímico

La Tabla 3 muestra resultados del tamizaje fitoquímico realizado a las muestras de semillas pardas de *Moringa oleifera* Lam. en tiempo 0 y 365 días. Se evidencia una alta reacción para fenoles/taninos, alcaloides y azúcar reductor, una reacción media para lactonas/ coumarinas, aminoácidos, antocianidina y una baja reacción para flavonoides y saponinas. No se evidenció la presencia de quinonas. Se encontró similitud de compuestos entre los lotes, lo que demostró que el almacenamiento no influyó en la presencia de los mismos. Benavente & Ccazo (2021) encontraron una elevada presencia de grupos taninos, alcaloides, flavonoides y saponinas en semillas de *Moringa oleifera*.

### Contenido de polifenoles y flavonoides totales

El contenido de polifenoles fue similar en todas las muestras (0,30 - 0,62 mg EAG/g MS). Igual tendencia se observó en el contenido de flavonoides con valores de 0,50 - 2,12 mg EQ/g MS (Tabla 4).

**Tabla 4**  
Cuantificación de polifenoles y flavonoides en semillas de *Moringa oleifera*

Semillas pardas	Polifenoles (mg EAG/g MS)	Flavonoides (mg EQ/g MS)
Lote 1 inicial	0,44±0,04	2,12±0,06
Lote 1 final	0,30±0,01	1,29±0,06
Lote 2 inicial	0,47±0,04	1,64±0,01
Lote 2 final	0,41±0,02	1,29±0,01

Los flavonoides fueron superiores a los polifenoles. El contenido de polifenoles fue inferior al referido por Cattán et al. (2022) (20 mg EAG/g MS). Por otra parte, los flavonoides en el presente estudio se fueron superiores al obtenido por el mismo autor que mostró valor de 0,25 mg EQ/g MS.

#### 4. Conclusiones

La disponibilidad de semilla de alta calidad es importante para todos los sectores de la agricultura, industria alimenticia y la salud. Se demostró que ocurre la pérdida de viabilidad de la semilla durante el almacenaje a partir de 365 días, proceso que es irreversible y que comienza desde el momento mismo de la cosecha, por lo que en un país tropical como Cuba, donde predominan altas temperaturas y humedad relativa, para asegurar cultivos sanos y de calidad se debe disponer de semillas que no sobrepasen seis meses de recolectadas. Se evidenció además que los metabolitos presentes en las semillas no varían durante el envejecimiento de las semillas almacenadas.

Se recomienda realizar estudios con semillas frescas y almacenadas en condiciones favorables para su conservación.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a MsC. Liz Bárbara Pereira Cuni del Departamento de Química. Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR). La Habana, Cuba por su apoyo en la determinación fitoquímica en el estudio, por permitirnos el acceso y por todo el apoyo otorgado.

#### Referencias bibliográficas

- Aleman, J., Saldaña, S., Torres, S., & Sebastian, P. (2025). The role of Moringa oleifera in the development of alternative biofuels, under the concept of an integral one-tree biorefinery: A minireview. *Bioprod. Bioref.*, 19(3), 942-962. <https://doi.org/10.1002/bbb.2738>
- Alvarado, E. R., Garay, J.R., Estrada, B., Martínez, J.C., Rojas, A. R., & Joaquín, S. (2020). Variación morfológica en *Moringa oleifera* Lam. A diferentes densidades de población. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 24, 166-76. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24>
- Barrios, E., Canul, J., Rangel, S., Hernández, M., & Hernández, E. (2022). Respuesta de semillas de moringa almacenadas a medio ambiente y artificial. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(2), 1762-74. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-025>
- Bao, Y., Xiao, J., Weng, Z., Lu, X., Shen, X., & Wang, F. (2020). A phenolic glycoside from *Moringa oleifera* Lam. improves the carbohydrate and lipid metabolisms through AMPK in db/db mice. *Journal Food Chemistry*, 311, 125948. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019>
- Bécquer, C.J., Cancio, T., Nápoles, J.A., Muir, I., Ávila, U., Álvarez, O. & Madrigal, Y. (2018). Selection of rhizobia due to their effect on germination and incipient development of *Moringa oleifera* Lam. Phase I: controlled conditions. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(4), 473-84.
- Bernabé, E. (2021). *Características morfológicas de la Moringa oleifera Lam en la fase de prendimiento post trasplante en río Verde, Santa Elena*. Tesis para optar el título de ingeniera Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. 20 pp. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6383>
- Benavente, K. & Ccazo, Y. (2021). *Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante de las hojas y semillas de Moringa oleifera (Moringa), Arequipa*. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Privada Autónoma Del Sur. Perú.
- Carrera, G., Calleja, J., Pernas, M., Gómez, L., Oñate, & L. (2020). An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*, 9, 703. <https://doi.org/10.3390/plants9060703>
- Cattan, Y., Patil, D., Vaknin, Y., Rytwo, G., Lakemond, C., & Benjamin, B. (2022). Characterization of *Moringa oleifera* leaf and seed protein extract functionality in emulsion model system. *Innovative Food*

- Science and Emerging Technologies*, 75, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102903>
- Esmeraldas-Cisneros, E., Pauca-Valdiviezo, K., & González-Buitrón, K. (2024). Comportamiento agronómico y productivo de la Moringa (*Moringa oleifera*) en tres edades de corte en la Granja Mishili de Santo Domingo de los Tsáchilas. *Revista Social Fronteriza*, 4(1), e159. [https://doi.org/10.59814/resofo.2024.4\(1\)e159](https://doi.org/10.59814/resofo.2024.4(1)e159)
- Farmacopea Británica. (2014). *Herbal Drugs and Herbal Drug Preparations*. Vol III. Farmacopea Británica.
- Fatma, A., Saleh, S., Ehab, M.B., Hany, S., Ahmed, M., Omneya, F.A., Ashwaq, T., Mosad, A., & Timothy, O. (2024). Genetic, phytochemical and morphological identification and genetic diversity of selected *Moringa* species. *Scientific Reports*, 14, 30476. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79148-x>
- Fotouo, H., Vorster, J., du Toit, E., & Robbertse, P. (2020). El efecto de los métodos naturales de envasado a largo plazo sobre los componentes antioxidantes y el contenido de malondialdehído y la viabilidad de las semillas oleaginosas de *Moringa oleifera*. *Revista sudafricana de botánica*, 129, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.10.017>
- Gómez, M., Orantes, C., Verdugo, V., Pozo, D., Moreno, R., & Sánchez, M. (2022). Contribución al conocimiento del árbol leche María (*Calophyllum brasiliense* Cambess, Clusiaceae): morfometría, viabilidad y germinación de semillas. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8, e0081009. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081009>
- Harrington, J. F. (1972). Seed storage and longevity. In *Seed Biology*. New York Ed. Academy Press. V. 3. p: 145-245.
- Lemmens, E., Moroni, A. V., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., & Karlen, Y. (2019). Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 305-328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
- López, D. (2005). Estructuración y dinámica de un semillero hortícola. In: Dirección Técnica de Semilleros Hortícolas. Curso de especialización. (eds. IM Cuadrado; MC García; MM Fernández). Ed FIAPA. Almería. pp 9-24.
- Luna, C. V. (2019). Establecimiento de un método eficiente de estandarización de la germinación in vitro de *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Act. Bot. Mex.*, 126, e1496. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1496>
- Menichetti, F., Berteotti, C., Schirinzi, V., Poli, C., Arrighi, R., & Leone, A. (2025) *Moringa oleifera* and Blood Pressure: Evidence and Potential Mechanisms. *Nutrients*, 17, 1258. <https://doi.org/10.3390/nu17071258>
- Miranda, M., & Cuellar, A. (2012). *Farmacognosia y Productos Naturales. Manual de Prácticas de Laboratorio*. La Habana: Félix Varela, Universidad de la Habana; pp. 34-50.
- Moslehi, M., Ahmadi, A., Hajebi, A., & Bahmani, M. S. (2023). Effect of leaching time and seed position on the germination and vegetative characteristics of *Moringa peregrina* (Forssk.). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 29(2), 133-146. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.09.0688>
- Nouman, W., Basra, S., Siddiqui, M., Yasmeen, A., Gull, T., & Alcaide, M. (2014). Potential of *Moringa oleifera* L. as livestock fodder crop: a review. *Turk J Agric For*, 38. <https://doi.org/10.3906/tar-1211-66>
- Ogunjinmi, E., & Oladipo, T. (2012). Preliminary Test of Phytochemical Screening of Extracts of Moringa Seed. *Journal of Applied Chemistry*, 3(2), 11-13.
- Padilla, C., Fraga, N., & Suárez, M. (2012). Efecto del tiempo de remojo de las semillas de Moringa (*Moringa oleifera*) en el comportamiento de la germinación y en indicadores del crecimiento de la planta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(4), 419-421.
- Saa, R., Fombang, E., Ndjantou, E., & Njintang, N. (2019). Treatments and uses of *Moringa oleifera* seeds in human nutrition: A review. *Food Sci Nutr*, 7, 1911-19. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1057>
- Toral, O., Cerezo, Y., Reino, J., & Santana, H. (2013). Caracterización morfológica de ocho procedencias de *Moringa oleifera* (Lam.) en condiciones de vivero. *Pastos y Forrajes*, 36(4), 409-416.
- Valdés, O., Pérez, A., & Muñoz, C. (2018). Efecto de peso y talla de semilla sobre plántulas de Moringa y Ricinus. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1411-22. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.734>
- Woisky, R., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *J. of Apic Research*, 37(2), 99-105. <https://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100961>