



## Producción de semilla de variedades de *Moringa oleifera* Lam según densidad de siembra y cosechas sucesivas<sup>1</sup>

### Seed production of *Moringa oleifera* Lam varieties according to planting density and successive harvests

J. L. Ledea-Rodríguez<sup>2,3</sup>, D. G. Benítez-Jiménez<sup>4</sup>, Y. Nuviola-Pérez<sup>4</sup>, J. V. Wright-Ramírez<sup>4</sup>, Laura Rubio-Sanz<sup>5</sup>

- <sup>1</sup> Recepción: 25 de marzo, 2022. Aceptación: 7 de junio, 2022. El resultado formó parte del proyecto intitulado “Contribución a la mejora de la alimentación animal, a partir de las producciones de semilla y biomasa forrajera de *Moringa oleifera* Lam, en ecosistemas ganaderos de la cuenca del Cauto”. Financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba.
- <sup>2</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. Carretera al Sur km. 5.5. CP. 23080. La Paz, Baja California Sur, México. ledea1017@gmail.com (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0001-5195-1496>).
- <sup>3</sup> Grupo de Nano Biotecnología y Biocontrol Microbiano. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Av. Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz 23090, México.
- <sup>4</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, carretera Manzanillo-Bayamo, km 7 ½, Granma, Cuba. dbenitez@dimitrov.cu (<https://orcid.org/0000-0002-1046-1885>); ynuviola@dimitrov.cu (<https://orcid.org/0000-0002-4136-7808>); jvray@dimitrov.cu (<https://orcid.org/0000-0001-6279-7447>).
- <sup>5</sup> Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Ctra. Boquerón, s/n, 38270, San Cristóbal De La Laguna (Sta. Cruz De Tenerife), España. laurarubio@a3ceres.com (<https://orcid.org/0000-0003-4144-4428>).

## Resumen

**Introducción.** *Moringa oleifera* Lam. es un árbol caducifolio de crecimiento perenne ontogenérico al crecimiento de las arbustivas. *Moringa* es el único género de la familia Moringaceae, los principales estudios de la especie *oleifera* se centran en la producción de forraje y muy pocos en la producción de semillas. **Objetivo.** Evaluar densidades de siembra y cosechas sucesivas para la producción de semillas de variedades de *M. oleifera* Lam, en un ecosistema degradado por la sequía estacional en Valle del Cauto, provincia Granma, Cuba. **Materiales y métodos.** El estudio se desarrolló del 2016 al 2018 en bancos de semillas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes (20° 27' 52,1" N 76° 40' 47" O) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, Cuba, mediante un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones, para un total de 64 tratamientos resultantes de la combinación entre densidad de siembra (4), variedades de *M. oleifera* (4) y número de cosechas (4). Las variables consideradas fueron: número de semillas por fruto, número de frutos por planta, longitud de frutos, peso de 100 semillas y rendimiento de semillas. **Resultados.** La variedad Criolla y Supergenius fueron las de mayor producción de semillas ( $p \leq 0,01$ ) (0,67 y 0,71 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), en la segunda cosecha en julio de 2017, respecto al resto de las cosechas y variedades en estudio. La variedad Supergenius aportó los mayores valores en el número de semillas/fruto, número de frutos/planta y longitud de los frutos/planta con 18,23, 32,08 y 49,18 cm, respectivamente. **Conclusión.** Las variedades de *M. oleifera* en estudio no tuvieron diferencias en el potencial de producción de semillas, la densidad de siembra no tuvo efecto, solo la realización de cosechas sucesivas cada seis meses condicionó una diferenciación en la producción de semillas.

**Palabras clave:** Moringaceae, variedades, estación húmeda, estación seca, Cuba.



## Abstract

**Introduction.** *Moringa oleifera* Lam. is a deciduous tree with perennial growth ontogenetic to the growth of shrubs. *Moringa* is the only genus of the Moringaceae family. The main studies of the species *oleifera* focus on forage production, and very few on seed production. **Objective.** To evaluate sowing densities and successive harvests for seed production of *M. oleifera* Lam varieties, in an ecosystem degraded by the seasonal drought in Cauto Valley, Granma province, Cuba. **Materials and methods.** The study was carried out from 2016 to 2018 in seed banks of the Pastures and Forages Experimental Station (20° 27' 52.1" N 76° 40' 47" W) of the "Jorge Dimitrov" Agricultural Research Institute, Cuba, through a randomized block design in factorial arrangement with four replications, for a total of 64 treatments resulting from the combination of sowing density (4), varieties of *M. oleifera* (4), and number of harvests (4). The variables considered were: number of seeds per fruit, number of fruits per plant, fruit length, 100-seeds weight, and seed yield. **Results.** The Criolla and Supergenius varieties had the highest seed yield ( $p \leq 0.01$ ) (0.67 and 0.71 t ha<sup>-1</sup>, respectively), in the second harvest in July 2017, compared to the rest of the harvests and varieties under study. The Supergenius variety provided the highest values in the number of seeds/fruit, number of fruits/plant, and fruits length/plant with 18,23, 32,08, and 49,18 cm, respectively. **Conclusion.** The varieties of *M. oleifera* under study had no differences in seed production potential, sowing density had not effect, only successive harvests every six months conditioned a differentiation in seed production.

**Keywords:** *Moringaceae*, varieties, wet season, dry season, Cuba.

## Introducción

*Moringa oleifera* es un árbol caducifolio de crecimiento perenne perteneciente a la familia Moringaceae, representado por trece especies, con marcadas diferencias entre ellas, entre las que se mencionan, hábito de crecimiento, morfología del árbol, producción de biomasa aérea, entre otras (Ahmed Hassanein & Abdulah Al-Soqeer, 2018). Su cultivo se desarrolla a lo largo del cinturón tropical y en ambientes extremos, donde se documentó gran plasticidad ecológica (Gandji et al., 2020), abarca diferentes regiones donde se utiliza en la alimentación de humanos y animales (Jacques et al., 2020). Las características del perfil bioquímico de hojas incluye: pigmentos fotosintéticos, minerales, metabolitos secundarios y proteínas (Özcan, 2020), de interés para la industria farmacéutica, cosmética (Athikomkulchai et al., 2021) y culinaria (Trigo et al., 2021).

Una de las partes de la planta de *Moringa oleifera* que posee mucha demanda son las semillas, este árbol demora, por lo general, seis meses para comenzar a producir semillas (Pérez et al., 2010), de estas, entre 35 y 45 % del peso puede llegar a estar constituido por aceite esencial, el cual contiene una gran variedad de compuestos antioxidantes y ácidos grasos de cadena corta (Zhao et al., 2019). Esta composición le otorga valor agregado por conservar su calidad, lo que contribuye a que sea empleado como emulsionante en productos farmacológicos, aderezo en la industria culinaria (Fu et al., 2021) y producción de biodiesel (Omonhinmin et al., 2020),

Otros usos de las semillas de *Moringa oleifera* son la filtración de agua, debido a sus propiedades floculantes (Nouhi et al., 2019; Paiva Sousa et al., 2020), o la confección de tortas para la alimentación animal a partir de la masa resultante en la extracción del aceite (Afolayan et al. 2020; Hansen et al., 2020). Su uso más habitual es la multiplicación de la especie, debido a las características que presentan las plantas que se obtienen a partir de reproducción sexual (mejor desarrollo radicular, foliar y crecimiento acelerado) respecto a las obtenidas por reproducción asexual (raíces cortas, crecimiento lento, dispersión de la copa) (Ledeá et al., 2018).

La importancia de producir semillas de *Moringa* ha sido subestimada por la confianza en la plasticidad ecológica de la especie, que es capaz de crecer en ambientes extremos (suelos salinos, erosionados, degradados,

sequía estacional, combinación de los factores mencionados, entre otros) (Tshabalala et al., 2020), sin embargo, Ferguson (1979) y Humphreys & Riveros (1986) señalaron como factores para lograr una producción estable de semilla: la densidad de siembra, especie o variedad a emplear, condiciones edafoclimáticas de cada región, método de siembra utilizado y la disponibilidad de recursos existentes, además de considerarse las afectaciones que se presentan por insectos una vez que las plantas han fructificado y que limitan la utilización de la semilla, este último aspecto hasta el momento no ha sido documentado. Lo antes mencionado pueden ser de los inconvenientes para la inexistencia de un sistema de manejo que permita la producción de semilla de *Moringa* de forma constante.

En Cuba, hay avances en la estructuración de un sistema de manejo para la producción de semilla de *Moringa*, donde se han considerado como criterios, el marco de siembra (combinación entre la distancia entre árboles y la forma de distribuirlos) y la variedad de *Moringa* (Ledea et al., 2018), sin embargo, debido a la edad de las plantas, no fue considerado el efecto del número de cosechas en la productividad de semillas, variable que sí ha sido validada en los sistemas de producción de forraje (Gadzirayi et al., 2019), pero en investigaciones relacionadas no ha sido contemplada para la producción de semillas, en este sentido Foidl et al. (2001) señalaron que la tendencia es la disminución de la producción en el tiempo.

El presente estudio tuvo como objetivo, evaluar densidades de siembra y cultivares de *Moringa* en cosechas sucesivas, en un ecosistema degradado por la sequía estacional del Valle del Cauto de la provincia Granma, Cuba.

## Materiales y métodos

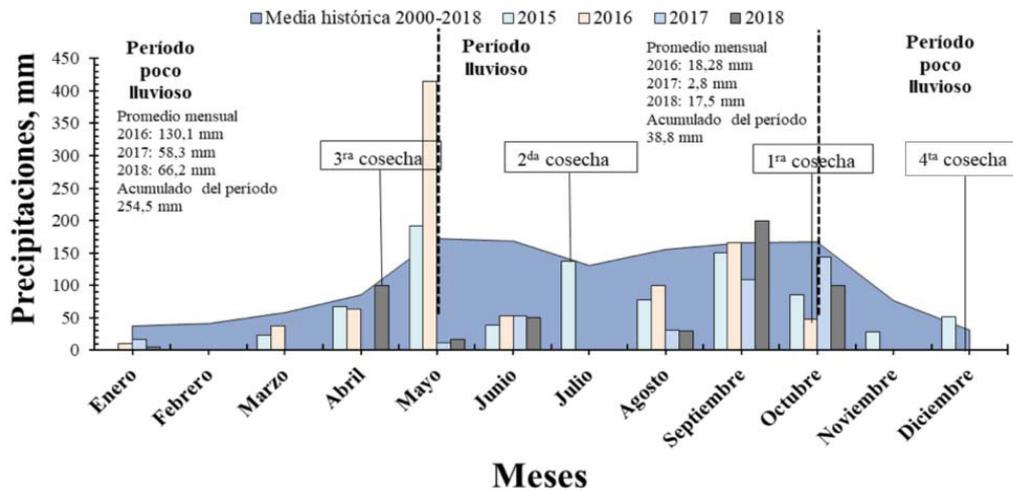
### Localización, clima y suelo

El estudio se desarrolló del 2016 al 2018, en los bancos de semillas ubicados desde el 2012 en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes (EPPF) (20° 27' 52,1" N 76° 40' 47" O), perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", en Bayamo, provincia Granma, Cuba, en un suelo fluvisol con buen drenaje. Desde el 2012 los bancos han sido tratados de forma convencional mediante tracción animal (arado, grada, cruce, grada, pase de rastrillo y nivelación) entre calles de surcos y cultivo de *Cannavalia* spp. como abono verde de forma permanente.

La zona de estudio fue caracterizada por precipitaciones medias anuales entre 800 y 1200 mm, temperatura media anual de 26 °C y humedad relativa del 77 % (Rosell et al., 2003). Durante el desarrollo experimental, el promedio de precipitaciones acumulado en los años 2000-2018 en el período de lluvias fue de 4702 mm y de 807,9 mm en el período de pocas lluvias. El régimen pluviométrico del período lluvioso en los años 2016, 2017 y 2018, fue de 2,55, 1,42 y 1,29 % de la precipitación acumulada, respectivamente, y en pocas lluvias 2,28, 0,35 y 2,16 %, respectivamente. Los datos reflejan, en función del acumulado de precipitaciones, la existencia de períodos de poca disponibilidad hídrica en el período de lluvias y de pocas lluvias (Figura 1).

### Material vegetal

Se utilizaron las variedades de *M. oleifera* denominadas Plain, Nicaragua, Supergenius y Criolla, que fueron introducidas en Cuba para ser evaluadas en función de las potencialidades de este cultivo en la alimentación humana y animal. Las semillas se obtuvieron de la India (variedad Supergenius), Afganistán (variedad Plain), Criolla y Nicaragua del jardín botánico de Cienfuegos, ubicado en el Occidente de Cuba.



**Figura 1.** Media histórica y régimen de precipitaciones durante el período de evaluación de cultivares de *Moringa oleifera* Lam.) y densidades de siembra, en cosechas sucesivas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018.

Líneas verticales discontinuas representan el inicio (de izquierda a derecha) y final del período lluvioso y poco lluvioso considerado en Cuba. Las burbujas con textos conectadas con cada mes mediante líneas continuas sugieren el momento en que se realizaron las cosechas, el texto dentro de cada burbuja refleja el número de cosecha (estas se efectuaron cada nueve meses desde lo que se denomina como primera cosecha).

**Figure 1.** Historical average and rainfall regime during the evaluation period of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) cultivars and sowing densities in successive harvest. Experimental Station of Pastures and Forages. Agricultural Research Institute “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018.

Broken vertical lines represent the beginning (from left to right) and end of the rainy and dry season considered in Cuba. The bubbles with texts connected to each month by continuous lines suggest the moment in which the harvests were made, the text inside each bubble reflects the harvest number (these were made every nine months from what is called the first harvest).

## Procedimiento experimental

En el 2015, posterior a un estudio que abarcó del 2012 a 2015, desarrollado por Ledea-Rodríguez et al. (2018), se estableció el tiempo de cosecha de las plantas cada nueve meses y se podó a 1,5 m de altura desde la base del tallo. Para el presente estudio el manejo se modificó a cosechas cada seis meses y podas a 1,5 m de altura, como alternativa para la rehabilitación del cultivo y estímulo para la producción de ramas, el procedimiento se repitió después de cada cosecha. Se aprovechó la actividad de corte de 2015 para transformar el marco de siembra 3x6 en 6x6, debido a problemas de crecimiento y desarrollo de las plantas.

Quedaron establecidos los marcos de siembra 3x1, 3x2, 3x3 y 6x6, los cuales se cosecharon a partir de enero de 2016. Para el presente estudio se consideraron las cosechas desde octubre de 2016 a diciembre de 2018.

Se marcaron de forma aleatoria tres plantas de las hileras centrales por parcela, de estas, al momento de cada cosecha, se seleccionaron de forma aleatoria tres ramas principales y se contó el número de frutos de estas, a estos frutos se les midió la longitud con una regla milimetrada y la cantidad de semillas en cada fruto, del total de semillas de los frutos que se colectaron de cada variedad, se contaron cien de forma aleatoria y se registró su peso (g). El rendimiento de semillas se determinó en cada cosecha (realizada cada seis meses), para ello se cosecharon todos los frutos de las plantas que se marcaron, los valores se consideraron en función de la densidad de siembra, expresándose en  $t\ ha^{-1}$ .

Dentro de las atenciones de los bancos, se contó con la aplicación de riego por aspersión a razón de 50 mm<sup>3</sup> cada veintidós días en la época de escasa precipitación, que comprende en el oriente de Cuba los meses de noviembre a abril.

### Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones, se evaluaron 64 tratamientos, resultantes de la combinación densidad de siembra (3x1 m, 3x2 m, 3x3 m y 6x6) con variedades de *M. oleifera* (Plain, Criolla, Nicaragua y Supergenius) y número de cosechas (4). Se consideraron como unidades experimentales parcelas de 12 x 18 m y como unidades muestrales hileras centrales, una vez eliminados los efectos de bordes.

### Análisis estadístico

Los datos se procesaron con el software Statistica versión 12,0, se comprobó la normalidad de los mismos a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) y la homogeneidad de varianza a través de la prueba de Stevenson Bartlett (1937). Se realizaron análisis de varianza de clasificación doble, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey HSD. El modelo estadístico [1] empleado en cada uno de los ANDEVA fue el siguiente:

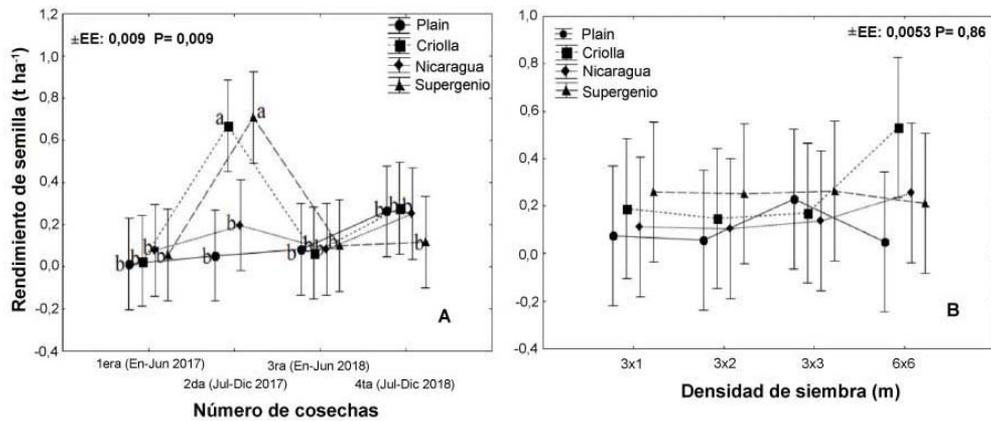
$$Y_{ijkl} = \mu + DS_i + V_j + C_k + (DS \times V)_{ij} + (DS \times C)_{ik} + (V \times C)_{jk} + (DS \times V \times C)_{ijk} + B_l + e_{ijkl} \quad [1]$$

$Y_{ijkl}$  = variable respuesta;  $\mu$  = media de la población;  $DS_i$  = efecto de la  $i$ -ésima densidad de siembra ( $i=1, \dots, 4$ );  $V_j$  = efecto del  $j$ -ésima variedad ( $j=1, \dots, 4$ );  $C_k$  = efecto de la  $k$ -ésima cosecha ( $k=1, \dots, 4$ );  $(DS \times V)_{ij}$  = efecto combinado de la  $i$ -ésima densidad de siembra y la  $j$ -ésima variedad;  $(DS \times C)_{ik}$  = efecto combinado de la  $i$ -ésima densidad de siembra y la  $k$ -ésima cosecha;  $(V \times C)_{jk}$  = efecto combinado de la  $j$ -ésima variedad y la  $k$ -ésima cosecha;  $(DS \times V \times C)_{ijk}$  = efecto combinado de la  $i$ -ésima densidad de siembra en la  $j$ -ésima variedad en la  $k$ -ésima cosecha;  $B_l$  = efecto del bloque ( $l=1, \dots, 4$ );  $e_{ijkl}$  = error aleatorio  $\sim N(0, \sigma^2e)$ .

## Resultados

Solo se obtuvo efecto de la interacción de los factores número de cosechas, densidad de siembra y variedades de Moringa, en el rendimiento de semillas por hectárea (t ha<sup>-1</sup>). La interacción de tercer grado no tuvo efecto ( $p \geq 0,05$ ) en las variables en estudio, solo la interacción de segundo grado (variedad con número de cosechas) resultó significativa ( $p \leq 0,05$ ) para el rendimiento de semillas (t ha<sup>-1</sup>) (Figura 2A), no así ( $p \geq 0,05$ ) la interacción variedad con densidad de siembra (Figura 2B). El mayor rendimiento de semillas ( $p \leq 0,01$ ) se obtuvo en la segunda cosecha con las variedades Criolla (0,67 t ha<sup>-1</sup>) y Supergenius (0,71 t ha<sup>-1</sup>), respecto al resto de los cultivares y cosechas desarrolladas (Figura 2A).

En la evaluación de los factores, la variedad influyó en indicadores relacionados con la producción de semillas (Figura 3). Para el número de semillas/frutos (Figura 3 a) y longitud de los frutos (Figura 3 c), las variedades Nicaragua y Supergenius expresaron diferencias ( $p \leq 0,01$ ) con valores de 17,81 y 18,23 semillas/fruto y 47,34 y 49,18 cm de longitud de frutos, respectivamente, se diferenciaron de las variedades Plain y Criolla, con valores de 15,78 y 15,52 semillas/fruto y 42,78 y 29,97 cm de longitud de los frutos, respectivamente.

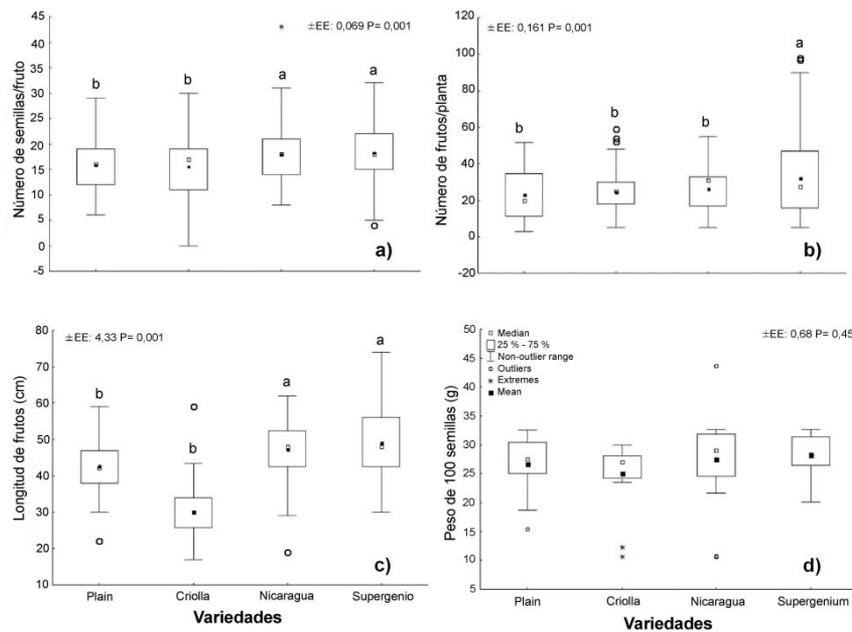


**Figura 2.** Efecto combinado de número de cosecha y variedades de *M. oleifera* (A) y densidad de siembra con variedades (B), en el rendimiento de semillas por hectárea. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018.

Líneas verticales representan la desviación estándar ( $\pm$ DE).

**Figure 2.** Combined effect of harvest number and varieties of *M. oleifera* (A) and sowing density with varieties (B) on seed yield per hectare. Experimental Station of Pastures and Forages. Agricultural Research Institute “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018.

Vertical lines represent standard deviation ( $\pm$ SD).



**Figura 3.** Variables respuesta de la producción de semillas de las variedades de *M. oleifera* evaluadas en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018. a) Número de semillas por fruto; b) número de frutos por planta; c) longitud de frutos; d) peso de 100 semillas.

Para la variable número de semillas/fruto se alcanzó la significación mediante la transformación  $\sqrt{x+8.5}$ ; número de frutos/planta a través de  $\sqrt{x}$ ; y rendimiento de semillas/ha<sup>-1</sup> mediante  $\sqrt{x+5.5}$ .

**Figure 3.** Response variables of the seed production of the varieties of *M. oleifera* evaluated at the Experimental Station of Pastures and Forages. Agricultural Research Institute “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018. a) Number of seeds per fruit; b) number of fruits per plant; c) fruit length; d) 100 seed weight.

For the variable number of seeds/fruit, significance was achieved through the transformation  $\sqrt{x+8.5}$ ; number of fruits/plant through  $\sqrt{x}$ ; and seed yield ha<sup>-1</sup> by  $\sqrt{x+5.5}$ .

En el número de frutos/planta (Figura 3 b) la variedad Supergenium superó ( $p \leq 0,001$ ) al resto de las variedades con un valor de 32,08 frutos/planta, diferente del resto de las variedades, para las cuales, los valores variaron entre 23 y 26 frutos/planta. El peso de 100 semillas (g) (Figura 3 d) no mostró diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ), los valores variaron entre 25 y 28 g.

Al valorar el efecto de la densidad de siembra en las variables productivas, hubo efecto significativo para la longitud de los frutos ( $p \leq 0,007$ ), pero no significativo en el resto de las variables evaluadas ( $p \geq 0,05$ ) (Cuadro 1). Para el número de semillas/fruto los intervalos variaron entre 16 y 17, 26 y 27 en el número de frutos/planta, 25 y 28 el peso de las semillas. Los porcentajes del coeficiente de variación se mostraron bajos para todas las variables ( $\leq 30$  %). En el número de cosechas (Cuadro 2), las variables consideradas (número de semillas/fruto, número de frutos por planta y peso de 100 semillas), fueron afectadas significativamente ( $p \leq 0,001$ ) por este efecto.

**Cuadro 1.** Respuesta de las variedades de *M. oleifera* evaluadas bajo diferentes densidades de plantación en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018.

**Table 1.** Response to varieties of the *M. oleifera* evaluate under different sowing densities at the Experimental Station of Pastures and Forages. Agricultural Research Institute “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018.

Densidad de siembra	Número de semillas/ fruto*	Número de frutos/ planta**	Longitud de frutos (cm)	Peso de 100 semillas (g)
3x1	17,01±5,08	27,85±14,74	41,38±9,97bc	28,28±5,86
3x2	16,48±5,12	25,01±14,69	42,54±10,66b	26,52±5,83
3x3	16,88±5,11	26,80±14,67	40,30±10,92c	27,03±5,85
6x6	16,98±5,15	26,54±14,79	45,04±11,49a	25,69±5,75
±EE	0,004	0,066	1,017	0,54
P	0,35	0,37	0,007	0,64
CV, %	5,62	8,65	10,68	7,42

\*La significación se alcanzó mediante la transformación  $\sqrt{x+8,5}$ ; \*\* $\sqrt{x}$ ; ±EE: error estándar; p: pvalor; CV, %: coeficiente de variación. / \*Significance was reached by the transformation using  $\sqrt{x+8,5}$ ; \*\* $\sqrt{x}$ ; ±SE: standard error; P: Pvalue; CV, %: coefficient of variation.

**Cuadro 2.** Comportamiento de las variables respuesta en cada una de las cosechas de semilla de variedades de *M. oleifera*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018.

**Table 2.** Behavior of the response variable in each of the harvests for seed productivity of *M. oleifera* varieties. Experimental Station of Pastures and Forages. Agricultural Research Institute “Jorge Dimitrov”. Cuba. 2016-2018.

Número de cosechas	Número semillas/fruto*	Número frutos/planta**	Peso de 100 semillas (g)
En-Jun 2017	5,15 (18,28)	5,41 (32,16±20,13)	19,40±5,65
Jul-Dic 2017	5,03 (17,08)	5,03 (26,15±9,09)	27,90±2,22
En-Jun 2018	4,61 (12,85)	5,89 (35,22±8,63)	29,50±1,91
Jul-Dic 2018	5,25 (19,19)	3,51 (12,97±5,96)	30,72±3,99
±EE	0,140	0,52	2,56
P	0,001	0,001	0,001
CV, %	29,78	55,66	21,50

\*Valores entre paréntesis corresponden a promedios reales de la transformación mediante  $\sqrt{x+8,5}$ ; \*\* $\sqrt{x}$ ; ±: después de cada valor sugiere error estándar; p: pvalor; CV, %: coeficiente de variación. / \*Values in parentheses correspond to real averages of the transformation using  $\sqrt{x+8,5}$ ; \*\* $\sqrt{x}$ ; ±: after each value suggests standard error; p: Pvalue; CV, %: coefficient of variation.

## Discusión

El comportamiento productivo en función del número de cosechas, coincide con observaciones desarrolladas por Ayerza (2012) y Foidl et al. (2001). Los marcos de plantación referidos por Ayerza (2012), indicaron densidades similares a las empleadas en el presente estudio, este autor observó que los años de cosecha, la edad de las plantas y el ecosistema afectaron la productividad de semillas, pero no su contenido de aceite. Para el presente estudio podría considerarse como prometedora la producción de semillas de las variedades Criolla y Supergenius en la segunda cosecha, donde las plantas antes de fructificar estuvieron expuestas a solo tres meses de lluvias; el resto de la disponibilidad hídrica fue asistida mediante riego, lo cual indicó un potencial productivo en las condiciones del Valle del Cauto de la provincia Granma, identificado con afectaciones en el régimen pluviométrico (distribución y volumen) y suelos de bajo contenido de materia orgánica (MO) (Ponce Palma et al., 2020; Vega Albi et al., 2021).

En relación con las variables que se relacionan con la producción de semillas, en la presente evaluación mostraron el patrón de la familia Moringaceae descritos por Foidl et al. (2001), Olson y Fahey (2011) y Porrotta (2014). Los promedios se encontraron dentro del intervalo descrito por Foidl et al. (2001), quienes describieron la longitud de los frutos entre 20 y 60 cm, de 12 y 35 semillas/frutos y peso de 100 semillas entre 29 y 30 g. Referente al número de semillas/fruto, las variedades en estudio manifestaron valores muy cercanos al valor mínimo (12) y para el peso de 100 semillas los valores de referencia superaron los obtenidos en el presente trabajo, de lo cual se interpreta que se obtuvieron pocas semillas por fruto y de bajo peso específico. Esto se puede relacionar con las presiones ambientales como la sequía, altas temperaturas, alta humedad relativa, tipo de suelo, edafología, condiciones de crecimiento, factores bióticos, entre otros (Valdés-Rodríguez et al., 2018), lo cual afecta la eficiencia enzimática del metabolismo energético de la planta tanto en su desarrollo, como en el proceso de floración, fructificación y senescencia, lo que genera plantas productoras de pocas semillas y de bajo peso específico, aunque ello no se relacione con la calidad de las mismas (Condori-Apfata et al., 2019). Con base en lo antes indicado, la expresión de pocas semillas por fruto y de bajo peso se podría vincular con procesos de ajuste/adaptación de las variedades en estudio, para poder favorecer desde el equilibrio energético los órganos reproductivos (Azcón-Bieto & Talón, 2013; Taiz & Zeiger, 2006).

El efecto de la densidad de siembra, al condicionar la longitud del fruto pero, sin favorecer el rendimiento de semillas y otras variables consideradas en el presente estudio, podría estar relacionado con el espacio vital que le permite un adecuado desarrollo a la planta (Sosa-Rodríguez et al., 2017). La densidad de siembra se ha explorado con intereses forrajeros pero muy poco como alternativa para el incremento de la productividad de semillas (Ayerza, 2012; Foidl et al., 2001; Foidl et al., 2003), por lo que, de momento no se cuenta con un argumento sustentado en la fisiología de la planta que pueda explicar por qué el desarrollo de la planta en función del espacio vital puede favorecer la longitud del fruto.

Antes de la primera cosecha (octubre de 2016), las plantas estuvieron expuestas a cinco meses de precipitaciones y solo a tres meses para la segunda cosecha (julio de 2017), mientras que para la tercera (abril de 2018) las plantas crecieron y fructificaron solo con el riego asistido. Sin embargo, para la cuarta cosecha (diciembre de 2018), las plantas recibieron el volumen de precipitaciones del período de lluvias, de lo que se infiere que el régimen hídrico no determinó la productividad de las variedades en estudio, no obstante, se recomienda el desarrollo de estudios que consideren la disponibilidad hídrica para la producción de semillas, ya que solo se han orientado al estado de plántulas (Hasan et al., 2020; Sadak et al., 2020), donde son más evidentes los efectos del déficit hídrico.

Referente al número de cosechas, en un monitoreo no experimental, Foidl et al. (2003) constataron que la producción de semilla disminuyó en función del tiempo, en las condiciones del presente estudio no se observó este efecto, lo cual pudiera estar vinculado con la plasticidad ambiental del género o alguna adaptación a las condiciones de crecimiento, pero debido a las características del presente estudio, no se podría afirmar con seguridad.

## Conclusiones

En un ecosistema afectado por la intensa sequía estacional las variedades de *M. oleifera* Lam no expresaron diferencias en el potencial de producción de semillas, tampoco por efecto de diferentes densidades de siembra. Solo la realización de cosechas cada seis meses condicionó una diferenciación en la producción de semillas.

## Agradecimientos

Se agradece a la Lic. Biología Giselle Rosell Alonso e Ing. José Marcelino Cruz Tejeda por sus aportes en el establecimiento de los experimentos y apoyo en las mediciones desarrolladas, a los auxiliares de investigación de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes por sus aportes para el desarrollo de la investigación y mantenimiento de los cultivares como banco de semillas.

A los revisores, quienes propiciaron una mejora sustancial de la propuesta a publicar.

## Referencias

- Afolayan, M., Iliya, M. M., Bawa, G. S., & Alayande, L. (2020). Performance of broiler chickens fed graded dietary inclusion levels of moringa (*Moringa oleifera*) seed cake. *Nigerian Journal of Animal Production*, 47(2), 107–114. <https://doi.org/10.51791/njap.v47i2.108>
- Ahmed Hassanein, A. M. A., & Abdulah Al-Soqeer, A. A. (2018). Morphological and genetic diversity of *Moringa oleifera* and *Moringa peregrina* genotypes. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 59, 251–261. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0024-0>
- Athikomkulchai, S., Tunit, P., Tadtong, S., Jantrawut, P., Sommano, S. R., & Chittasupho, C. (2021). *Moringa oleifera* seed oil formulation physical stability and chemical constituents for enhancing skin hydration and antioxidant activity. *Cosmetics*, 8(1), Article 2. <https://doi.org/10.3390/COSMETICS8010002>
- Ayerza, R. (2012). Seed and oil yields of *Moringa oleifera* variety Periyakalum-1 introduced for oil production in four ecosystems of South America. *Industrial Crops and Products*, 36(1), 70–73. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.08.008>
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill.
- Condori-Apfata, J. A., Batista-Silva, W., Barbosa Medeiros, D., Vargas, J. R., Lopes Valente, L. M., Heyneke, E., Pérez-Díaz, J. L., Fernie, A. R., Araújo, W. L., & Nunes-Nesi, A. (2019). The Arabidopsis E1 subunit of the 2-oxoglutarate dehydrogenase complex modulates plant growth and seed production. *Plant Molecular Biology*, 101, 183–202. <https://doi.org/10.1007/s11103-019-00900-3>
- Ferguson, J. E. (1979). Sistemas de producción de semillas para especies de pastos en América Latina Tropical. En L. E. Tergas, & P. A. Sánchez (Eds.), *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos* (1ª ed., pp. 275–283). Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Foidl, N., Makkar, H., & Becker, K. (2001, October 20 - November 2). *The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses*. What development potential for Moringa products?, Dar Es Salaam, Tanzania. <https://bit.ly/3wTXvXI>
- Foidl, N., Mayorga, L., & Vásquez, W. (2003, mayo 19). *Utilización del marango (Moringa oleifera) como forraje fresco para ganado*. Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica”. <http://www.moringanews.org/documents/foildspanish.pdf>

- Fu, X., Su, J., Hou, L., Zhu, P., Hou, Y., Zhang, K., Li, H., Liu, X., Jia, C., & Xu, J. (2021). Physicochemical and thermal characteristics of *Moringa oleifera* seed oil. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 4(3), 685–695. <https://doi.org/10.1007/s42114-021-00302-4>
- Gadzirayi, C. T., Kubiku, F., Mupangwa, J., Masamha, B., & Mujuru, L. (2019). The Effect of provenance, plant spacing and cutting interval on leaf biomass yield of *Moringa oleifera* Lam. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 83(1), 25–33. <https://doi.org/10.1080/00128325.2018.1511174>
- Gandji, K., Tovissodé, F. C., Azihou, A. F., Akpona, J. D. T., Assogbadjo, A. E., & Kakaï, R. L. G. (2020). Morphological diversity of the agroforestry species *Moringa oleifera* Lam. as related to ecological conditions and farmers' management practices in Benin (West Africa). *South African Journal of Botany*, 129, 412–422. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.10.004>
- Hansen, H. H., Ebeid, H. M., El-Bordeny, N. E. S., & Hassan, F. (2020). *In vitro* evaluation of moringa whole seed cake as a feed ingredient to abate methane emission from ruminants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 23(5), 994–1002.
- Hasan, M. M., Alharby, H. F., Uddin, M. N., Ali, M. A., Anwar, Y., Fang, X. W., Hakeem, K. R., Alzahrani, Y., & Hajar, A. S. (2020). Magnetized water confers drought stress tolerance in moringa biotype via modulation of growth, gas exchange, lipid peroxidation and antioxidant activity. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1625–1636. <https://doi.org/10.15244/pjoes/110347>
- Humphreys, L. R., & Riveros, F. (1986). *Seed production of tropical pastures*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Jacques, A. S., Arnaud, S. S. S., Fréjus, O. H., & Jacques, D. T. (2020). Review on biological and immunomodulatory properties of *Moringa oleifera* in animal and human nutrition. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.5897/JPP2019.0551>
- Ledeá, J. L., Rosell, G., Benítez, D. G., Cruz, J. M., & Arias, R. C. (2018). Sprouting and development of *Moringa oleifera* Lam plantlets, established with agamic seed. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(1), 97–103. <https://www.cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/784>
- Ledeá-Rodríguez, J. L., Rosell-Alonso, G., Benítez-Jiménez, D. G., Arias-Pérez, R. C., Ray-Ramírez, J. V., & Reyes-Pérez, J. J. (2018). Producción de semillas de variedades de *Moringa oleifera* Lam en el Valle del Cauto. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 415–423. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29545>
- Massey, F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46(253), 68–78. <https://doi.org/10.1080/01621459.1951.10500769>
- Nouhi, S., Kwaambwa, H. M., Gutfreund, P., & Rennie, A. R. (2019). Comparative study of flocculation and adsorption behaviour of water treatment proteins from *Moringa peregrina* and *Moringa oleifera* seeds. *Scientific Reports*, 9, Article 17945. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54069-2>
- Olson, M. E., & Fahey, J. W. (2011). *Moringa oleifera*: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1071–1082. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.678>
- Omonhinmin, C., Olomukoro, E., Ayoola, A., & Egwim, E. (2020). Utilization of *Moringa oleifera* oil for biodiesel production: A systematic review. *AIMS Energy*, 8(1), 102–121. <https://doi.org/10.3934/ENERGY.2020.1.102>
- Özcan, M. M. (2020). *Moringa* spp: Composition and bioactive properties. *South African Journal of Botany*, 129, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.017>

- Paiva Sousa, A. M., Oliveira Salles, H., de Oliveira, H., Pinheiro de Souza, B. B., Cardozo Filho, J. L., Nogoceke Sifuentes, D., Viana Prates, M., Bloch Junior, C., Porto Bemquerer, M. P., & do Egito, A. S. (2020). Mo-HLPs: New flocculating agents identified from *Moringa oleifera* seeds belong to the hevein-like peptide family. *Journal of Proteomics*, 217, Article 103692. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.103692>
- 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), 1–16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119492001>
- Ponce Palma, I., La O Arias, M., Nahed Toral, J., & Guevera Hernández, F. (2020). Social learning by small ruminant farmers in Granma, Cuba. In M. Arce Ibarra, M. R. Parra Vázquez, E. Bello Baltazar, & L. Gomes de Araujo (Eds.), *Transdisciplinary experiences in Latin America* (pp. 271–290). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-49767-5>
- Porrotta, J. (2014). *Moringa oleifera* Lam. In A. Roloff, H. Weisgerber, U. M. Lang, B. Stimm, & P. Schütt (Eds.), *Enzyklopädie Der Holzgewächse, Handbuch Und Atlas Der Dendrologie* (pp. 1–8). Wiley-VCH Verlag GmbH & co.
- Rosell, P. A., Lemes, B., Jiménez, A., Peña, S., & Milán, C. (2003). *Diagnóstico urbano-ambiental*. OPPM.
- Sadak, M. S., Abdalla, A. M., Abd Elhamid, E. M., & Ezzo, M. I. (2020). Role of melatonin in improving growth, yield quantity and quality of *Moringa oleifera* L. plant under drought stress. *Bulletin of the National Research Centre*, 44, Article 18. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-0275-7>
- Sosa-Rodríguez, A. A., Ledea-Rodríguez, J. L., Estrada-Prado, W., & Molinet-Salas, D. (2017). Efecto de la distancia de siembra en variables morfoagronómicas de moringa (*Moringa oleifera*). *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 207–211. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21430>
- Stevenson Bartlett, M. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A - Mathematical and Physical Sciences*, 160(901), 268–282. <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Vol. 1). Universitat Jaume I, D. L.
- Trigo, C., Castelló, M. L., Dolores Ortolá, M., García-Mares, F., & Desamaparados Soriano, M. (2021). *Moringa oleifera*: An unknown crop in developed countries with great potencial for industry and adapted to climate change. *Foods*, 10(1), Article 31. <https://doi.org/10.3390/foods10010031>
- Tshabalala, T., Ncube, B., Moyo, H. P., Abdel-Rahman, E. M., Mutanga, O., & Ndhkala, A. R. (2020). Predicting the spatial suitability distribution of *Moringa oleifera* cultivation using analytical hierarchical process modelling. *South African Journal of Botany*, 129, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.04.010>
- Valdés-Rodríguez, O. A., Pérez-Vázquez, A., & Muñoz-Gamboa, C. (2018). Efecto de peso y talla de semilla sobre plántulas de *Moringa* y *Ricinus*. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1411–1422. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.734>
- Vega Albi, A. M., Herrera Garcia, R. S., Torres Cardenas, V., Lamela López, L., Montejo Sierra, I., Santana Pérez, Á. A., Cino Nodarse, D. M., & Cabrales García, C. (2021). Use of the impact index to interpret the influence of factors that influence on the age at incorporation to the female Charolaise reproduction. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(3), 291–303. <https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1024>
- Zhao, B., Li, H., Lan, T., Wu, D., & Chen, Z. (2019). Characterization of the chemical composition of chinese *Moringa oleifera* seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(5), 523–533. <https://doi.org/10.1002/aocs.12203>