

## Análisis y ajuste de curvas de crecimiento de *Moringa oleífera* Lam. en diferentes sustratos

Analysis and growth curves fitting of *Moringa oleífera* Lam. on different substrata

**Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez<sup>1</sup>**, Caupolicán Muñoz-Gamboa<sup>2</sup>✉, Arturo Pérez-Vázquez<sup>1</sup> y Luz Esmeralda Martínez-Pacheco<sup>3</sup>

<sup>1</sup>LPI3 Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, andrea.valdes@colpos.mx; parturo@colpos.mx.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F. cmg@xanum.uam.mx ✉ Autor por correspondencia

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Tantoyuca, Tantoyuca, Veracruz, kmapache\_27@hotmail.com

### RESUMEN

Actualmente no existen modelos de crecimiento disponibles para la especie *Moringa oleífera* en el trópico mexicano, por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar curvas de crecimiento de plántulas de *M. oleífera* bajo condiciones de invernadero y en seis sustratos con diferente contenido nutricional: arenoso (A), franco-arenoso (FA), arcilloso (AC) y composta de cachaza de caña (C) mezclada en proporciones de A2:C1, A1:C1 y A1:C2. Los análisis de suelos detectaron contenidos de Nitrógeno de 1.5, 1.6, 0.2 y 0% para C, AC, Fa y A, respectivamente. Se realizaron mediciones de longitud y diámetro del tallo, número de hojas, largo y ancho de la hoja, cada cuatro días después de la germinación y durante 36 días. Los grupos de curvas obtenidas fueron comparadas contra tres modelos de crecimiento: Chapman-Richards, Gompertz y Logístico. Se encontraron diferencias significativas en diámetro, altura de tallo y número de hojas entre el sustrato A y los otros a partir de los 20 días ( $P < 0.05$ ). Los sustratos A1:C1 y A1:C2 permitieron tasas de crecimiento mayores en altura y diámetro de tallo, seguidos del sustrato A2:C1 y los sustratos FA y AC. Los modelos que mejor ajuste tuvieron con las curvas de crecimiento fueron el Logístico, con coeficientes de determinación de 0.96 y Gompertz con 0.95. Se concluye que una combinación A1:C1 fue suficiente para obtener altas tasas de crecimiento en *M. oleífera* y que los modelos Gompertz y Logístico permitieron predecir este crecimiento en diferentes sustratos durante su fase de vivero.

**Palabras clave:** modelos de crecimiento, Chapman-Richards, Gompertz, Logístico.

## ABSTRACT

There are currently no available growth models for the species *Moringa Oleifera* in the Mexican tropics. The objective of this research was to analyze seedling growth curves of *M. oleifera* under greenhouse conditions and six substrates with different nutritional content: sand (A), sandy loam (FA), clay (AC) and sugar cane compost (C) mixed in proportions of A2:C1, A1:C1 and A1:C2. Soil analysis detected Nitrogen contents of 1.5, 1.6, 0.2 and 0% for C, AC, F and A, respectively. Once germinated and during a period of 36 days, length and stem diameter, leaf number, leaf length and width were measured every four days. The resulting groups of curves were compared against three growth models: Chapman-Richards, Gompertz and Logistic. There were significant differences in stem diameter, height and number of leaves between substrate A and the others after 20 days ( $P < 0.05$ ). Substrates A1:C1 and A1:C2 allowed higher growth rates in height and stem diameter, followed by substrates A2:C1, FA and AC. Logistic and Gompertz were the two models that best fit the growth curves, with coefficients of determination of 0.96 and 0.95, respectively. We conclude that a combination A1:C1 was sufficient to obtain high growth rates in *M. oleifera* during nursery stage, while Gompertz and Logistic models were able to predict the growth on different substrates.

**Keywords:** Growth models, Chapman-Richards, Gompertz, Logistic.

## INTRODUCCIÓN

Los modelos de crecimiento son ampliamente usados para estimar las dimensiones a cierta edad de diversas especies maderables (Carrero *et al.*, 2008). Sin embargo, existen pocas referencias sobre especies con otros usos, como *Moringa oleifera*, especialmente para evaluar el crecimiento comparativo en diferentes sustratos y durante su etapa de vivero.

Siendo *M. oleifera* una especie con gran potencial de aprovechamiento alimentario (Alfaro y Martínez, 2008) y sobre la que se tienen pocas experiencias en México, es importante determinar los sustratos más favorables para su desarrollo, así como generar modelos que permitan estimar su desempeño, iniciando desde la etapa de crecimiento en vivero, ya que es la fase inicial para su propagación. Por tal razón, esta investigación se propuso evaluar tres modelos de crecimiento: Chapman-Richards, Gompertz y Logístico, para

determinar el que mejor se ajusta a las curvas de esta especie durante su estancia en vivero y en diferentes sustratos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en las instalaciones del campus Veracruz del Colegio de Postgraduados, localizado en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. Se sembraron 144 semillas de *M. oleifera* en bolsas individuales de 15x20 cm, las que fueron dispuestas en un bloque al azar con seis sustratos de diferente textura y contenido nutrimental. Estos sustratos fueron de tipo arenoso (A), franco-arenoso (FA), arcilloso (AC) y composta de cachaza de caña (C) mezclada en proporciones de A2:C1, A1:C1 y A1:C2.

Se realizaron análisis de suelos de cada sustrato y se detectaron contenidos de Nitrógeno (N) de 1.5, 1.6, 0.2 y 0% para C, AC, FA y A, respectivamente. Las bolsas fueron

colocadas dentro de un vivero cerrado con malla anti-áfida y regadas cada dos días. Una vez que cada semilla germinó, cada cuatro días y durante un total de 36 días se realizaron las mediciones de la longitud del tallo, el diámetro del tallo, el número de hojas compuestas, así como el largo y el ancho de la hoja compuesta.

Con los datos de cada parámetro se obtuvieron las curvas polimórficas correspondientes y aplicando el método del índice de sitio (Hernández, 2010), se estimaron los valores de B1 y B2 que mejor ajuste proporcionaban a los modelos: Chapman-Richards, Gompertz y Logístico. Para determinar el modelo que mejor representaba cada patrón de crecimiento se calculó el coeficiente de determinación para regresiones múltiples de cada conjunto de curvas por parámetro medido y por sustrato (Zar, 1999). Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos se corrieron pruebas de análisis de varianza de una vía, y pruebas post-hoc mediante el método de Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque los sustratos no presentaron diferencias en las tasas de crecimiento durante los primeros 10 días siguientes a la germinación; después de los 20 días y hasta los 36 días, el sustrato A1:C1, fue el que proporcionó la mayor velocidad de crecimiento del tallo, como se muestra en la figura 1. A su vez, el número de hojas y el área foliar de las plántulas de *M. oleífera*, también fue mayor en

este sustrato, seguido muy cercanamente por el sustrato A1:C2 (Figura 2).

Es importante hacer notar que los sustratos A1:C2 y AC, aunque poseían un mayor contenido de N, tuvieron velocidades de crecimiento en altura estadísticamente menores que el sustrato A1:C1 ( $P < 0.05$ ). Estos resultados posiblemente se deban a la estructura radical napiforme de esta planta, que se vio más limitada y negativamente afectada por el exceso de humedad favorecido en los sustratos con mayor abundancia de composta o pesados, como es el caso del AC, situación que coincide con reportes acerca de la preferencia esta planta por suelos aireados o con poca precipitación (Alfaro y Martínez, 2008; Roloff *et al.*, 2009).

Aunque por otro lado, las velocidades de crecimiento y producción de hojas significativamente más lentas registradas en el sustrato FA, con menor contenido de nutrimentos indican que estas plantas no crecerían bien con bajos niveles de N, aun cuando los sustratos estén bien drenados. Respecto a las curvas de crecimiento, se estableció que los modelos de crecimiento Logístico y Gompertz fueron los que tuvieron los mayores coeficientes de determinación, con un promedio de 0.96 y 0.95 respectivamente para las curvas de crecimiento del tallo en todos los sustratos. Estos resultados permitirían al productor viverista de la región estimar con muy buena precisión los periodos y alturas de plantas adecuadas para su venta o trasplante definitivo en campo.

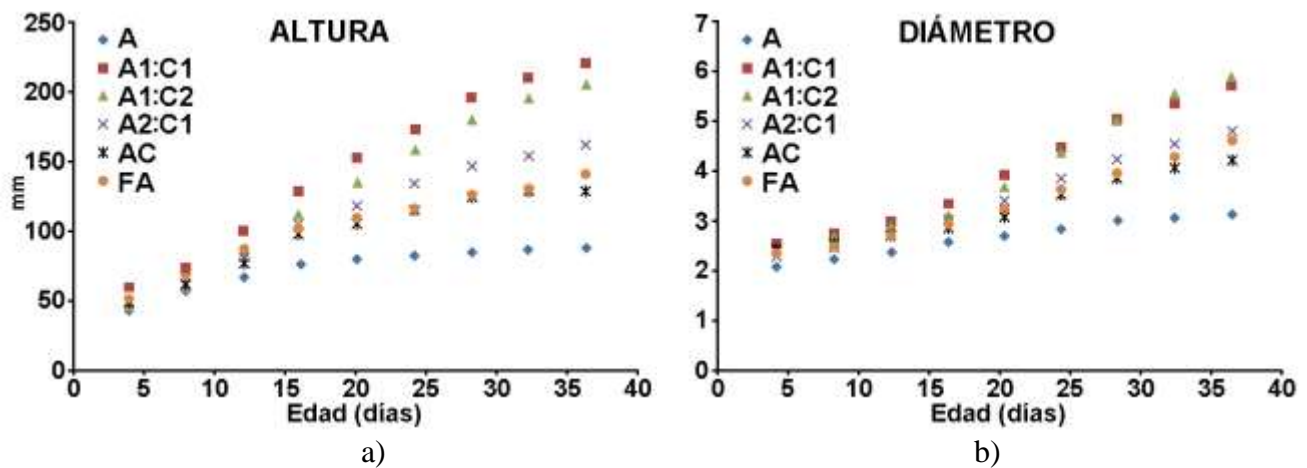


Figura 1. Curvas de crecimiento promedio de a) altura y b) diámetro de tallos de las plántulas.

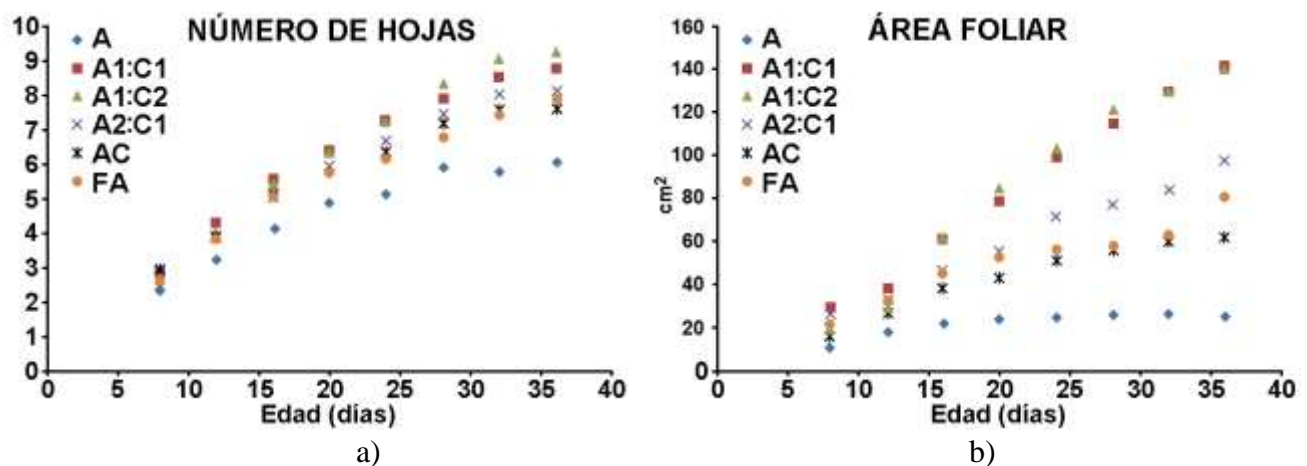


Figura 2. Resultados promedio de a) número de hojas y b) área foliar de las plántulas.

## CONCLUSIONES

*M. oleífera* demostró tener una buena velocidad de crecimiento en sustratos ligeros compuestos por una porción de composta y dos de arena, mientras que su crecimiento se vio limitado en sustratos pesados, con exceso de composta o ligeros pero pobres en nutrientes, por lo que no se recomiendan estos sustratos para su producción en vivero. Por otra parte, se recomienda aplicar el modelo logístico para estimar el crecimiento de esta especie durante su fase de plántula.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Unidad LPI3 del Colegio de Postgraduados por el apoyo prestado para esta investigación.

**LITERATURA CITADA**

Alfaro, N. C. y W. Martínez. 2008. Uso potencial de la Moringa (*Moringa oleifera*, Lam) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. Editorial INCAP. Guatemala. 30 p.

Carrero, O; M. Jerez; R. Macchiavelli; G. Orlandoni y J. Stock. 2008. Ajuste de curvas de índice de sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. *Interciencia* 33 (4): 265-272.

Hernández, L. E. N. 2010. Índice de sitio para *Pinus patula* Schl. et Cham., en Santiago Comaltepec, Ixtlán; Oaxaca. Tesis de licenciatura. Chapingo. 72 p.

Roloff, A.; H. Weisgerber; U. Lang y B. Stimm. 2009. *Moringa oleifera* LAM., 1785. In: *Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie*. Editorial WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. p. 1-8.

Zar, J. H. 1999. Multiple Regression and Correlation. In: *Biostatistical Analysis*. 4a. Edición. Editorial Prentice Hall. Nueva Jersey. p. 413-450.