

ADAPTABILITY OF HYBRIDS AND CLONES OF JATROPHA CURCAS L. TO THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE ANDIL EXPERIMENTAL FARM

ADAPTABILIDAD DE HÍBRIDOS Y CLONES DE JATROPHA CURCAS L. A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA GRANJA EXPERIMENTAL ANDIL

Autores:

Jonathan Efrén Avila Muñiz,¹  <https://orcid.org/0009-0004-8516-8669>
Alfredo Jiménez González,²  <https://orcid.org/0000-0002-1768-5566>
Diana Julissa Valverde Jalca,³  <https://orcid.org/0009-0006-2999-5891>
Jamileth Dayana Loor Cevallos,⁴  <https://orcid.org/0009-0008-6980-1910>

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí , Jipijapa-Ecuador, avila-jonathan9205@unesum.edu.ec

² Universidad Estatal del Sur de Manabí Jipijapa-Ecuador alfredo.jimenez@unesum.edu.ec

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí Jipijapa-Ecuador valverde-julissa8737@unesum.edu.ec

⁴ loorjamileth99@gmail.com

Recibido: 18-08-2024

Aprobado: 06-09-2024

Publicado: 18-11-2024

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la adaptabilidad de híbridos y clones de *Jatropha curcas* L. a las condiciones de la granja experimental Andil, de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, siendo un tema de creciente interés en el área forestal. La capacidad de estos árboles para prosperar en diferentes hábitats es crucial para su uso en programas de reforestación y manejo sostenible. Se utilizó la metodología experimental, mediante un diseño de bloques completamente al azar integrado por seis tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 24 subparcelas con 24 plantas cada una. En total fueron plantadas 576 plantas de piñón, a razón de 4 m x 2 m (hileras/plantas); en cada repetición se muestrearon mensualmente ocho plantas para tomar datos de altura de plantas, diámetro basal del tallo, número de ramas y número de inflorescencias. Los tratamientos T1, T3, T4 y el T2 presentaron mayor altura, y el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$). Para el diámetro del tallo, los tratamientos T3, T1, T4 y el T6, resultaron los mejores, no obstante, el análisis de varianza determinó que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$). En lo referente al número de ramas, el T3, promedió los mayores valores (3,88 ramas/planta), y de acuerdo al análisis de varianza, no hay diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$). Respecto al número de inflorescencias, los tratamientos T4, T3 y el T1, presentaron más flores, y la prueba de Kruskal Wallis determinó que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos.

Palabras clave: adaptabilidad; condiciones ambientales; especie; tratamientos.

ABSTRAC

The objective of this study was to evaluate the adaptability of hybrids and clones of *Jatropha curcas* L. to the conditions of the Andil experimental farm, of the State University of the South of Manabí, being a topic of growing interest in the forestry area. The ability of these trees to thrive in different habitats is crucial for their use in reforestation and sustainable management programs. The experimental methodology was used, through a completely randomized block design composed of six treatments and four replications, for a total of 24 subplots with 24 plants each. In total, 576 pine nut plants were planted, at a rate of 4 m x 2 m (rows/plants); In each replication, eight plants were sampled monthly to collect data on plant height, basal stem diameter, number of branches and number of inflorescences. Treatments T1, T3, T4 and T2 had higher heights, and the analysis of variance showed statistical differences between treatments ($p < 0.05$). For stem diameter, treatments T3, T1, T4 and T6 were the best, however, the analysis of variance determined that there are no statistical differences between treatments ($p > 0.05$). Regarding the number of branches, T3 averaged the highest values (3.88 branches/plant), and according to the analysis of variance, there are no statistical differences between treatments ($p > 0.05$). Regarding the number of inflorescences, the T4, T3 and T1 treatments presented more flowers, and the Kruskal Wallis test determined that there are no statistical differences between treatments.

Keywords: adaptability; environmental conditions; species; treatments.

INTRODUCCIÓN

La especie de *Jatropha curcas* ha adquirido un interés mundial y una importancia económica significativa por su aceite de semilla que se puede convertir en biodiesel, y está emergiendo como una alternativa al petro-diesel. Las semillas contienen alrededor del 30-65 % de aceite. Los datos sobre el rendimiento de semillas de *Jatropha curcas* son heterogéneos (Betancur, Hernández, & París, 2018).

Esta especie *Jatropha curcas* L. pertenece a la familia Euphorbiaceae y, de acuerdo con [Heller \(1996\)](#), tiene su centro de origen en México y Centroamérica; se cree que fue propagada por marinos portugueses hacia el Viejo Mundo. Informes recientes confirman que la *J. curcas* ha sido utilizada desde el siglo XV en Centroamérica y fue apreciada para aprovechar su uso medicinal, alimentario y agropecuario ([Figueroa Saavedra et al., 2020](#)). En la actualidad, ha adquirido relevancia internacional, se cultiva en países de Asia, África y Latinoamérica, debido a su potencial para la fabricación de combustibles líquidos, especialmente, bioturposina ([Sánchez Sánchez et al., 2020](#)), y en México, para la elaboración de aceite dieléctrico y la reactivación de pozos petroleros (Haaz & Sepúlveda, 2023).

Después de su introducción en los países asiáticos, *Jatropha curcas* L. se ha extendido muy rápidamente y, debido a sus usos etnobotánicos, la promoción como planta ornamental y de cobertura fomentó su mayor propagación. Para los agricultores, propietarios de plantaciones y silvicultores, esta promoción se está convirtiendo en un problema. Después de una investigación reciente sobre su uso como potencial cultivo de biocombustible, los gobiernos de muchos países asiáticos, incluida la India, están promoviendo su cultivo comercial (Anitha & Varaprasad, 2018).

La *Jatropha curcas* L. se distribuye de forma natural en América Central y México, reportes muestran que desde épocas precolombinas esta planta ha sido cultivada por sus propiedades medicinales, se cree que por esta razón los pueblos indígenas la distribuyen por toda América del Sur; hoy se encuentra ampliamente distribuido en todo el mundo por su valor como producción de aceite y propiedades medicinales (Cabral, Betancur, & Rodríguez, 2019).

De manera puntual, la siembra de *Jatropha curcas* L. se impulsa en países en vía de desarrollados como Ecuador, en donde para 2007 se habían identificado alrededor de doscientas mil hectáreas de suelos áridos aptas para su producción (Cabral, Betancur, & Rodríguez, 2019).

En el mismo contexto, en la provincia de Manabí, la planta *Jatropha curcas* L. en esta zona se conoce como piñón o jatrofa y se cultiva en terrenos marginales. Para su desarrollo requiere de un clima cálido, húmedo y con pocas precipitaciones, cuya temperatura ambiente oscile entre 20 y 30 °C, adecuado para su reproducción, siendo su principal función delimitar los potreros y fincas (García et al., 2018 citado en García, Mendoza, García, Burgos, & García, 2021).

Con todo y lo anterior, el objetivo de esta investigación consistió en evaluar la adaptabilidad de híbridos y clones de *Jatropha curcas* L. a las condiciones de la granja experimental Andil, perteneciente a la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM) y se ha desarrollado en el marco del convenio específico de cooperación interinstitucional para investigación de “Adaptabilidad de híbridos comerciales foráneos de piñón en la provincia de Manabí”, entre el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la UNESUM.

Se plantea además la pregunta investigativa: ¿Cómo se adaptarán los híbridos y clones de *Jatropha curcas* L. a las condiciones ambientales de la granja experimental de Andil situado en Jipijapa, Manabí?

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en los predios de la granja experimental de la UNESUM, y para ubicar el mismo 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 UTM 548135 -9850736, con la ayuda de un GPS maps 62sc.

Esta investigación es de tipo experimental según (Guevara, Verdesoto, & Castro, 2020) “consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. Es decir, se ejecutó mediante un diseño de bloques completamente al azar integrado por seis tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 24 subparcelas con 24 plantas cada una.

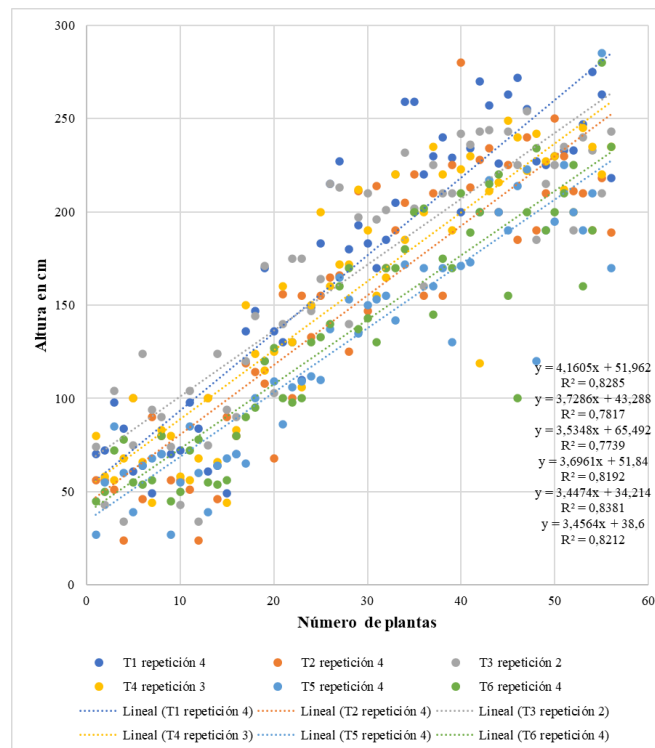
Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas de la estación Experimental Tropical “Pichilingue”, ubicado en El Empalme, carretera a Quevedo, Ecuador, con financiamiento del ICCA.

En el análisis de las variables, la altura de la planta (AP) se midió desde la base del tallo hasta el ápice, con una regla graduada en cm. El diámetro o grosor del tallo (DT) se obtuvo de la base o cuello con un pie de rey (mm). También se contabilizó el número de ramas y la cantidad de inflorescencias de las 8 plantas seleccionadas de cada parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados generales de los seis tratamientos establecidos en esta investigación (cuatro híbridos y dos variedades) de la especie *Jatropha curcas* L. respecto a la variable altura del tallo, registradas durante el periodo comprendido desde diciembre del 2020 a junio del 2021 se presentan en la (Figura 1).

Figura 1. Comportamiento de los seis tratamientos en relación con los datos de **altura de la planta** (diciembre 2020 a junio 2021).

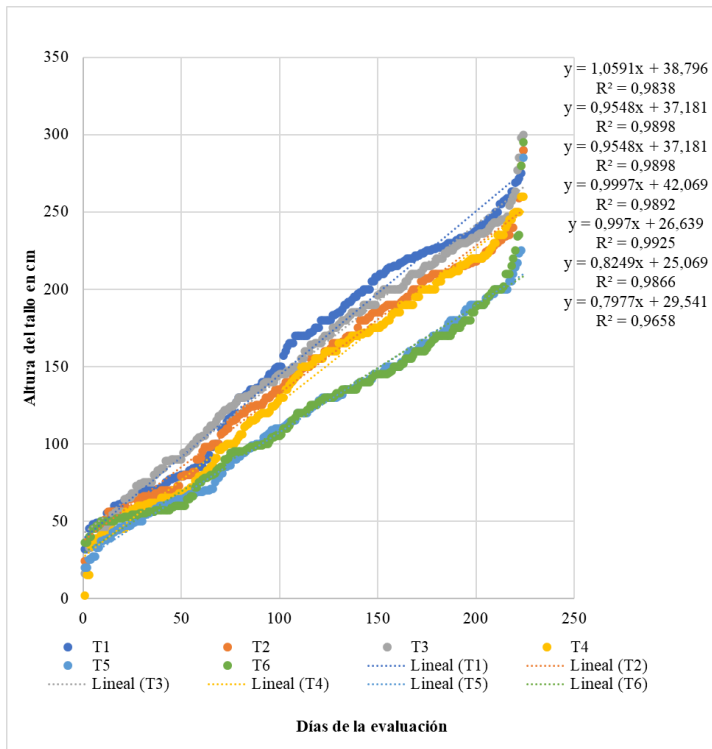


En la (Figura 1) se puede observar una gráfica de dispersión para las repeticiones más prominentes en cuanto a altura del tallo en cm, de cada una de los seis tratamientos de *Jatropha curcas*, donde se hizo un análisis de ajuste a una función lineal, que arrojó los siguientes resultados; en el caso del T1 (Híbrido JAT 001100), T2 (Híbrido JAT 001103), T5 (Variedad CP041) y T6 (Variedad CP052) la cuarta repetición fue la de mayor crecimiento del tallo en altura de la planta, en tanto que para el T3 (Híbrido JAT 001164) las plantas con mayores alturas fueron las de la segunda repetición; por su parte en el T4 (Híbrido JAT 001165) las plantas con mayor altura resultaron ser las de la tercera repetición.

En los tratamientos T3 (Híbrido JAT 001164) y T4 (Híbrido JAT 001165), la cuarta repetición quedó en segundo lugar en relación con la pendiente que describe el crecimiento de las plantas, no obstante, dicha repetición, en la mayoría de tratamientos fue la más prominente en lo que a la variable altura de la planta se refiere; es por tanto que, una prueba de hipótesis pudiera verificar si este resultado es significativo, en caso de serlo se podría investigar las causas de este.

Con respecto a la (Figura 2) se presentan los resultados del ajuste a una función lineal con los datos del crecimiento en altura del tallo de los seis tratamientos; mismo que arrojó los siguientes resultados.

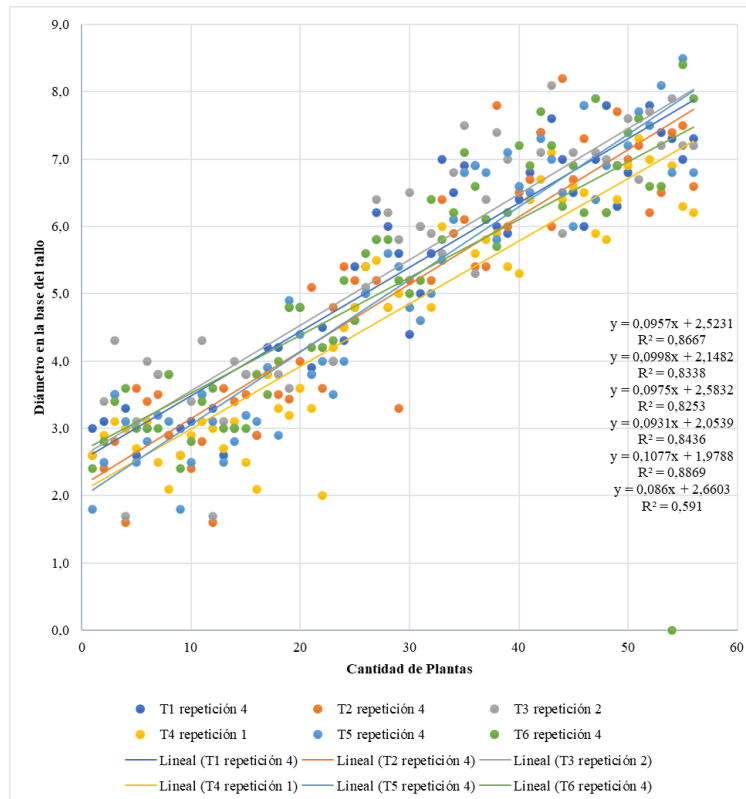
Figura 2. Resultados del ajuste a una función lineal referente a la altura de plantas.



De acuerdo a los resultados que se muestran en la (Figura 2), el crecimiento en altura del tallo se produjo siguiendo una pendiente muy cercana a la unidad con un cambio en la tendencia para finales de junio, en este sentido el T1 (Híbrido JAT 001100) se desarrolló más que el resto con una pendiente de crecimiento de $m = 1,0591$, sería interesante proponer una prueba de hipótesis para determinar si este resultado es significativo, en caso de ser así una investigación de las causas que lo provocaron sería importante.

El análisis general de los seis tratamientos evaluados en el ensayo de Andil respecto a la variable propia diámetro en la base del tallo, registrado durante los meses de diciembre del 2020 a junio del 2021 arrojó los resultados que se presentan en la (Figura 3).

igura 3. Comportamiento de los seis tratamientos en relación con el **diámetro en la base del tallo** (diciembre 2020 a junio 2021).



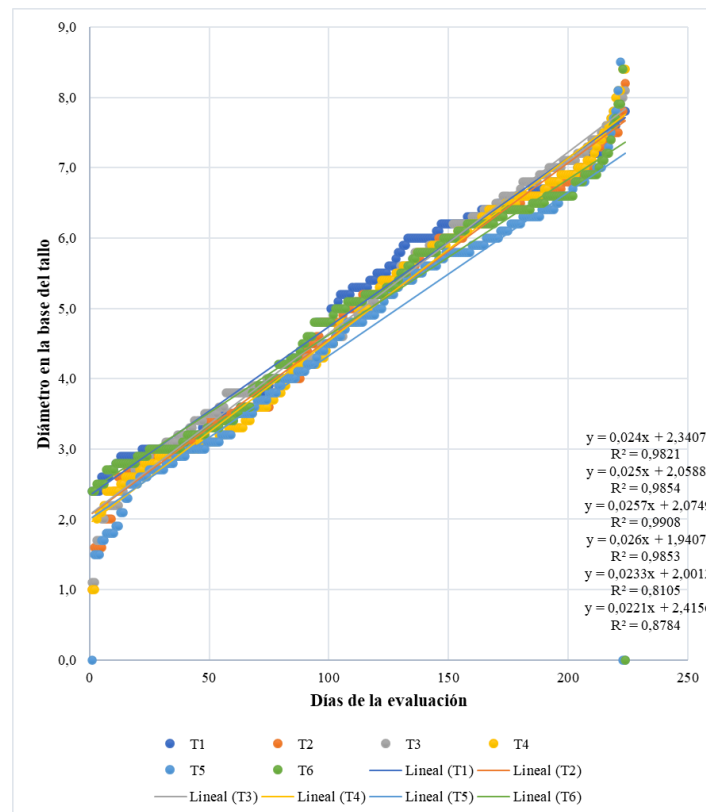
A decir de los datos presentados en la (Figura 3), se puede observar una gráfica de dispersión para las repeticiones más prominentes en cuanto al diámetro en la base del tallo en cm, de cada una de los seis tratamientos de *Jatropha curcas* establecidos en Andil, donde se hizo un análisis de ajuste a una función lineal, los resultados son los siguientes.

En el caso de los tratamientos T1, T2, T5 y T6 la repeticion cuatro fue la que presentó los mayores diámetros en la base del tallo, mientras que en el caso del T3, resultaron con mayores diámetros las plantas de la segunda repeticion; así mismo en el tratamiento T4, las plantas con mayor diámetro fueron las de la primera repeticion.

Por su parte en los tratamientos T3 y T4 la cuarta repeticion ocupó el segundo lugar respecto a la pendiente que describe el crecimiento en diámetro del tallo de las plantas de piñon, lo que significa que la repeticion cuatro en la mayoría de los tratamientos fue la más prominente para esta variable, es así que una prueba de hipótesis pudiera ser interesante para verificar si este resultado es significativo, en caso de serlo se podría investigar las causas de este.

En la (Figura 4) se presentan los resultados del ajuste a una función lineal con los datos del diámetro del tallo de los seis tratamientos; mismo que arrojó los siguientes resultados.

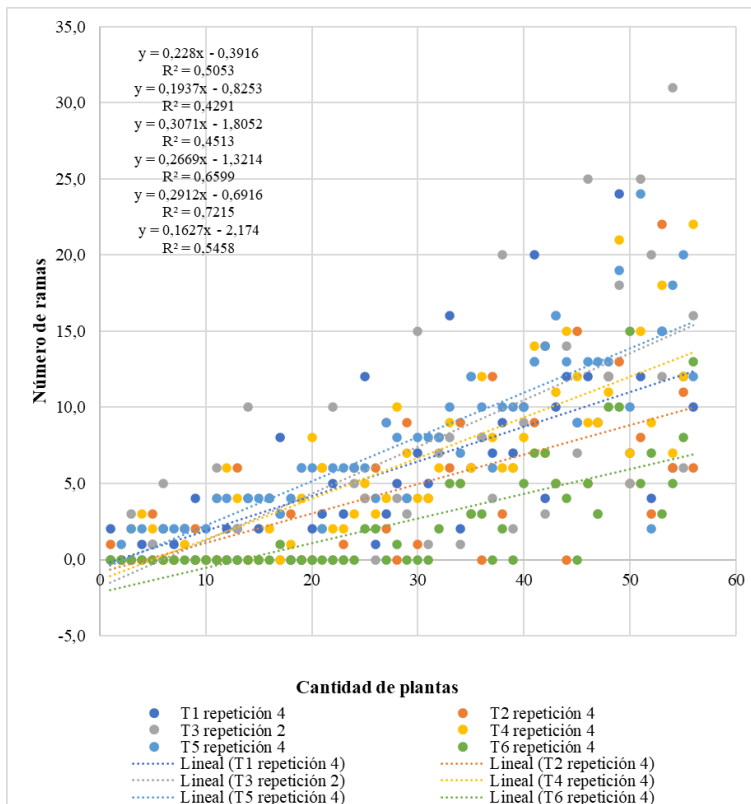
Figura 4. Resultados del ajuste a una función lineal referente al diámetro en la base del tallo.



En la (Figura 4) puede observarse el comportamiento del diámetro del tallo en cm registrados entre los meses de diciembre a agosto 2021, de los seis tratamientos del ensayo de piñón en Andil; en este sentido se hizo un ajuste a una función lineal con los datos del diámetro del tallo, para cada una de los seis tratamientos, la cual arrojó los siguientes resultados; el aumento del diámetro del tallo se produjo siguiendo una pendiente muy cercana a $m = 0,025$, con un cambio en la tendencia para finales de junio, además se puede observar que el T4 se desarrolló más que el resto con una pendiente de crecimiento de $m = 0,026$, sería interesante proponer una prueba de hipótesis para determinar si este resultado es significativo, en caso de ser así una investigación de las causas que lo provocaron sería importante.

El análisis general de los seis tratamientos de *Jatropha curcas* respecto a la variable propia número de ramas registrados durante los meses de diciembre del 2020 a junio del 2021 arrojó los siguientes resultados (Figura 5).

Figura 5. Comportamiento de los seis tratamientos en relación con el **número de ramas distribuidas** (diciembre 2020 a junio 2021).



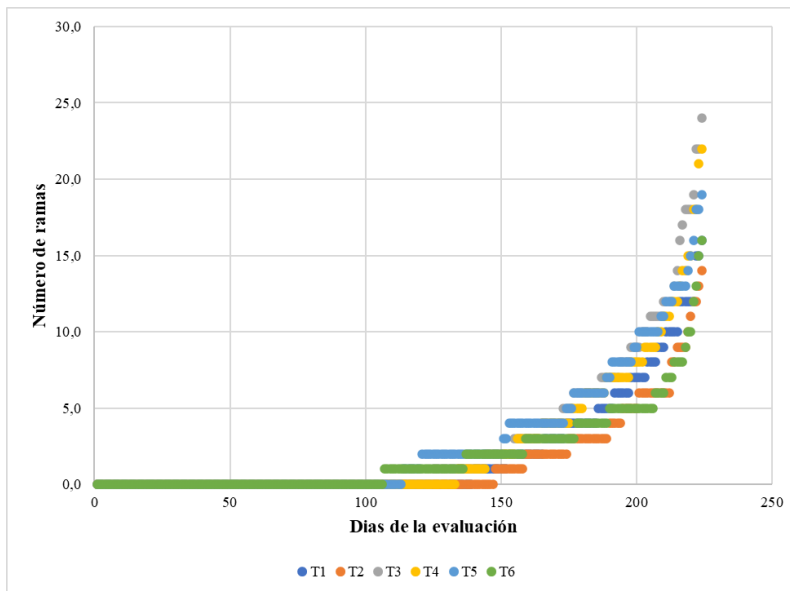
En la (Figura 5) se puede observar una gráfica de dispersión realizada con los resultados registrados durante las evaluaciones de los seis tratamientos, con énfasis en las repeticiones más prominentes en cuanto al número de ramas; estos resultados indican el análisis de ajuste a una función lineal, que arrojó los siguientes resultados:

En los tratamientos T1 (Híbrido JAT 001100), T2 (Híbrido JAT 001103), T4 (Híbrido JAT 001165), T5 (Variedad CP041) y T6 (Variedad CP052) la cuarta repetición resultó con mayor número de ramas, en tanto que para el T3 (Híbrido JAT 001164) las plantas que más ramas presentaron fueron las de la segunda repetición, aspecto que coincidió con ser la repetición de mayor pendiente con $m = 0,3071$, por lo tanto, la de mayor crecimiento en el número de ramas entre todos los tratamientos.

Por su parte la cuarta repetición del T3 (Híbrido JAT 001164) quedó en segundo lugar respecto a la pendiente que describe el aumento en el número de ramas de las plantas de *Jatropha curcas*, lo que significa que la cuarta repetición, resultó ser la más prominente en la mayoría de los tratamientos, por lo que un estudio de prueba de hipótesis pudiera ser interesante para verificar si este resultado es significativo, en caso de serlo se podría investigar las causas de este.

Otro aspecto que fue analizado fue el aumento del número de ramas en los diferentes tratamientos en el ensayo de Andil, durante el periodo entre los meses de diciembre 2020 hasta agosto del 2021 (Figura 6).

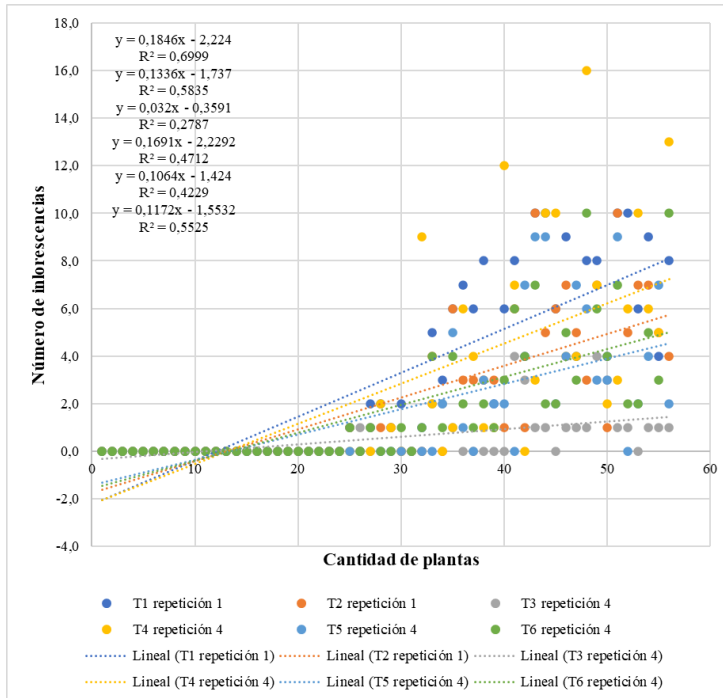
Figura 6. Resultados del ajuste a una función lineal sobre la evolución del número de ramas entre diciembre 2020 y junio 2021.



De acuerdo a los resultados que se presentan en la (Figura 6), relacionados con la evolución en el número de ramas evaluada entre los meses de diciembre de 2020 hasta agosto de 2021 para los seis tratamientos, se comprueba que el T3 (Híbrido JAT 001164) fue el de mejor comportamiento; en este sentido la segunda repetición de dicho T3, fueron las que mayor número de ramas alcanzaron, lo que coincidió con ser la repetición de mayor pendiente, con $m = 0,3071$ por lo tanto la de mayor crecimiento en el número de ramas entre todas los híbridos y variedades estudiadas.

El análisis general de los seis tratamientos evaluados en el ensayo de Andil respecto a la variable propia número de inflorescencias, resultante de las evaluaciones registradas durante los meses de diciembre del 2020 a junio del 2021 arrojó los resultados que se muestran en la (Figura 7).

Figura 7. Resultados del número de inflorescencias (diciembre de 2020 hasta junio de 2021).

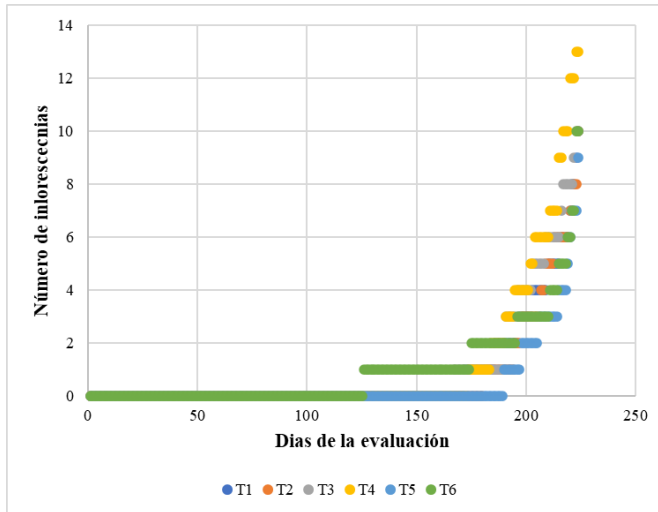


En la Figura anterior se muestra una gráfica de dispersión resultante de las evaluaciones hechas a los seis tratamientos evaluados en Andil y las repeticiones más prominentes en cuanto al número de inflorescencias, donde se hizo un análisis de ajuste a una función lineal, que arrojó los siguientes resultados:

En los tratamientos T3 (Híbrido JAT 001164), T4 (Híbrido JAT 001165), T5 (Variedad CP041) y T6 (Variedad CP052) la cuarta repetición resultó ser la de mayor número de inflorescencias, no así en los tratamientos T1 (Híbrido JAT 001100) y T2 (Híbrido JAT 001103), donde las plantas de la primera repetición, alcanzaron un mayor número de inflorescencias; por su parte la primera repetición del T1 alcanzó un mayor número de inflorescencias con una pendiente de $m = 0,1846$.

Otro aspecto que se analizó, fue el desarrollo en el número de inflorescencias de las plantas de *Jatropha curcas* L., por cada tratamiento, entre los meses de diciembre a agosto del 2021 (Figura 8).

Figura 8. Resultados del ajuste a una función lineal sobre la evolución del número de inflorescencias (diciembre 2020 a junio de 2021).



Los resultados que se presentan en la (Figura 8) evidencian la evolución en el número de inflorescencias registrado durante las evaluaciones realizadas, según los datos obtenidos, de los seis tratamientos de *Jatropha curcas* evaluados, el T4 (Híbrido JAT 001165) presentó un mayor desarrolló en relación con el número de inflorescencias, mismo que alcanzó un máximo de 13 inflorescencias para una planta.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis de suelo realizado en el área de estudio.

Tabla 2. Resultados del análisis de suelo realizado en el ensayo de *Jatropha curcas* en la granja de Andil

No. Laboratorio	%	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	Textura (%)			Clase Textural
		MO	Mg	K		K	Σ Bases	Arena	
99901	2,7 B	2,7	5,65	20,94	18,65	40	29	31	Franco Arcilloso
Interpretación									
Al+H, Al y Na		C.E.			M.O. y CL				
B=Bajo		NS=No Salino		S=Salino		B=Bajo			
M=Medio		LS=Ligeramente Salino		MS=Muy Salino		M=Medio			
T=Tóxico						A=Alto			
No. Laboratorio	Muestra de	Datos del lote		Ph	ppm				
		Identificación	Área		NH ₄	P			
99901		UNESUM	0,6 ha	7,7 LAL	19 B	48 A			
Ppm									
S	Zn	Cu	Fe	Mn	B				
9 B	7,8 A	11,0 A	23 M	13,4 M	0,29 B				
meq/100 ml									
K	Ca	Mg							
0,85 A	13 A	4,8 A							
Interpretación									
pH						Elementos N a B			
M _{Ac} = Muy Ácido	Lac = Liger. Acido	Lal = Lige. Alcalino		RC = Requiere Cal		B = Bajo			
Ac=Ácido	PN = Prac. Neutro	McAl = Media. Alcalino				M = Medio			
MeAc= Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino				A = Alto			

Los resultados de los análisis de suelo (Tabla 2) realizado en el ensayo de Andil muestran valores bajos de materia orgánica, de acuerdo con la textura y los porcentajes de arena, limo y arcilla, se presenta un suelo Franco – Arcilloso, pH ligeramente alcalino, contenido alto de Zinc y Cobre, 7,8 y 11,0 ppm, respectivamente. Por otra parte se encontraron contenidos altos de Potasio, Calcio y Magnesio (0,85; 13 y 4,8 meq/100 ml), respectivamente. Por todo lo antes expuesto se procedió a fertilizar la plantación, según se explicó en el epígrafe fertilización.

Variables climáticas: De acuerdo con los datos del clima para la zona de Jipijapa, donde se encuentra establecido el ensayo, se presenta un clima tropical, con temperatura media anual de 23,0 °C; con un promedio de precipitación anual de 1 486 mm; las horas luz, en total 1 265,34 horas/año, promedio de 41,7 horas de sol/mes (Climate-Data.Org, 2021). En contraste, existen estudios que tratan sobre la ecología de la *Jatropha curcas*; a decir de Maes, Trabucco, Achten & Muys (2009), plantearon que la inversión masiva en nuevas plantaciones de *Jatropha* en todo el mundo no se basa suficientemente en un conocimiento científico profundo de su ecología y esto lo sustentaron en que, en su estudio, la mayoría de los especímenes (87 %) se encontraron en climas tropicales de sabana y monzón (Am, Aw), en este caso igual que en el ensayo de Andil, o sea (Aw) y en climas templados sin estación seca y con verano caluroso (C_{fa}), mientras que muy pocos se encontraron en semiáridos (BS) y ninguno en climas áridos (BW). El noventa y cinco por ciento de los especímenes crecieron en áreas con una precipitación media anual superior a 944 mm año -1, que en Andil se da superior a los 1 000 mm/año y una temperatura mínima media del mes más frío (Tmin) superior a 10,5 °C. El rango de temperatura media anual fue de 19,3 a 27,2 °C, dentro de los cuales se encuentra el ensayo de Andil, con temperatura promedio anual de 23 °C.

Al respecto, de las variables climáticas Wencomo et al., (2020), plantearon que se debe considerar lo planteado por Machado (2011), quien refiere que por lo regular las plantas frutales y otras leñosas suelen poseer alto grado de variabilidad. Esto se debe a que son netamente heterocigóticas y alógamas (de polinización cruzada), situación que conduce a la segregación genética en la descendencia, como sucede en *Jatropha curcas*. Lo anterior pudiera indicar que, independientemente de las condiciones edafoclimáticas, las poblaciones y, en particular, las accesiones de *Jatropha curcas* (no tóxicas), pueden expresar marcada variación entre individuos para algunos indicadores y agruparse en función de esas variables, lo que puede representar un elemento positivo en el trabajo de caracterización y evaluación como el que se ha realizado en la granja de Andil.

Altura de la planta: Los resultados de la evaluación de la variable altura de las plantas, evidencian el comportamiento de los seis tratamientos distribuidas en cuatro repeticiones durante los siete meses evaluados (diciembre 2020 a junio 2021); en este aspecto se encontraron plantas con alturas máximas de 280 cm y alturas mínimas de 35 cm; estos resultados se asemejan a lo obtenido en un ensayo realizado con 18 accesiones procedentes de un banco de germoplasma en Colombia, reportando una altura máxima de 276 cm en un lapso de 18 meses de investigación (Guerrero, Campuzano, Rojas, & Pachon, 2011).

Los valores de la altura de las plantas de Andil, también concuerdan con los obtenidos por Araiza-Lizarde et al., (2016), quienes reportaron alturas de las plantas en un intervalo de 2,25 a 4,59 m, en un estudio de tres poblaciones silvestres de *Jatropha curcas* L. en la región sur y centro de Sinaloa.

En este mismo orden los resultados del ensayo en la granja de Andil difieren con los obtenidos en Nicaragua por López (2011), quien obtuvo promedios de 110 cm de altura en plantas producidas mediante estacas, y un promedio de 160 cm de altura en plantas producidas mediante raíz desnudas, en un periodo de 12 meses; de acuerdo con este último autor, la *Jatropha curcas* tiene un alto grado de variabilidad y polinización cruzada pudiendo ser uno de estos los factores que influyeron en el desarrollo de su crecimiento en Nicaragua.

Diámetro en la base del tallo: Los valores para el diámetro del tallo alcanzados en los seis tratamientos establecidos reflejan que el diámetro máximo alcanzado fue de 7,06 cm (70,6 mm) en el Tratamiento 3 (T3) y un diámetro mínimo de 5,28 cm (52,8 mm) en el Tratamiento 3, primera repetición (R1). Estos resultados alcanzados en los primeros siete meses del estudio, corroboran un comportamiento exitoso de los materiales probados en la granja de Andil, en comparación con los valores obtenidos por Guerrero *et al.*, (2011), quienes reportaron 84,5 mm, de diámetro promedio dentro de un rango de 78,4 mm y 90,7 mm a los 18 meses. Según estos autores, dicho atributo en otras regiones como India presentan 13,57 cm de diámetro al año después del trasplante, lo que corrobora la procedencia de los híbridos plantados en Andil que fueron traídos de ese país asiático. Estos resultados difieren con los obtenidos por Araiza-Lizarde et al., (2016), quienes reportaron el diámetro basal de 18,75-24,81 cm en el estudio de tres poblaciones silvestres, anteriormente mencionado.

Número de ramas: Los resultados obtenidos en Andil para el número de ramas muestran valores entre 1,50 y 5,75 ramas por planta, superiores a los obtenidos por Guerrero *et al.*, (2011), quienes reportaron 4,6 ramas en promedio oscilando entre 4 a 5 ramas por planta, esto puede estar influenciado por el genotipo de los híbridos probados en Andil, que superan los obtenidos por Araiza-Lizarde *et al.*, (2016), que reportaron que en tres poblaciones silvestres de *Jatropha curcas*, un número de ramificaciones de dos a cuatro.

Número de inflorescencias: En relación con el número de inflorescencias, en el ensayo de la granja de Andil se contabilizaron un máximo de 13 inflorescencias para una planta en el T4 (Híbrido JAT 001165), aspecto que servirá para proponer los mejores tratamientos de este ensayo, en concordancia con lo planteado por Palacios *et al.*, (2016), a saber, el número de inflorescencias y de flores femeninas en *Jatropha curcas* son factores que determinan su productividad.

Los resultados obtenidos sobre el número de inflorescencias en el ensayo de la granja de Andil son incipientes debido al corto tiempo que ha transcurrido desde la plantación (nueve meses), en este caso se asume que la floración que se presentó desde el mes de abril de 2021 fue producto del estrés hídrico que sufrieron las plantas durante la primera etapa postrasplante, por tanto los resultados difieren de los obtenidos por Chakrabarty, Islam, Sultana & Chakraborty (2019) en una investigación de diversidad genética de genotipos de *Jatropha curcas* en Bangladesh, que reportaron 21,00–210,00 inflorescencias durante el primer año.

En resumidas cuentas, el artículo analiza los resultados de este estudio, donde se han evaluado diversos parámetros como crecimiento, desarrollo y productividad de los diferentes materiales genéticos de *Jatropha curcas* L. Los datos recopilados demuestran que algunos híbridos y clones presentan una mayor capacidad de adaptación a las condiciones climáticas, edáficas y de manejo de la granja.

Resulta claro que estos hallazgos son de gran relevancia para la selección de los materiales más adecuados para su cultivo en la zona de estudio, optimizando así la producción y rentabilidad de este cultivo alternativo. Además, los resultados contribuyen al conocimiento científico sobre la plasticidad fenotípica de *Jatropha curcas* L. y su potencial de uso en programas de mejoramiento genético y desarrollo de variedades adaptadas a diferentes ambientes.

Por último, es conveniente acotar que, la adaptabilidad observada en los híbridos y clones de piñón puede atribuirse a su diversidad genética, lo que les permite responder favorablemente a diferentes estreses ambientales. La hibridación entre especies cercanas ha demostrado generar individuos con características mejoradas, como mayor resistencia a plagas y enfermedades, así como tolerancia a condiciones abióticas adversas. Esto es especialmente relevante en contextos donde las condiciones climáticas pueden ser extremas o variables. Además, se debe considerar que la interacción entre genotipo y ambiente juega un papel fundamental en la expresión fenotípica de los clones estudiados. Por lo tanto, es esencial realizar estudios adicionales que profundicen en cómo estas interacciones afectan el rendimiento a largo plazo.

CONCLUSIONES

Los híbridos y clones de *Jatropha curcas* L. (piñón) evaluados en la granja experimental Andil muestran un potencial significativo para adaptarse a diversas condiciones ambientales como son el clima y el suelo. Esta adaptabilidad no solo es crucial para su éxito en reforestación sino también para contribuir al manejo sostenible de los recursos forestales. Se recomienda continuar con estudios longitudinales que permitan evaluar el comportamiento a largo plazo de estos híbridos bajo diferentes escenarios climáticos.

Se concluye entonces que, el estudio realizado en la Granja Experimental Andil ofrece información valiosa para promover el cultivo sostenible de *Jatropha curcas* L. en la zona, aprovechando las ventajas de los híbridos y clones mejor adaptados a las condiciones locales.

BIBLIOGRAFIA

Referencias

Betancur, J. C., Hernández, C. M., & París, L. S. (2018). Propiedades físicas y mecánicas de la semilla de *Jatropha curcas* cultivada en Colombia. *REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA*, 20-90.

Cabrales, R., Betancur, C. A., & Rodríguez, L. A. (2019). *CULTIVO DEL PIÑÓN (Jatropha curcas L.); MANEJO NUTRICIONAL Y USOS EN CÓRDOBA, COLOMBIA*. Montería - Córdoba: Fondo Editorial.

García, V. J., Mendoza, J. R., García, S. A., Burgos, G. A., & García, G. O. (2021). EPOXIDACIÓN DEL ACEITE VEGETAL DE *JATROPHA CURCAS* L. CON ÁCIDO FÓRMICO, DE LA PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR. *Revista Bases de la Ciencia*, 21-32. Obtenido de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/4125/4342>

Guevara, G. P., Verdesoto, A. E., & Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 163-173. Obtenido de <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>

Haaz, E. S., & Sepúlveda, I. (2023). *Jatropha curcas*: una opción para el desarrollo sostenible en el ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche, México. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 21(41), 1-21. doi:<http://doi.org/10.15359/prne.21-41.1>