

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 12, número 2; 2024

Artículo original

***Caracterización morfológica de seis genotipos de *Jatropha curcas* L.
(*Euphorbiaceae*) en la granja Andil***

*Morphological characterization of six genes of *Jatropha curcas* L. (*Euphorbiaceae*) in
the Andalusian*

*Caracterização morfológica de seis genótipos de *Jatropha curcas* L. (*Euphorbiaceae*) na
fazenda Andil*

Alfredo Jiménez González^{1*} , Glen Steven Gutiérrez Saldarriaga¹ , Ignacio Estévez Valdés¹ ,
Jesús de los Santos Pinargote Chóez¹ , Favio Leonardo Ruilova Narváez² ,
Enma Margarita Baquero Cárdenas² 

¹Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Departamento de Agroenergía. Ecaudor.

*Autor para la correspondencia: alfredo.jimenez@unesum.edu.ec

Recibido:18/04/2024

Aprobado:22/06/2024



RESUMEN

La especie *Jatropha curcas* L. se destaca por su rápido crecimiento y su adaptabilidad a suelos degradados y secos. Esta investigación, realizada en la granja experimental Andil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, tuvo como objetivo recopilar información sobre las características morfológicas de seis genotipos seleccionados, incluyendo cuatro híbridos y dos clones de *Jatropha curcas*. Se plantaron 576 plantas en 24 subparcelas, asignando cuatro parcelas a cada genotipo. Durante 23 meses, se midieron variables como altura, diámetro del tallo y número de ramas en ocho plantas seleccionadas por subparcela. Se calcularon estadísticos descriptivos y se realizó una interpolación para períodos no estudiados. El híbrido JAT 001100 destacó con una altura promedio de 197,72 cm y un rango de 199,44 cm, seguido por el JAT 001103 con 193,9 cm. El diámetro del tallo no mostró diferencias significativas, oscilando entre 7 cm y 6,5 cm. Los híbridos JAT 001100, JAT 001103 y JAT 001165 presentaron un mayor número de ramas (promedio de 8 a 8,1). En general, los híbridos comerciales superaron a los clones locales en crecimiento y desarrollo. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento de *Jatropha curcas* y pueden ser útiles para la selección de genotipos en programas de mejoramiento genético.

Palabras clave: adaptabilidad, crecimiento, especie, genotipo, morfología.

ABSTRACT

The species *Jatropha curcas* L. is distinguished by its rapid growth and adaptability to degraded and dry soils. This research, conducted at the Andil experimental farm of the Southern State University of Manabí, aimed to gather information on the morphological characteristics of six selected genotypes, including four hybrids and two clones of *Jatropha curcas*. A total of 576 plants were planted in 24 subplots, with four plots assigned to each genotype. Over a period of 23 months, variables such as height, stem diameter, and number of branches were measured on eight selected plants per subplot. Descriptive statistics were calculated, and interpolation was performed for periods not studied. The hybrid JAT 001100 stood out with an average height of 197,72 cm and a range of 199,44 cm, followed by JAT



001103 with 193,9 cm. Stem diameter showed no significant differences, ranging between 7 cm and 6,5 cm. Hybrids JAT 001100, JAT 001103, and JAT 001165 exhibited a higher number of branches (average of 8 to 8,1). Overall, commercial hybrids outperformed local clones in growth and development. These findings contribute to the understanding of *Jatropha curcas* and may be useful for genotype selection in genetic improvement programs.

Keywords: Adaptability, growth, species, genotype, morphology.

RESUMO

A espécie *Jatropha curcas* L. destaca-se pelo rápido crescimento e pela adaptabilidade a solos degradados e secos. Esta pesquisa, realizada na Fazenda Experimental Andil da Universidade Estadual do Sul de Manabí, teve como objetivo coletar informações sobre as características morfológicas de seis genótipos selecionados, incluindo quatro híbridos e dois clones de *Jatropha curcas*. Foram plantadas 576 plantas em 24 subparcelas, atribuindo-se quatro parcelas para cada genótipo. Durante 23 meses, variáveis como altura, diâmetro do caule e número de ramos foram mensuradas em oito plantas selecionadas por subparcela. Foram calculadas estatísticas descritivas e realizada interpolação para períodos não estudados. O híbrido JAT 001100 se destacou com altura média de 197,72 cm e alcance de 199,44 cm, seguido do JAT 001103 com 193,9 cm. O diâmetro do caule não apresentou diferenças significativas, variando entre 7 cm e 6,5 cm. Os híbridos JAT 001100, JAT 001103 e JAT 001165 apresentaram maior número de ramos (média de 8 a 8,1). Em geral, os híbridos comerciais superaram os clones locais em crescimento e desenvolvimento. Esses achados contribuem para o conhecimento da *Jatropha curcas* e podem ser úteis para a seleção de genótipos em programas de melhoramento genético.

Palavras chave: adaptabilidade, crescimento, espécie, genótipo, morfologia.



INTRODUCCIÓN

La familia Euphorbiaceae incluye a *Jatropha curcas* L., descrita por Jaspal *et al.* (2023), como una planta perenne, resistente a la sequía y extremadamente adaptable, crece de 3 a 6 metros de altura, con hojas verdes en forma de corazón, corteza lisa y gris, y látex; produce semillas que contienen aceite no comestible; es una planta tropical, puede cultivarse como cultivo comercial o en granjas en áreas con niveles de precipitación variables, que van de bajos a altos. Las plantas pueden cultivarse como cultivo o como seto fronterizo para mantener a los animales de pastoreo alejados de los cultivos y minimizar la erosión del suelo. Es una especie de árbol versátil adecuada para la agroforestería y otros programas de reforestación. Se ha explorado su potencial para diversos usos.

Una caracterización agronómica permite conocer la constitución y el funcionamiento de los componentes morfológicos de la especie *Jatropha curcas*. Este procedimiento, describe, entre otros aspectos, las características morfológicas, que distinguen a un material de otro dentro de una misma especie. En los últimos años, este interés ya ha brindado algunos hallazgos en cuanto a características fisiológicas, genéticas, agronómicas, agroecológicas y de producción de esta especie (García *et al.* 2023).

Para abordar esta problemática, se recurrió a una revisión exhaustiva de la literatura científica disponible sobre el tema. Diversas investigaciones sobre el cultivo de *Jatropha curcas*, en diferentes regiones del mundo (Aguilar *et al.* (2015; Avila *et al.* 2018), han proporcionado información sobre aspectos como la altura de la planta (Virgens *et al.* 2017; Herrera *et al.* 2017); el diámetro en la base del tallo (Landeros, 2017; Wencomo *et al.* 2020) y el número de ramas Noda (2020).

En este mismo orden de ideas, Mendoza *et al.* (2015) investigaron la adaptabilidad de *Jatropha curcas*, en condiciones climáticas específicas, a saber: temperatura: 26,3°C, precipitación anual: 527 mm, altitud: 47,4 msnm, humedad relativa: 83 % y heliofanía: 1159,30 h/luz año y encontró que las variedades foráneas demostraron una mayor tolerancia a la sequía y un mejor desarrollo radicular en comparación con los clones locales.



La descripción morfológica de distintas variedades de *Jatropha curcas* L. en contextos locales específicos, como en la granja Andil, es crucial para comprender la adaptación de estos genotipos a las condiciones particulares de clima y suelo, lo cual es clave para optimizar su potencial de crecimiento en altura, diámetro del tallo y número de ramas. Por ejemplo, la granja Andil se encuentra en una zona de clima seco tropical, caracterizada por una temperatura promedio de 24 °C, una precipitación media anual de 1,000 mm, una humedad relativa promedio del 80%, una topografía plana y suelos de textura franco arcillosa (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2015). Esta comprensión detallada del entorno es esencial para desarrollar estrategias de cultivo efectivas que maximicen la relación de las características morfológicas con el desarrollo eficiente de la especie *Jatropha curcas* en diferentes condiciones edafoclimáticas.

El objetivo de esta investigación consistió en generar información sobre las características morfológicas de cuatro híbridos comerciales foráneos y dos clones locales de *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) en la granja Andil. Así mismo se presentan resultados relacionados con parámetros morfológicos, como la altura de las plantas, diámetro en la base del tallo y el número de ramas.

En este sentido se genera conocimiento científico acerca del comportamiento agronómico de diferentes híbridos comerciales foráneos y clones locales de *Jatropha curcas*, como contribución al desarrollo de estrategias de mejora genética y promover el cultivo sustentable de esta especie en la región. A través de la evaluación de variables clave, se proporciona información útil para los agricultores y los responsables de la toma de decisiones en el ámbito agrícola, forestal y energético, impulsando así el avance hacia una matriz energética más sostenible y respetuosa con el ambiente.



MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El ensayo se estableció el 25 de octubre de 2020, en los predios de la granja experimental Andil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí; ubicada en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. En este sentido se tuvo en cuenta factores como acceso al agua para riego, así como accesibilidad al área, una vez definidos estos indicadores, se decidió trabajar en el área con las siguientes coordenadas geográficas UTMX: 548135 Y: 9850736, con la ayuda de un GPS Maps 62sc.

Metodología

Características de los genotipos estudiados en la granja de Andil

Esta investigación es de tipo no experimental, que es un enfoque de investigación en el que se observa y recopila información sin manipular deliberadamente las variables. En lugar de controlar las variables, el investigador busca observar y analizar cómo se comportan en su entorno natural, por lo que se constituyó en una evaluación de las características morfológicas de seis genotipos de *Jatropha curcas*, a saber: cuatro híbridos comerciales introducidos y dos testigos o clones locales del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), de la Estación Experimental (E.E.) de Portoviejo (Tabla 1).

Tabla 1. - Genotipos (incluyen cuatro híbridos y dos clones) de la especie *Jatropha curcas* estudiados

Genotipos
Híbrido JAT 001100
Híbrido JAT 001103
Híbrido JAT 001164
Híbrido JAT 001165
Material CP 041-promisoria
Material CP 052-promisoria



Análisis estadístico

En esta investigación se analizó una población constituida por seis genotipos, conformados por cuatro híbridos foráneos y dos variedades o clones locales de *Jatropha curcas*, se plantaron 24 subparcelas considerando cuatro por cada acepción, la muestra fue intencional de ocho plantas teniendo en cuenta el efecto de borde; se midieron estadísticos tales como altura, diámetro en la base del tallo y número de ramas, durante 23 meses a partir de diciembre del año 2020 hasta diciembre del año 2022, exonerando de medición los meses de noviembre 2021 y octubre 2022, a partir de lo cual se generó una base de datos entre los tres estadísticos medidos en el tiempo de 4 416 valores.

Las variables se clasificaron en discretas y continuas, con claras diferencias entre ellas. Por ejemplo, el número de ramas es una variable discreta, mientras que la altura y el diámetro del tallo son variables continuas. Se adoptó un diseño estadístico descriptivo, ya que no se realizaron inferencias estadísticas. Para las variables cuantitativas, se registraron medidas lineales en centímetros y el conteo del número de ramas a lo largo del tiempo. Se utilizaron una regla estadimétrica para medir la altura y un pie de rey para medir el diámetro en la base del tallo.

Mensualmente, para cada tratamiento, se calcularon estadísticos de posición y dispersión, tales como la media, la desviación estándar, la mediana, el máximo, el mínimo y el rango. Esto permitió evaluar cada tratamiento desde una perspectiva descriptiva. Además, se realizaron representaciones gráficas de los estadísticos, lo que facilitó la corrección de errores de paralaje mediante interpolación segmentaria lineal. Todos los análisis estadísticos se efectuaron con el paquete Infostat (INFOSTAT, 2008) complementando con Excel de Microsoft Office.

Análisis numérico

Como se describió en el análisis estadístico anterior, hubo dos meses en los que no se registraron mediciones. Para obtener una información más completa y precisa, se aplicaron técnicas numéricas de interpolación para estimar los valores medios correspondientes a esos meses. Se utilizó la interpolación segmentaria, específicamente el spline cúbico natural, para



obtener una estimación robusta de los valores medios de los estadísticos en estudio. Este análisis se realizó utilizando el software GeoGebra.

El propósito de aplicar esta técnica de interpolación fue calcular los valores de las variables de interés durante los meses sin mediciones, garantizando así la continuidad y coherencia de los datos a lo largo del periodo de estudio. Aunque no se trata de un estudio de dinámica de crecimiento, esta interpolación es crucial para proporcionar un conjunto de datos completo que permita evaluar de manera más precisa y detallada las tendencias y patrones en el comportamiento de las variables estudiadas.

El spline cúbico ($k=3$) es el spline más empleado, pues sus cálculos no son excesivamente complejos y logra un muy buen ajuste a los puntos tabulados.

Este polinomio S , se define sobre una partición de un intervalo de la forma $[t_0, t_n]$, quedando de la siguiente manera: $[t_0, t_1], [t_1, t_2], \dots, [t_{n-1}, t_n]$. Sea S_i el polinomio cúbico que representa a S en el intervalo $[t_i, t_{i+1}]$, (Ecuación 1) por tanto:

$$S(x) = \begin{cases} S_0(x) & x \in [t_0, t_1] \\ S_1(x) & x \in [t_1, t_2] \\ \vdots & \vdots \\ S_{n-1}(x) & x \in [t_{n-1}, t_n] \end{cases} \quad [1]$$

Los polinomios S_{i-1} y S_i interpolan el mismo valor en el punto t_i , (Ecuación 2) cumpliéndose que:

$$S_{i-1}(t_i) = y = S_i(t_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n - 1) \quad [2]$$

S es continuo en todo $[t_0, t_n]$, y S^l y S^u son continuas, condición que se cumple en el spline cúbico, por lo que es posible encontrar la expresión analítica del mismo (Ecuación 3):

$$S_i(x) = \frac{z_i}{6h_i}(t_{i+1} - x)^3 + \frac{z_{i+1}}{6h_i}(x - t_i)^3 + \left(\frac{y_{i+1}}{h_i} + \frac{z_{i+1}h_1}{6}\right)(x - t_i) + \left(\frac{y_i}{h_i} - \frac{z_i h_1}{6}\right)(t_{i+1} - x) \quad [3]$$

Esta ecuación con $i=1, 2, 3, n-1$, genera un sistema de $n-1$ ecuaciones lineales con $n+1$ variables z_0, z_1, \dots, z_n . Se puede elegir z_0 y z_1 de forma conveniente y resolver el sistema de ecuaciones.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación se optó por priorizar variables morfológicas como la altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de ramas. La selección de estas variables estuvo influenciada por la etapa de crecimiento de las plantas, considerando que durante los dos primeros años de cultivo en la granja Andil no se logró acumular la cantidad mínima de 1 kg de semillas en cada tratamiento. Esta cantidad es necesaria para que el análisis del rendimiento de semillas y aceite sea factible y pertinente. Por lo tanto, enfocar el estudio en las características morfológicas permite obtener datos relevantes y consistentes sobre el desarrollo y adaptación de *Jatropha curcas*, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones orientadas al rendimiento productivo una vez que las plantas alcancen una etapa más madura y productiva.

En este contexto, se considera que los datos obtenidos sobre la altura, el diámetro y el número de ramas de *Jatropha curcas* aportan información valiosa acerca de su adaptabilidad a condiciones adversas, como el estrés hídrico, climas secos y suelos con baja fertilidad, condiciones que son similares a las características edafoclimáticas de la región sur de Manabí, que es una de las regiones donde se pretenden expandir los mejores híbridos y variedades con énfasis en las variables altura, diámetro y número de ramas.

Según los resultados que se presentan en la Tabla 2, se destaca que el Híbrido JAT 001100 mostró una altura promedio de 197,72 cm, un diámetro de 6,9 cm y un total de ocho ramas. Además, se observa que la desviación estándar es homogénea, ya que se evidencia un comportamiento similar en las variables de altura, diámetro y número de ramas.



Tabla 2. - Evaluación morfológica de seis genotipos de *Jatropha curcas*

Híbrido JAT 001100						
Variables	Media	Desviación Estándar	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango
Altura	197,72	49,03	211,12	239,66	40,22	199,44
Diámetro	6,9	1,75	7,12	9,76	2,02	7,74
Número-ramas	8	6,1	5	20	0	20
Híbrido JAT 001103						
Variables	Media	Desviación Estándar	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango
Altura	188,3	48,8	202	230,2	35,4	194,8
Diámetro	7	2	7,4	10,1	1,8	8,3
Numero-ramas	7,5	5,8	5	18	0	18
Híbrido JAT 001164						
Variables	Media	Desviación Estándar	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango
Altura	193,9	45,7	208	235,1	46,5	188,6
Diámetro	7	1,9	7,3	10,1	2,1	8
Número-ramas	8,1	6,1	6	19	0	19
Híbrido JAT 001165						
Variables	Media	Desviación Estándar	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango
Altura	179,2	47,1	195	219	34,8	184,2
Diámetro	6,9	1,9	7,2	10,1	1,9	8,2
Número-ramas	8	5,9	6	22	1	21
Material CP 041-promisoria						
Variables	Media	Desviación Estándar	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango
Altura	162,8	47,7	166,3	229,2	31,1	198,1
Diámetro	6,5	1,9	6,9	9,9	1,8	8,1
Número-ramas	7,2	5,4	7	17	0	17
Material CP 052-promisoria						
Variables	Media	Desviación Estándar	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango
Altura	159,6	45	165	225,3	31,9	193,4
Diámetro	6,8	1,8	6,9	9,5	2	7,5
Número-ramas	5,4	4,7	4,1	14	0	14



Al analizar los resultados de las mediciones del Híbrido JAT 001103, que se encuentran detallados en la Tabla 2, se puede observar una altura media de 188,3 cm, un diámetro de 7 cm y un número aproximado de 7,5 ramas. Es relevante resaltar que tanto la posición como la dispersión de las variables de estudio muestran valores uniformes, lo que indica una consistencia en los resultados obtenidos.

En cuanto al Híbrido JAT 001164 (Tabla 2), los datos revelan una altura media de 193,9 cm, un diámetro de 7 cm y un número de ramas aproximado de 8,1. Los resultados también muestran valores de media, desviación estándar, mediana, máximo, mínimo y rango. Es importante mencionar que estos primeros genotipos mostraron patrones consistentes en las variables de altura, diámetro y número de ramas.

En relación con los datos que arrojaron las mediciones del Híbrido JAT 001165, se evidencia una diferencia significativa en los estadísticos, como la media, desviación estándar, mediana, máximo, mínimo y rango, en comparación con las primeras tres genotipos (Tabla 2) en las variables de altura, diámetros y números de ramas. Estos resultados indican una marcada disparidad con respecto a los patrones encontrados en los genotipos anteriores (Híbrido JAT 001100, Híbrido JAT 001103 y Híbrido JAT 001164).

En el caso del Material CP 041-promisoria, que se detalla en la Tabla 2, se observa una clara diferencia en los valores de los estadísticos, como la media, desviación estándar, mediana, máximo, mínimo y rango, en comparación con las primeras tres genotipos en relación con las variables de altura, diámetros y números de ramas. Sin embargo, es importante destacar que presenta similitudes con el Híbrido JAT 001165 en términos de dichos estadísticos. Estos hallazgos señalan una variación notable en relación a las primeras tres genotipos, pero también revelan ciertas similitudes con el híbrido JAT 001165.

Los resultados obtenidos en esta investigación revelan que los resultados estadísticos del Material CP 052-promisoria (Tabla 2), exhibe una marcada disparidad en los valores de los estadísticos, como la media, desviación estándar, mediana, máximo, mínimo y rango, en comparación con los híbridos Híbrido JAT 001100, Híbrido JAT 001103 y el Híbrido JAT 001164, referente a las variables de altura, diámetros y números de ramas. Sin embargo, se



observa una similitud con el Híbrido JAT 001165 y el Material CP 041-promisoria, en términos de dichos estadísticos.

*Análisis de la interpolación segmentaria lineal aplicada durante los primeros dos años de la plantación de *Jatropha curcas* en la granja experimental de Andil*

En la Figura 1, relativo a la altura media en todos los genotipos se puede observar que en los primero seis meses, existe un aumento brusco de la altura media, que posteriormente de forma semejante en todos los casos se amortigua el crecimiento hasta en los últimos dos meses que parece tender al aumento brusco de nuevo.

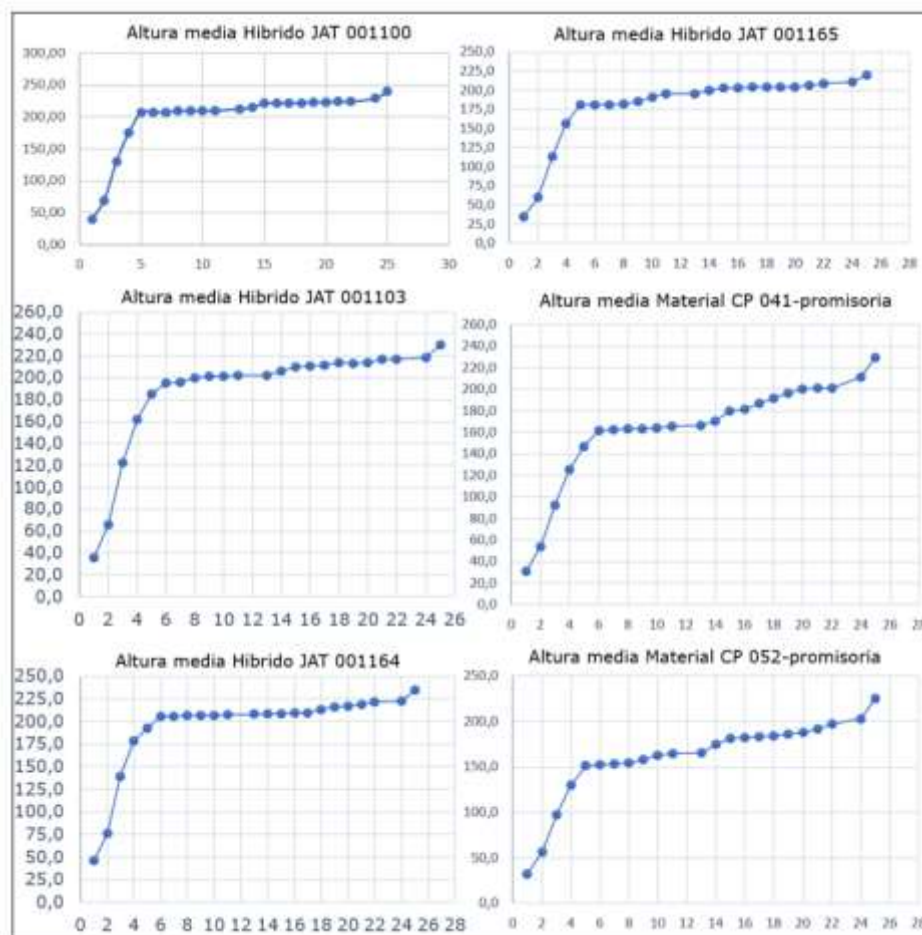


Figura 1. - Altura media registrada por interpolación en los seis genotipos



El análisis de la interpolación segmentaria lineal realizado con los datos de las mediciones realizadas durante los dos primeros años de la plantación de cuatro híbridos y clones de la especie *Jatropha curcas* en la granja de Andil (Tabla 3). En este sentido se destaca que a medida que transcurrieron los meses, se observó un aumento en los diámetros de manera diferencial, con distintos niveles de aceleración.

Los resultados obtenidos de las mediciones del Híbrido JAT 001100 muestran una altura promedio, diámetro y número de ramas significativos. Estos resultados pueden compararse con los hallazgos de Araiza *et al.* (2016), quienes estudiaron tres poblaciones silvestres de *Jatropha curcas* en Sinaloa, México. Aunque los contextos de los estudios son diferentes, la comparación puede proporcionar una perspectiva sobre la variabilidad morfológica de la especie en diferentes condiciones ambientales. En la investigación de Andil, la homogeneidad en la desviación estándar sugiere una consistencia en el crecimiento del Híbrido JAT 001100. Esto contrasta con las variaciones observadas por Araiza *et al.* (2016) en las características morfológicas de las plantas de diferentes sitios, lo que indica la influencia de factores ambientales en el crecimiento de *Jatropha curcas*.

El comportamiento agronómico de los cuatro híbridos comerciales foráneos y dos clones locales de *Jatropha curcas*, analizado en términos del estadístico de altura de la planta durante los primeros seis meses, arrojó un rápido incremento en la altura media en todos los materiales, seguido de una variabilidad significativa en la desviación estándar. En todos los casos, se observó un amortiguamiento del crecimiento en los meses posteriores, aunque en los últimos dos meses pareciera haber un aumento brusco nuevamente. Este patrón de desarrollo adaptativo es consistente con los hallazgos de la investigación de Intriago y Santana (2023), quienes encontraron influencias significativas de los genotipos evaluados en la variable de altura de la planta en los períodos de 90, 180 y 270 días después del trasplante.

Adicionalmente, García *et al.* (2023), llevaron a cabo un estudio similar y también observaron una tendencia de crecimiento amortiguado seguido de un repunte en el último periodo de evaluación. Estos hallazgos refuerzan la consistencia de los resultados del estudio en la



granja de Andil y apoyan la noción de que el patrón de crecimiento observado en esta investigación es parte del comportamiento común de la especie.

Además, estudios futuros podrían abordar aspectos como la respuesta de estos materiales a diferentes condiciones climáticas y edáficas, tal como sugiere Intriago y Santana (2023). Estos estudios permitirían obtener un panorama más completo y brindarían información clave para optimizar las prácticas de manejo agrícola específicas para cada genotipo (García *et al.* 2023).

Tabla 3. Diámetro medio mensual alcanzado durante los primeros 25 meses de la plantación.

#	D medio	Meses	Año
1	2,02	Diciembre	2020
2	3,07	Enero	2021
3	4,09	febrero	2021
4	5,32	marzo	2021
5	6,18	abril	2021
6	6,55	mayo	2021
7	6,68	junio	2021
8	6,89	julio	2021
9	6,93	agosto	2021
10	6,95	septiembre	2021
11	6,98	octubre	2021
13	7,12	diciembre	2021
14	7,12	enero	2022
15	7,27	febrero	2022
16	7,6	marzo	2022
17	7,77	abril	2022
18	8,00	mayo	2022
19	8,05	junio	2022
20	8,11	julio	2022
21	8,37	agosto	2022
22	8,39	septiembre	2022
24	8,69	noviembre	2022
25	9,76	diciembre	2022



Nota. #: Número de mes muestreado, D-medio: diámetro medio.

El análisis de la interpolación revela que los cuatro híbridos muestran una ausencia de mediciones en los meses 12 y 23, correspondientes a noviembre y octubre, respectivamente. Aunque no se registraron datos en esos meses, se estima que el diámetro medio aproximado fue de 7,1 cm en el mes 12 y de 8,4 cm en el mes 23. Estos valores se obtuvieron mediante una función de interpolación segmentaria spline cúbico natural (Figura 2).

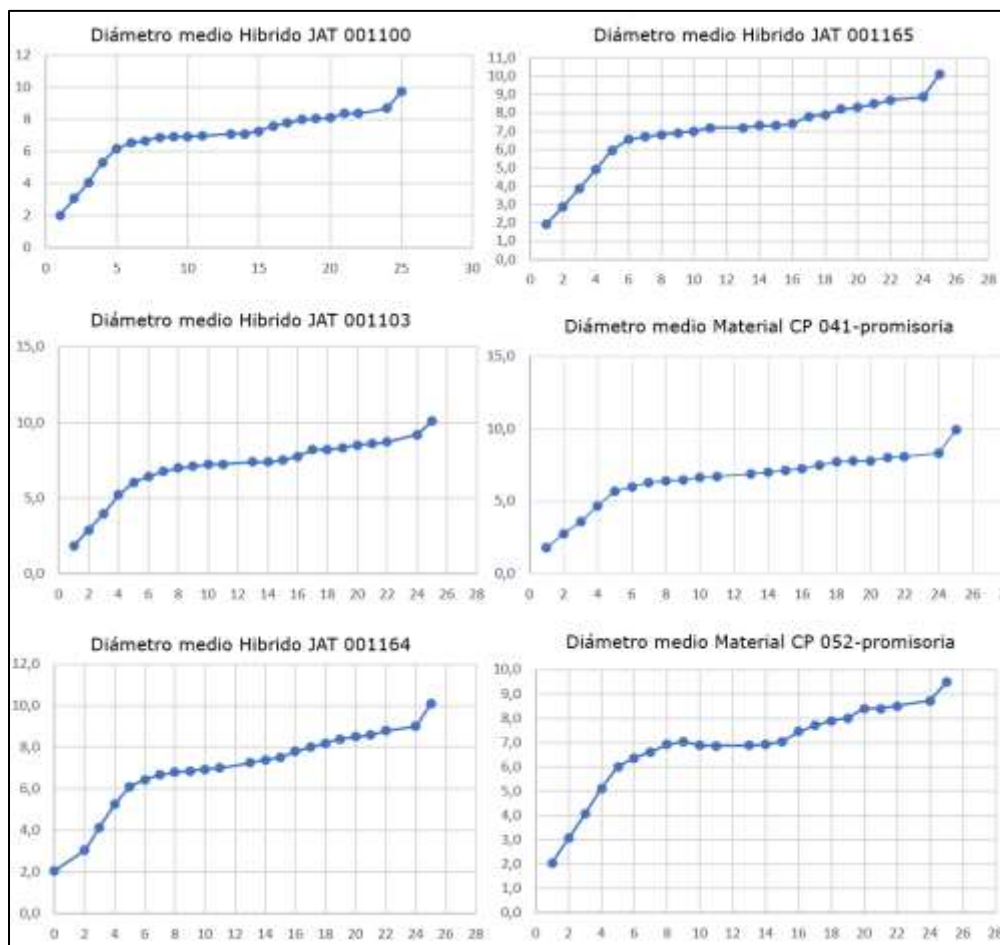


Figura 2. - Diámetro medio registrado por interpolación en los seis genotipos estudiados en Andil

El diámetro medio tiene igual comportamiento en los primeros seis meses de mediciones que crece con bastante rapidez, para posteriormente estabilizarse más y crecer de forma menos brusca, retomando aparentemente en los dos últimos tres meses una diferencia de diámetro medio mayor.



En la Figura 3, se presentan las curvas generadas con los resultados del número medio de ramas por mes en cada acepción.

Diámetro del tallo

El diámetro del tallo es un parámetro importante para evaluar el crecimiento y desarrollo de *Jatropha curcas*. Según los resultados de este estudio, se observó que el comportamiento de esta variable mostró una tendencia similar durante los primeros seis meses de mediciones. La desviación estándar media de la altura aumentó rápidamente en esta etapa, para luego estabilizarse y crecer de manera menos acelerada. Sin embargo, en los últimos tres meses, se observó un aumento en la diferencia de altura media.

Estos valores coinciden con investigaciones anteriores, a saber, Díaz *et al.* (2018) encontraron que en condiciones de campo no se presentaron diferencias significativas en el diámetro del tallo de *Jatropha curcas*, durante los primeros seis meses de evaluación. Esta similitud sugiere la existencia de un patrón común de crecimiento en el diámetro del tallo en la especie.

Es importante destacar que las discrepancias entre los estudios pueden atribuirse a variaciones en las condiciones de cultivo, genotipos evaluados y métodos de medición utilizados. Al respecto, se requieren más investigaciones para comprender plenamente el comportamiento del diámetro del tallo en *Jatropha curcas* y su relación con el crecimiento y desarrollo de la planta.

En general, el diámetro del tallo es un indicador clave en el desarrollo estructural y la vigorosidad de la planta. Como menciona González *et al.* (2020), un mayor diámetro del tallo se asocia con un mayor transporte de agua y nutrientes, lo que puede influir en la productividad de *Jatropha curcas*. Por lo tanto, el monitoreo y manejo adecuado del diámetro del tallo son elementos esenciales en la gestión agronómica de esta especie.



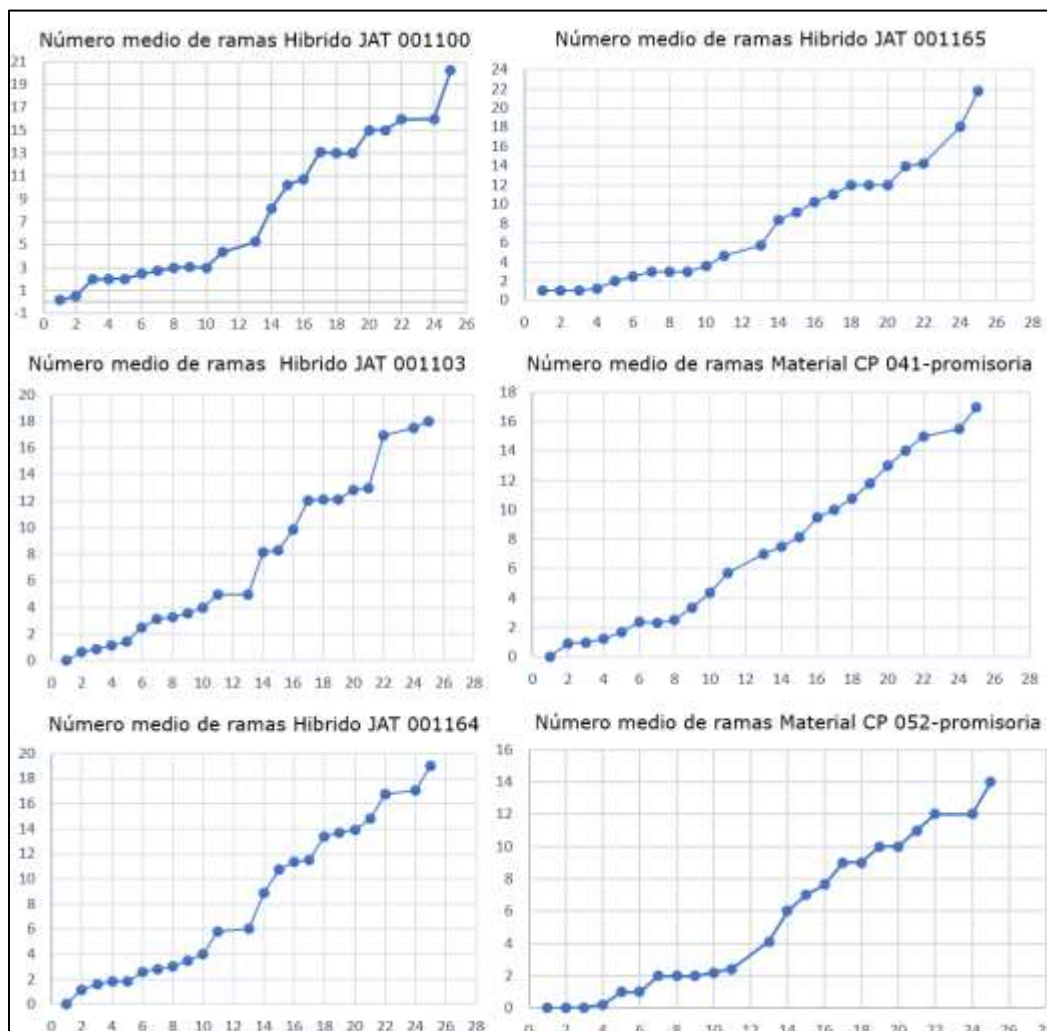


Figura 3. - Número medio de ramas registrado por interpolación en los seis genotipos estudiados en Andil.

El caso del número medio de ramas, en los gráficos relativos a los materiales Híbrido JAT 001165 y Material CP 052-promisoria, en los primeros cuatro meses se mantiene constante, en el Híbrido JAT 001165, una rama en promedio y en la acepción CP 052-promisoria, ninguna rama en promedio, en el resto se puede observar un aumento creciente en todos los meses medidos sin que se registre un crecimiento brusco, los gráficos en el caso de las ramas, muestran poca diferencia, no obstante es interesante destacar que en los híbridos JAT 001100 y JAT 001165, en el último mes, se registró el mayor número medio de ramas, con 20 y 22 ramas en promedio, respectivamente y también se observa que en el primer mes



medido solo el híbrido JAT 001165, registró una rama como promedio, en el resto de las genotipos investigadas no se observaron ramas.

Durante el análisis del número de ramas, se observaron patrones distintos en los diferentes genotipos evaluados. Los materiales JAT 001100, JAT 001103, JAT 001164 y CP 041-promisoria, mostraron un crecimiento brusco en los primeros cuatro meses, pero no hubo desarrollo de ramas en los últimos dos meses analizados. Por otro lado, los genotipos JAT 001165 y CP 052-promisoria, no experimentaron crecimiento en el número de ramas durante los primeros cuatro meses, pero presentaron el mayor incremento medio en los últimos dos meses. Es interesante destacar que en los genotipos JAT 001100 y JAT 001165, se registraron los mayores promedios de ramas en el último mes, con 20 y 22 ramas, respectivamente. Además, en el primer mes de medición, solo el JAT 001165 mostró un promedio de una rama, mientras que los demás materiales no presentaron ramas en ese periodo, lo que coincide con Intriago y Santana (2023).

Los resultados del número de ramas en Andil también indican que no fue significativamente influenciada por los genotipos evaluados en los intervalos de 90, 180 y 270 días. Estos resultados son consistentes con la investigación realizada por Intriago y Santana (2023), quienes encontraron una falta de influencia significativa de los genotipos en el número de ramas de *Jatropha curcas*. Cabe destacar que el híbrido JAT-001165 mostró una mayor representatividad en términos de número de ramas en el ensayo de la granja de Andil.

Los materiales JAT 001100, JAT 001103 y JAT 001164, mostraron patrones consistentes en las variables de altura, diámetro y número de ramas. Esta consistencia se refleja en los valores uniformes de media, desviación estándar, mediana, máximo, mínimo y rango, lo que indica una estabilidad en el crecimiento y desarrollo de estos híbridos.

Los genotipos JAT 001165, CP 041-promisoria y CP 052-promisoria, presentaron una marcada disparidad en los valores estadísticos en comparación con los primeros tres híbridos (JAT 001100, JAT 001103 y JAT 001164), sin embargo, estos mostraron similitudes entre sí, lo que sugiere una variación en el crecimiento y desarrollo de estos materiales en comparación con los híbridos iniciales. Al comparar estos resultados con el estudio de



Ocampo y Garay (2009), quienes evaluaron 15 híbridos clonales de *Jatropha curcas* en Paraguay, se observa que, al igual que en el estudio de la granja de Andil, existen diferencias significativas en la altura de las plantas y el número de ramas entre los materiales evaluados. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en otras características morfológicas, lo que sugiere que ciertas características de *Jatropha curcas* pueden ser más susceptibles a la variabilidad genética y ambiental. Los resultados de este estudio tienen implicaciones importantes para la selección y mejora de *Jatropha curcas*.

La variabilidad observada en los diferentes genotipos indica que ciertos híbridos y clones pueden ser más adecuados para condiciones específicas o para lograr objetivos particulares, como mayor altura o número de ramas. La selección de materiales con características deseables puede ser crucial para el éxito de los programas de cultivo y mejora de esta especie.

Los genotipos JAT 001103 y JAT 001164 mostraron patrones consistentes en términos de altura, diámetro y número de ramas. La uniformidad en la dispersión de las variables indica una estabilidad en el crecimiento y desarrollo de estos híbridos. Estos resultados son importantes para entender la variabilidad genética y las respuestas de diferentes híbridos bajo condiciones similares de cultivo. Por otra parte, los materiales JAT 001165, CP 041-promisoria y CP 052-promisoria, presentaron diferencias significativas en comparación con los primeros tres híbridos, pero muestran similitudes entre sí. Estas diferencias pueden deberse a variaciones genéticas o a respuestas distintas a las condiciones ambientales y de cultivo. Al comparar estos resultados con el estudio de García *et al.* (2023), que evaluaron características morfológicas y productivas de accesiones no tóxicas de *Jatropha curcas* en Veracruz, se observa una amplia variación morfológica en las accesiones estudiadas. Este estudio también encontró diferencias significativas entre accesiones, lo que refleja la diversidad genética y el potencial de mejora en *Jatropha curcas*.

Interpolación por la función de spline cúbico natural

Durante el período de los dos primeros años de la plantación, el híbrido JAT 001100 mostró el mejor desarrollo morfológico. Es importante destacar que en los meses de noviembre de



2021 y octubre de 2022 no se realizaron mediciones. Sin embargo, utilizando la función spline cúbico natural, fue posible realizar una interpolación y obtener una aproximación estadística para esos períodos. Esta aproximación estadística coincide en gran medida con los hallazgos del estudio realizado por Díaz *et al.* (2018), quienes afirmaron que un año después de su establecimiento, se observaron diferencias significativas a favor del tratamiento adicionado de composta en los períodos de 20 y 26 meses.

En cuanto a la altura media por genotipo, se observó que el híbrido JAT 001100 alcanzó la mayor altura promedio, con un valor de 197,72 cm. Además, se registró una desviación estándar de 49,03 cm y un rango de variación de 199,44 cm. Estos resultados indican que el híbrido JAT 001100 exhibió un crecimiento genotípico distinto a los hallazgos reportados en las investigaciones de Machado (2011), Guerrero *et al.* (2011) y Mejía *et al.* (2011). Estos estudios previos mostraron resultados diferentes en términos del crecimiento en altura de la planta en genotipos similares. Por lo tanto, los resultados obtenidos en la granja de Andil, sugieren la existencia de variabilidad genética y posibles factores ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de los híbridos de *Jatropha curcas*

Durante los meses de febrero a marzo, se observó un incremento significativo en el diámetro del tallo, con valores que variaron de 4,09 a 5,32 en el año 2021, aproximadamente a los 118 días. Se encontró que los cuatro híbridos y dos clones evaluados presentaron desviación estándar y rango de variación prácticamente similares. Sin embargo, estos resultados difieren de los reportes de Aguirre (2019) en su estudio sobre otros cultivos perennes, donde se afirma que la simbiosis micorrízica logra una mayor inducción en el desarrollo vegetal después de los 90 días de la siembra, lo que favorece un crecimiento más acelerado, aspectos que resaltan la importancia de considerar las características específicas de cada especie y genotipo al analizar los efectos de factores ambientales y simbiosis en el crecimiento de la *Jatropha curcas*.

Las medias obtenidas para el número de ramas oscilaron entre 8 y 8,1, con una desviación estándar similar en los tres casos. El Material CP 052-promisoria obtuvo el resultado más bajo, con solo 5,4 ramas, lo cual coincide con los resultados de Machado (2011), Guerrero *et*



al. (2011) y Mejía *et al.* (2011). Estos estudios indican que la variación en el número de ramas es mínima y no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

CONCLUSIONES

Las diferencias observadas en altura, diámetro y número de ramas entre los genotipos son esperadas y proporcionan información valiosa sobre su comportamiento agronómico en condiciones específicas de cultivo. La homogeneidad en ciertos híbridos sugiere estabilidad y uniformidad en su desempeño, mientras que la variabilidad en otros indica que pueden ser menos predecibles y requerir un manejo agronómico más específico.

El uso de técnicas descriptivas permite una comprensión precisa de cómo los diferentes genotipos responden a las condiciones ambientales de la granja Andil, lo cual es crucial para futuras estrategias de mejora genética y prácticas de cultivo. La identificación de genotipos con características consistentes y deseables puede guiar la selección y desarrollo de materiales más productivos y adaptables para la producción sostenible de *Jatropha curcas*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, C. A., RODRÍGUEZ, K., GONZÁLEZ, S. C., & RIOS, L. A. 2015. Evaluación de la estabilidad oxidativa del biodiesel de jatropha (*Jatropha curcas* L.) mediante el uso de antioxidantes sintéticos y biodiesel de palma. *Informacion Tecnologica*, [en línea], vol. 26 no. 2, pp. 5160. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200007>
- AGUIRRE-MEDINA, J. F., YEEKÓN-MÉNDEZ, L., & ESPINOSA-ZARAGOZA, S. 2019. Influencia de hongos endomicorrízicos en el crecimiento de (*Tabebuia donnell-smithii* Rose). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* [en línea], vol 6 no. 16, pp. 1121. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1538>



- ARAIZA-LIZARDE, N., ALCARAZ-MELÉNDEZ, L., ANGULO-ESCALANTE, M. Á., REYNOSO-GRANADOS, T., CRUZ-HERNÁNDEZ, P., ORTEGA-NIEBLAS, M., & VALDEZ-ZAMUDIO, D. 2016. Caracterización y distribución de germoplasma silvestre de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) en el noroeste de México. *Polibotánica* [en línea], no. 42, pp. 137-152. [consulta: 17 abril 2024] Disponible en: <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/260/134>
- ÁVILA-SOLER, E., GARCÍA-SALAZAR, J. A., & VALTIERRA-PACHECO, E. 2018. Competitiveness of *Jatropha curcas* production in the Frailesca region, Chiapas, Mexico. *Madera y Bosques* [en línea], vol 24 no. 2. pp. 111. [consulta: 17 abril 2024] Disponible en: <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421608>
- DÍAZ-HERNÁNDEZ, B. G., AGUIRRE-MEDINA, J. F., & DÍAZ-FUENTES, V. H. 2018. Rendimiento de *Jatropha curcas* L. inoculada con micorriza y aplicación de composta de caña. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol 4 no. 4, pp. 599-610. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i4.1192>
- GARCÍA-ALONSO, F., GARCÍA-PÉREZ, E., PÉREZ-VÁZQUEZ, A., MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, R., & CASANOVA-PÉREZ, L. 2023. Caracterización morfológica y productiva de accesiones de *Jatropha curcas* L. no tóxica en la región central de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 14 no. 4, pp. 507-518. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3109>
- GONZÁLEZ, J., SUÁREZ, J., REYES, F., NODA, Y., SOTOLONGO, J., WENCOMO, H. B., NAVARRO, M., ALLONSO, O., LEZCANO, J. C., SOCA, M., RAMÍREZ, W. M., & MONTESINOS, A. 2020. *Manual de la Jatropha curcas* L. Experiencias agronómicas cubanas e internacionales (J. González & J. Suárez (eds.). Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. [en línea], [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://bioenergia.ihatuey.cu/wp-content/uploads/2020/08/Manual-de-la-Jatropha-curcas.pdf>



- GUERRERO PINILLA, J. A., CAMPUZANO, L. F., ROJAS, S., Y PACHON-GARCÍA, J. 2011. Caracterización morfológica y agronómica de la colección nacional de germoplasma de *Jatropha curcas* L. *Orinoquia* [en línea], vol 15 no. 2, pp. 131-147. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.22579/20112629.8>
- HERRERA-PARRA, E., CRISTÓBAL-ALEJO, J., MARTÍNEZ-BOLAÑOS, M., HERNÁNDEZ-ARENAS, M., & LÓPEZ-GUILLÉN, G. 2017. PRIMER REGISTRO DE FUSARIUM SOLANI Y F. EQUISETI EN plantaciones de *Jatropha curcas* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology* [en línea], vol. 35 no.1, pp. 150161. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1608-1>
- INFOSTAT. 2008. Infostat, Versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas. Argentina.
- INTRIAGO, J., Y SANTANA, E. 2023. Influencia de los genotipos en la altura de la planta de *Jatropha curcas*. *Revista de Agricultura Sostenible* [en línea], vol 47 no. 1, pp. 78-92. [consulta: 17 abril 2024].
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI). 2015. Anuario Meteorológico ¹ 52-2012. Inamhi, 52, 134. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp->
- JASPAL, N., SHARMA, M., PRASHAR, D. B., SHARMA, R., Y SHARMA, M. 2023. *Jatropha curcas* L.: A sustainable resource for biofuel feedstock with medicinal and commercial attributes. *Journal of Innovative Agriculture*, vol 10 no. 3, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.37446/jinagri/ra/10.3.2023.1-13>
- LANDEROS, F. 2017. Respuesta al estrés salino de injertos de *Jatropha curcas* L. en portainjerto de *Jatropha cinerea* (Ortega) Muell. Arg. *Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste, SC*, 15. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/555>



- MACHADO, R. 2011. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. Morphological and productive characterization of *Jatropha curcas* L. provenances. *Pastos y Forrajes* [en línea], vol. 34 no. 3, pp. 267-280. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=560>
- MEJÍA, N., MENDOZA, H., LÓPEZ, J., CEDEÑO, L., & PONCE, W. 2011. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L. *Orinoquia* [en línea], vol. 15 no. 2, p. 131. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.22579/20112629.8>
- MENDOZA, H., LÓPEZ, J., CEDEÑO, L., PONCE, W., & MEJÍA, N. 2015. Rendimiento inicial de líneas de piñón (*Jatropha curcas* L.) bajo dos métodos de siembra. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias* [en línea], vol. 15 no. 46. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i15.547
- NODA LEYVA, Y. 2020. Efecto de la fertilización en el rendimiento de *Jatropha curcas* (Linn.) y cultivos asociados. *Pastos y Forrajes* [en línea], vol. 43 no. 2, pp. 84-92. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: [https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=2127](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=2127)
- OCAMPO, F. V., & GARAY, C. E. 2009. Caracterización morfológica de colectas y accesiones de *Jatropha curcas* L., en el departamento de Alto Paraná, Paraguay. *Investigación agraria* [en línea], vol 11 no. 2, pp. 36-41. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/27>
- VIRGENS, I. O., DE CASTRO, R. D., LOUREIRO, M. B., & FERNANDEZ, L. G. 2017. Revisão: *Jatropha curcas* L.: Aspectos morfofisiológicos e químicos. *Brazilian Journal of Food Technology* [en línea], vol. 20. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/FDk5q9QjGYRLmmPdTvmsRFG/>



WENCOMO-CÁRDENAS, H. B., PÉREZ-VÁZQUEZ, A., GARCÍA-PÉREZ, E., & VALDÉS-RODRÍGUEZ, O. A. 2020. Caracterización morfoagronómica de accesiones no tóxicas de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes* [en línea], vol. 43 no. 3, pp. 236245. [consulta: 17 abril 2024]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n3/2078-8452-pyf-43-03-244.pdf>

Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional. Alfredo Jiménez González^{1*}, Glen Steven Gutiérrez Saldarriaga¹, Ignacio Estévez Valdés¹, Jesús de los Santos Pinargote Chóez¹, Favio Leonardo Ruilova Narváez², Enma Margarita Baquero Cárdenas²

