

Calidad de planta de progenies superiores en producción de resina de *Pinus pseudostrabus* LINDL.

Plant quality of superior progenies in resin production of *Pinus pseudostrabus* LINDL.

Jonathan Hernández-Ramos¹ , J. Trinidad Sáenz-Reyes² , Alicia Sagrario Chávez-García³ ,
H. Jesús Muñoz-Flores² , J. Jesús García-Magaña³ , Martín Gómez-Cárdenas^{2*} 

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, CP. 38010. Celaya, Guanajuato, México.

²INIFAP-Campo Experimental Uruapan. Av. Latinoamericana #1101, Revolución, Uruapan del Progreso, CP. 60150. Michoacán de Ocampo, México.

³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)-Facultad de Agrobiología. Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Emiliano Zapata, CP. 60170. Uruapan, Michoacán, México.

*Autor de correspondencia: martingomezcar@gmail.com

Artículo científico

Recibido: 12 de marzo 2025

Aceptado: 26 de mayo 2025

RESUMEN. En la propagación de plantas en vivero es importante la definición de parámetros de calidad para asegurar su supervivencia en campo. No existe evaluación de progenies superiores en la producción de resina en Michoacán, aun cuando esta actividad económica es la más importante en producción no maderable. El objetivo fue generar parámetros de calidad de planta para progenies dominantes en el sitio con producción de resina de *Pinus pseudostrabus*. En 2019, se recolectó semilla de 27 progenies sobresalientes en producción de resina, cinco meses después de la siembra se trasplantaron a bolsas de polietileno. Se evaluaron bajo un diseño experimental de bloques al azar con cinco repeticiones. A 15 meses después del trasplante, se determinó la altura, diámetro basal y biomasa total, además, se calcularon los índices de esbeltez, calidad de Dickson y lignificación; también se determinaron intervalos en índices o relaciones de calidad de planta. El análisis de varianza y la prueba de separación de medias de Student-Newman-Keuls, señalan diferencias altamente significativas entre las progenies ($\alpha = 0.01$). La progenie Llano 2 es resistente al efecto ambiental, en tanto, Gómez 8 y Pascuala 9 son de crecimiento medio y biomasa mayor de 57.2 g, por sus características morfológicas e índices de calidad de planta son las más adecuadas para establecimiento de plantaciones para producción de resina. Los índices de calidad de planta empleados en este estudio son de fácil ejecución e interpretación en los viveros forestales para la identificación de plantas de calidad.

Palabras clave: Bosques de pino, medios hermanos, planta de vivero, plantaciones no maderables.

ABSTRACT. In the propagation of plants in nurseries, it is important to define quality parameters to ensure their survival in the field. There is no evaluation of superior progenies in resin production in Michoacán, even though this economic activity is the most important in non-timber production. The objective was to generate plant quality parameters for dominant progenies at the site with resin production of *Pinus pseudostrabus*. In 2019, seed of 27 outstanding progenies in resin production was collected and five months after sowing they were transplanted into polyethylene bags and placed under the experimental design of random blocks with five repetitions, where the most vigorous individuals that represented the greatest number of individuals were included. potential. At 15 months after the transplant, the total height, basal diameter and biomass were evaluated, in addition, the slenderness indices, Dickson quality and lignification were calculated; intervals in plant quality indices or relationships were also determined. The analysis of variance and the Student-Newman-Keuls mean separation test show highly significant differences between the progenies ($\alpha = 0.01$). The Llano 2 progeny is resistant to environmental effects, while Gómez 8 and Pascuala 9 have medium growth and more than 57.2 g biomass but are the most suitable for establishing plantations for resin production, given their morphological characteristics and plant quality indices. The plant quality indices generated and used in this study are easy to implement and interpret in forest nurseries for the identification of quality plants.

Keywords: Half-siblings, pine forests, nursery plant, non-timber plantations.

INTRODUCCIÓN

Debido al deterioro ambiental y cambio climático, los viveros que propagan especies forestales son cada vez más importantes porque proveen plantas para la restauración de ecosistemas, establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC), dasonomía urbana o sistemas agroforestales, que contribuyen a mitigar los problemas ecológicos (Dilaver *et al.* 2015). Se ha demostrado que conforme se mejoren las técnicas de cultivo y se incremente la calidad de la planta, las tasas de supervivencia y crecimiento de las PFC se incrementa, lo que contribuye a disminuir el deterioro de los ecosistemas forestales (Paz *et al.* 2023).

Durante la etapa de vivero, las plantas deben desarrollar los atributos morfológicos y fisiológicos necesarios para garantizar su establecimiento en ambientes específicos, lo que incrementa sus probabilidades de supervivencia y desarrollo en campo. Para lograr un establecimiento exitoso, es fundamental considerar el concepto de calidad de planta. Un árbol que aparenta estar sano en su parte aérea no necesariamente cuenta con un sistema radical vigoroso o adecuado, y este desequilibrio puede traducirse en baja tasa de supervivencia, especialmente bajo condiciones ambientales adversas (Martínez-Nevárez *et al.* 2023). Una planta de calidad cumple con los objetivos de su establecimiento en campo y puede establecerse en el lugar y desarrollarse acorde a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación. Además, de tener las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero, donde las prácticas de manejo influyen directamente en su calidad, que se determina con base a cualidades morfológicas como diámetro basal, altura total o biomasa verde total, fisiológicas como crecimiento, desarrollo o tasa fotosintética y de índices como esbeltez, de calidad de Dickson o de lignificación (Sáenz-Reyes *et al.* 2019).

Las plantas son entes vivientes y su calidad puede afectarse por el estrés inducido en la etapa de cultivo, cosecha, empaclado, clasificación, manejo, poda, almacenamiento, transporte y plantación (Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo 2019). La calidad de planta se refiere a las características genéticas expresadas a través de particularidades morfológicas y fisiológicas apropiadas para sobrevivir y crecer satisfactoriamente bajo las condiciones del sitio de establecimiento (plasticidad), y son un indicio de la productividad de los individuos (Chávez-García *et al.* 2022, Soto *et al.* 2025). Los estudios revisados emplean parámetros morfológicos como indicadores de calidad de planta debido a la facilidad de su determinación; los índices fisiológicos presentan mayor dificultad porque se ocupan equipos e instrumentos especializados, en adición, se necesita personal capacitado y capital para cubrir los costos (Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo 2019).

La supervivencia de una plantación forestal depende de múltiples factores, entre ellos, el origen y plasticidad del germoplasma utilizado (Chávez-García *et al.* 2022, Soto *et al.* 2025), tipo de manejo en vivero, o las labores culturales aplicadas (Barrera-Ramírez *et al.* 2021), que en su conjunto determinan la calidad de planta propagada (Sáenz-Reyes *et al.* 2019); mientras que, en campo se puede considerar la preparación del terreno, época de plantación adecuada y la correcta colocación en la cepa (Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo 2019). Sin embargo, la planta de alta calidad es fundamental para el éxito de cualquier actividad de establecimiento de planta forestal (Andivia *et al.* 2021).

Michoacán es uno de los mayores productores de resina en el país (SEMARNAT 2017), y particularmente la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP) cuenta con un programa para establecimiento de plantaciones con fines de resinación por lo que es imprescindible definir parámetros de calidad de planta para variados ambientes (Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo 2019, Sáenz-Reyes *et al.* 2019), en donde los valores cuantitativos de referencia del individuo dan indicios de las posibilidades de establecerse y desarrollarse, en condiciones de sequía o sitios con densidad alta de arbustos o herbáceas. Por ello, se planteó el objetivo de generar parámetros de calidad de planta para progenies dominantes en el sitio con producción de resina de *Pinus pseudostrobus* Lindl.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de germoplasma

Se realizaron recorridos de campo donde se identificaron y seleccionaron 27 árboles con dominancia vertical mediante la metodología de índice de sitio (IS) entre 35 y 94 años; y que registraron la mayor producción de resina del rodal. Estos individuos fueron localizados dentro de los bosques de la CISJNP, Michoacán en seis localidades o cuarteles de resinación, distribuidos en una altitud de 2 200 a 2 800 m. Se recolectó semilla en 2019 para la reproducción de 250 plantas por familia (árbol) en el vivero Pukantzico, propiedad de dicha comunidad, ubicado a 2 290 m de altitud en un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano (Cw), isoyeta de 1 500 mm y una isoterma de 16 °C.

Reproducción y muestreo destructivo

El sustrato utilizado consistió en una mezcla de suelo con 60% de Andosol y 40% mantillo de encino. De las plantas propagadas por familia, a cinco meses después de la siembra de la semilla, se trasplantaron cinco plantas sobresalientes por su altura de cada familia a bolsas de polietileno de un kilogramo, se usó la altura de planta debido a que es la característica que da indicios más confiables de su desarrollo en campo (Muñoz *et al.* 2015); las cuales se colocaron bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

15 meses después del trasplante, se midieron las siguientes variables: *i*) Diámetro basal (Db , mm) medida con un vernier digital modelo Truper®, con precisión ± 0.1 mm; *ii*) Altura total (At , cm) medida desde la base del tallo hasta la yema con una regla graduada de 100 ± 0.01 cm; y *iii*) Biomasa verde total (BVt , g), registrada por cada estructura al separar el follaje-tallo y raíz y pesar en una báscula portátil marca Volke®, modelo SF-400 graduada en gramos, con precisión de ± 0.1 g, los valores se sumaron para obtener la BVt , g. La *iv*) biomasa seca total (BSt , g), se obtuvo con la suma de la biomasa seca de las partes aérea y radical, para ello, las muestras se colocaron en una estufa de secado por 72 horas a 70 °C y una vez obtenido el peso seco constante, se pesaron en la báscula de precisión con aproximación ± 0.001 g.

Índices de calidad morfológica

Con los datos recopilados se calcularon los siguientes índices o relaciones de calidad de planta: Índice de esbeltez (IE): como la relación entre $At-Db$ de la planta, cuando se tienen valores bajos se

asocia a mejor calidad de planta al ser más robusta. Los valores mayores indican que la planta es menos fuerte y más esbelta por la desproporción que existe entre altura y diámetro, y tienden a inclinarse al no soportar su peso, lo deseable es que sea menor a seis (Prieto *et al.* 2003); se estimó con la expresión:

$$IE = \frac{\text{Altura total (cm)}}{\text{Diámetro basal (mm)}}$$

Relación biomasa seca aérea/biomasa seca de raíz (RBs)

Se definió como la proporción de la biomasa aérea con respecto a la biomasa de la raíz. El índice refleja el desarrollo morfológico de la planta cultivada en vivero; una relación entre 1.5 y 2.5 expresan un balance óptimo y valores mayores a 2.5 señalan desproporción entre la parte aérea y radical (Sáenz *et al.* 2010, Prieto y Sáenz 2011). El valor se calculó con la expresión:

$$RBs = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca de raíz (g)}}$$

Índice de calidad de Dickson (ICD)

Permite evaluar las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra y se utiliza para predecir el comportamiento en campo de plántulas (Sáenz *et al.* 2010). Este indicador es la mejor referencia para valorar la calidad de planta de vivero debido a que expresa el equilibrio de la distribución de la biomasa y su robustez, esto permite evitar la selección de plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor. El índice se determinó con la siguiente fórmula:

$$ICD = \frac{\text{Biomasa total seca (g)}}{\text{Altura total (cm)} / \text{Diámetro basal (mm)} + RBs}$$

Índice de lignificación (IL)

Se determinó con el porcentaje de peso seco con relación al contenido de humedad en las plantas, lo que expresa el nivel de pre-acondicionamiento. Se calculó con la expresión:

$$IL = \left(\frac{\text{Biomasa total seca (g)}}{\text{Biomasa total verde (g)}} \right) * 100$$

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el diseño de bloques al azar (Martínez *et al.* 2020). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de separación de medias de Student-Newman-Keuls (SNK), la cual se deriva de Tukey, pero es menos conservadora a un nivel de confiabilidad del 99% ($\alpha = 0.01$) (Hiram y Dickey 1997). Con la prueba de Shapiro-Wilk se comprobó la normalidad de las variables analizadas y con la de Levene la homogeneidad de la varianza a un nivel de confiabilidad del 95% para poder realizar el ANOVA (Cetinkaya-Rundel *et al.* 2019, Martínez *et al.* 2020).

A la matriz de datos generada que incluyó a las variables morfológicas (*At*, *Db* y *BSt*) y los valores de los índices de 135 plantas (*ICD*, *IE* e *IL*), así como la *RBs*, se le determinó el intervalo de calidad de planta en cada una y se realizaron los ANOVA ($\alpha \leq 0.05$) con el programa estadístico R (R Core Team 2022) de acuerdo con Martínez *et al.* (2020). Con el intervalo de los datos máximos y mínimos,

se elaboró una tabla con tres niveles de calidad de planta: baja, media y alta de acuerdo con su valor en cada parámetro evaluado: *Db*, *At*, *IE*, *RBs*, *BSt*, e *IL*. Posterior, se determinó la calidad de planta de cada una de las progenies, de acuerdo con la tabla mencionada.

RESULTADOS

La estadística descriptiva de las 27 progenies de *Pinus pseudostrobus* superiores en producción de resina, señala un grado de concentración de los valores en la región central de la distribución con una forma leptocúrtica identificando problemas de curtosis en el *Db*; mientras que, la mayor variabilidad en la muestra la tiene la *At*, pero la menor se presenta en la relación entre la biomasa seca aérea del tallo-follaje/biomasa seca raíz (g g^{-1}). Los valores y estadística descriptiva de los intervalos de las variables e índices analizados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Estadística descriptiva de 27 progenies superiores en producción de resina de *Pinus pseudostrobus*.

Estadístico/Variable	Datos originales						
	<i>Db</i>	<i>At</i>	<i>IE</i>	<i>RBs</i>	<i>BSt</i>	<i>ICD</i>	<i>IL</i>
Mínimo	8.57	24.20	1.54	1.5156	29.10	4.64	17.15
Media	12.65	53.03	4.28	2.4982	49.44	7.46	37.96
Máximo	30.76	81.80	6.39	4.3474	85.70	14.19	50.22
Error típico	0.2297	0.8446	0.0736	0.0376	0.7597	0.1545	0.4104
Desviación estándar	2.6389	9.7038	0.8458	0.4324	8.7279	1.7753	4.7148
Varianza de la muestra	6.9639	94.1645	0.7153	0.1869	76.1764	3.1516	22.2293
Curtosis	16.17	0.62	0.10	1.86	1.40	1.20	2.16
Coficiente de asimetría	2.77	0.10	-0.29	0.80	0.65	0.97	-0.76

Db = diámetro basal (mm), *At* = Altura total (cm), *IE* = Índice de esbeltez (cm mm^{-1}), *RBs* = Relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz (g g^{-1}), *BSt* = Biomasa seca total (g), *ICD* = Índice de calidad de Dickson, *IL* = Índice de lignificación, log: logaritmo natural.

Al verificar la normalidad de la información utilizada se tiene que las variables de *At* e *IE* se distribuyen de forma normal. Sin embargo, en las variables de *Db*, *RBs*, *BSt*, *ICD* e *IL*, se tuvo que realizar una transformación para dar cumplimiento a este supuesto. En la Tabla 2, se presentan las transformaciones, consideradas que fueron: $1/Db$, $\log(RBs)$, $\log(BSt)$, $\log(ICD)$ e IL^2 . Al realizar las transformaciones, las pruebas de normalidad de SW y de varianza de Levene, se observa que se cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad de la varianza, por lo cual se procedió a realizar el ANOVA paramétrico.

Los ANOVA's realizados para las variables: *Db*, *At*, *IE*, *RBs*, *BSt*, e *IL*, indican diferencias en la respuesta morfológica, índices utilizados y relaciones entre las progenies ($p \leq 0.05$) pero no entre los bloques, lo cual es lo deseable en un análisis experimental ya que esto último se realiza para reducir la variabilidad experimental que podría estar asociada con otras variables no deseadas. El *ICD* no mostró diferencias significativas ($p > 0.01$); conjuntamente en el análisis, el *IL* reportó la mayor variabilidad (Tabla 3).

Tabla 2. Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y de homocedasticidad de varianza de Levene para los datos originales y sus transformaciones, de progenies superiores en producción de resina de *Pinus pseudostrabus*.

Variable	W	p-valor	Transformación	W	p-valor	Valor de F	Pr>F
Db	0.8176	<0.0001	1/Db	0.989	0.3470	0.6949	0.8564
At	0.9902	0.4806				0.6652	0.8836
IE	0.9911	0.5696				0.6457	0.8998
RBs	0.9664	<0.0001	log(RB)	0.994	0.8625	0.4781	0.9835
BSt	0.9467	<0.0001	log(Bt)	0.991	0.5955	0.9073	0.5975
ICD	0.9455	<0.0001	log(ICD)	0.988	0.2962	0.6921	0.8590
IL	0.9683	<0.0001	IL ²	0.993	0.7977	1.2035	0.2519

Db = diámetro basal (mm), At = Altura total (cm), IE = Índice de esbeltez (cm mm⁻¹), RBs = Relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz (g g⁻¹), BSt = Biomasa seca total (g), ICD = Índice de calidad de Dickson, IL = Índice de lignificación. log = Logaritmo natural, W = Valor de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, F = Valor de prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, p-valor y Pr>F = Valor de decisión de probabilidad al 99% de confiabilidad (>0.01).

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA), coeficiente de variación (CV) y prueba de supuestos de regresión para las variables analizadas, de progenies superiores en producción de resina de *Pinus pseudostrabus*.

Variable	Grupo	Valor F	Pr>F	CV (%)	W	p valor	F	Pr>F
1/Db	Bloque	0.253	0.9072	15.176	0.972	0.0815	0.695	0.8564
	Progenie	2.491	0.0006					
At	Bloque	2.284	0.0655	14.064	0.997	0.9955	0.665	0.8836
	Progenie	4.294	<0.0001					
IE	Bloque	0.782	0.5395	16.782	0.984	0.1291	0.646	0.8998
	Progenie	2.970	<0.0001					
RBs	Bloque	2.912	0.0251	14.937	0.989	0.3951	0.478	0.9835
	Progenie	3.687	<0.0001					
log(BSt)	Bloque	0.339	0.8509	4.050	0.990	0.4921	0.907	0.5975
	Progenie	2.268	0.0020					
log(ICD)	Bloque	0.047	0.9959	10.740	0.988	0.3342	0.692	0.8590
	Progenie	1.840	0.0168					
IL ²	Bloque	0.434	0.7838	19.232	0.978	0.0314	1.204	0.2519
	Progenie	3.573	<0.0001					

Db = Diámetro basal (mm), At = Altura total (cm), IE = Índice de esbeltez (cm mm⁻¹), RBs = Relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz (g g⁻¹), BSt = Biomasa seca total (g), ICD = Índice de calidad de Dickson, IL = Índice de lignificación. log = Logaritmo natural, W = Valor de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, F = Valor de prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, p-valor y Pr>F = Valor de decisión de probabilidad al 99% de confiabilidad (> 0.01).

Posterior a las transformaciones, los valores obtenidos de las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene (Tabla 3, W y F) señalan de manera cuantitativa el cumplimiento de los supuestos de regresión, lo cual se ratifica en el caso de la normalidad en la Figura 1 donde se identifica una tendencia hacia la línea recta entre los cuantiles teóricos y los residuales estandarizados, sin estar fuera de los intervalos de confianza o presentar puntos aberrantes que indiquen problemas de distribución.

La distribución de los errores del modelo implícito en el ANOVA indica la misma varianza en todos los niveles de las variables independientes utilizadas (cerca de cero) por lo que se puede afirmar

homocedasticidad en los residuales con una distribución homogénea en cada caso de las variables de interés (Figura 2). No se observa un aumento de los errores a medida que la variable independiente incrementa en sus dimensiones.

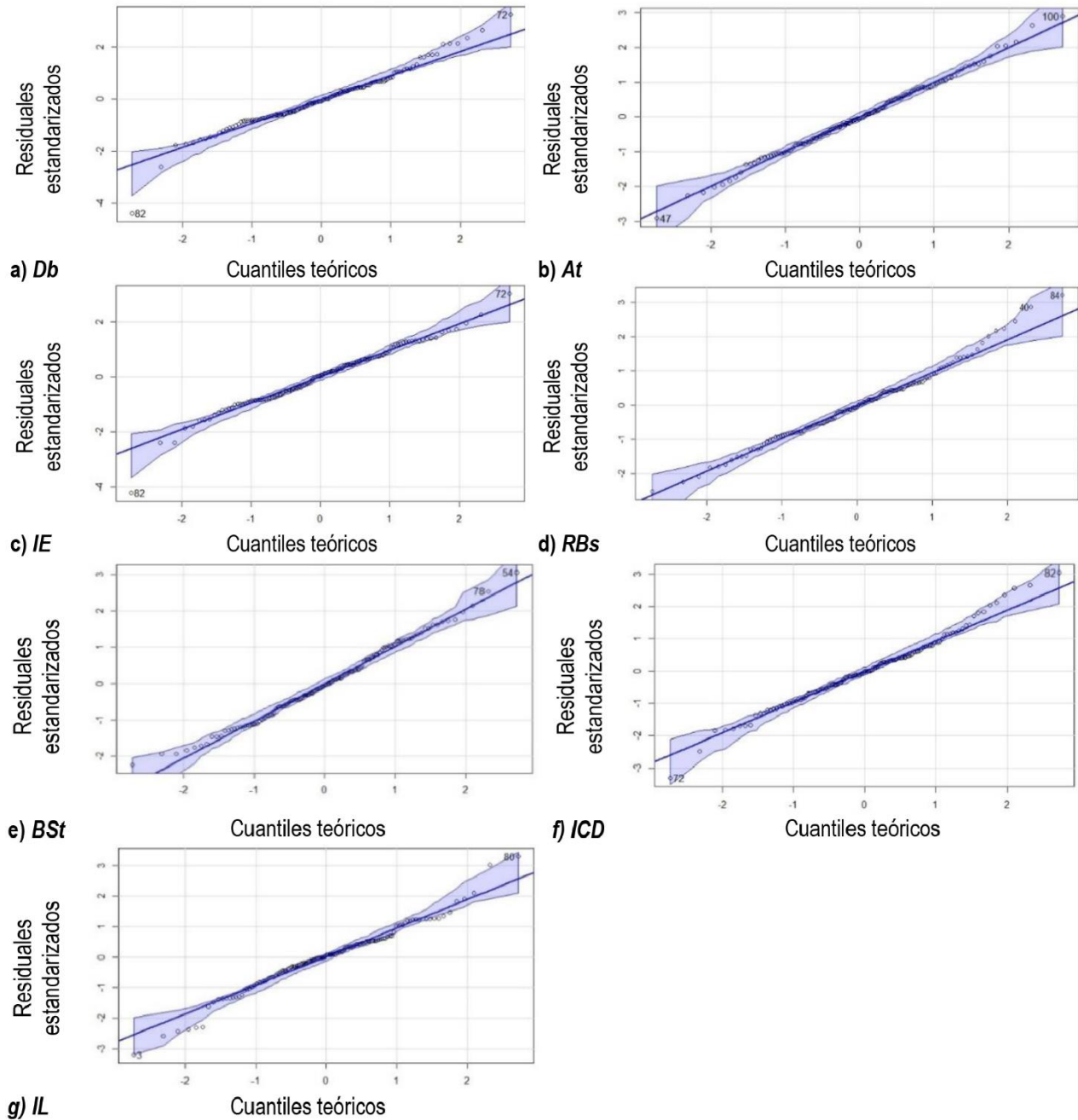


Figura 1. Pruebas de normalidad con los cuantiles teóricos versus el valor de los residuales estandarizados para las variables de interés. Donde: *Db* = diámetro basal (mm), *At* = Altura total (cm), *IE* = Índice de esbeltez (cm mm⁻¹), *RBs* = Relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz (g g⁻¹), *BSt* = Biomasa seca total (g), *ICD* = Índice de calidad de Dickson, *IL* = Índice de lignificación.

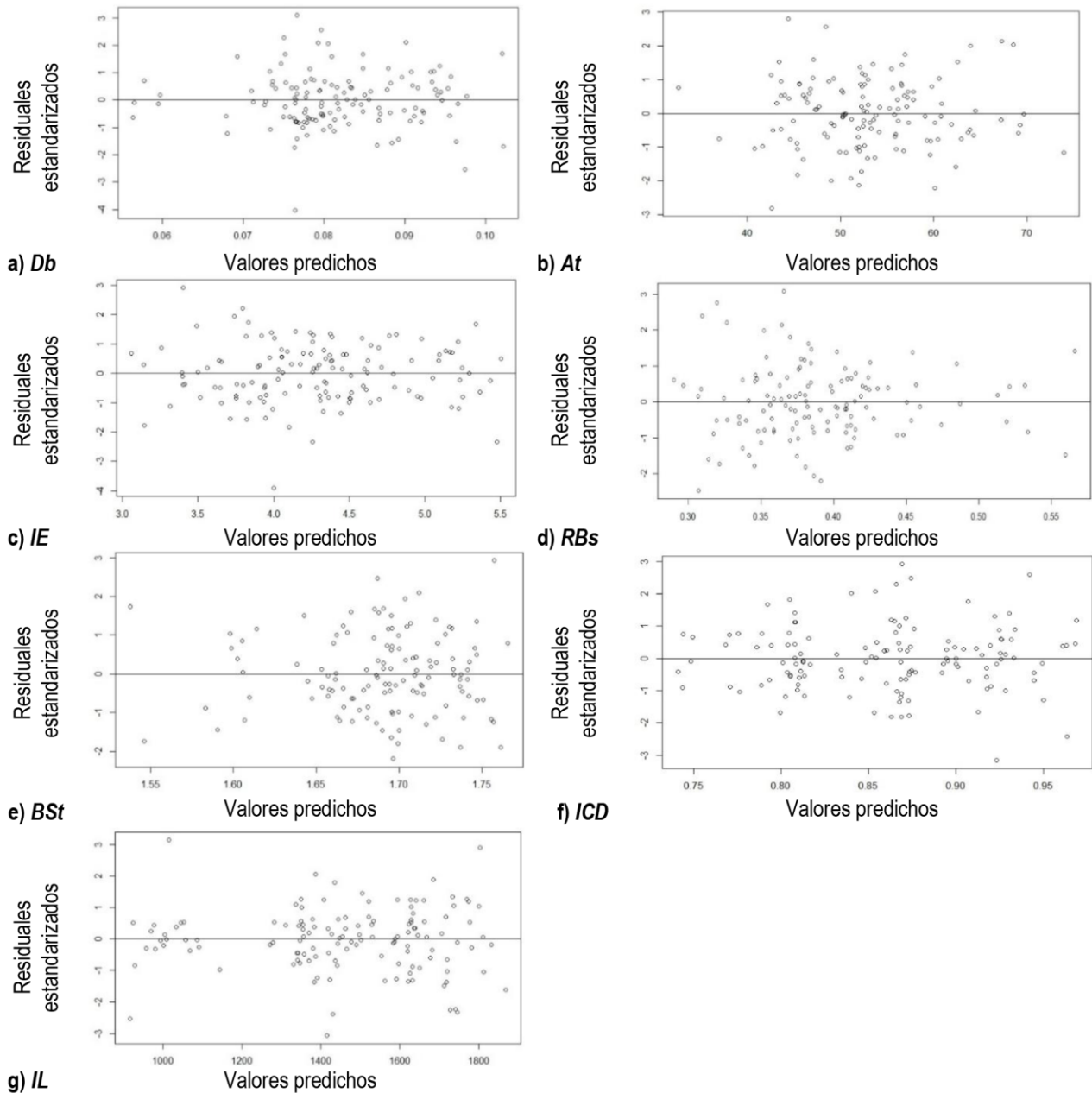


Figura 2. Prueba de homocedasticidad de la varianza para las variables de interés. Donde: *Db* = diámetro basal (mm), *At* = Altura total (cm), *IE* = Índice de esbeltez (cm mm^{-1}), *RBs* = Relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz (g g^{-1}), *BSt* = Biomasa seca total (g), *ICD* = Índice de calidad de Dickson, *IL* = Índice de lignificación.

Los grupos que se obtuvieron con la prueba de separación de medias de SNK se describen en la Tabla 4. En donde se observa que la biomasa seca total (*BSt*, g) es la que tiene menor número de grupos; caso contrario con la relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz (*RBs*, g g^{-1}). Mientras que, en el índice de esbeltez (*IE*) existe una diferencia entre las progenies extremas de 2.1 (cm mm^{-1}) y de 35.1 cm de altura total de la planta.

Estos resultados señalan que la progenie Llano 2 es la de mayores valores de *Db* e *IL* y de los menores *IE*, sin embargo, su *At* y *Bt* fueron bajas. Las progenies Gómez 3 y Tacarido 11 cuentan

con características similares en *Db*, *At*, *IE* e *IL*, y con los valores medios de biomasa seca total. La progenie Hijo Lucas y Pascuala 9, son progenies con características de *Db*, *BSt* e *IL* altos. Con la estadística descriptiva de las 27 progenies evaluadas, se determinaron valores cuantitativos de calidad de planta “grande” de árboles de *Pinus pseudostrobus*, superiores en producción de resina, que se podrían tomar como referencia en vivero para calificar las plántulas de acuerdo con su calidad (Tabla 5).

Tabla 4. Prueba de separación de medias de Student-Newman-Keuls (SNK) para las variables analizadas, de progenies de *Pinus pseudostrobus*, superiores en producción de resina.

Progenie	<i>Db</i>	Grupo	Progenie	<i>At</i>	Grupo	Progenie	<i>IE</i>	Grupo	Progenie	<i>RBs</i>	Grupo	Progenie	<i>BSt</i>	Grupo	Progenie	<i>IL</i>	Grupo
Llano 2	13.19	a	Pascuala 7	69.9	a	Gómez 1	3.2	a	Pascuala 7	1.72	a	Gómez 8	57.9	a	Llano 2	42.5	a
Gómez 3	12.17	ab	Gómez 11	64.5	ab	Llano 2	3.5	ab	Tacarido 27	1.64	ab	Pascuala 7	57.3	a	Pascuala 9	42.4	a
Tacarido 11	12.15	ab	Tacarido 22	63.2	abc	Pascuala 8	3.5	abc	Tacarido 5	1.55	bc	Pascuala 9	56.9	a	Gómez 3	42.0	a
Hijo Lucas	12.08	ab	Tacarido14	60.4	abcd	Tacarido4	3.6	abcd	Tacarido 14	1.54	bc	Tacarido14	56.8	a	Tacarido 11	41.7	ab
Pario 2	12.22	ab	Tacarido 27	59.9	abcd	Gómez 11	3.7	abcde	Gómez 11	1.54	bcd	Pascuala 16	56.5	a	Hijo Lucas	40.9	abc
Gómez 10	11.83	ab	Pascuala 16	56.8	abcd	Gómez 10	3.9	abcde	Tacarido 11	1.54	bcd	Pario 3	56.3	a	Gómez 1	40.7	abc
Tacarido 16	12.33	ab	Tacarido 5	56.7	abcd	Pario 3	3.9	abcde	Tacarido 16	1.52	cde	Gómez 13	55.9	a	Pario 2	40.7	abc
Pascuala 15	12.82	ab	Tacarido 16	56.4	abcd	Pascuala 15	3.9	abcde	Pario 5	1.50	cdef	Llano 3	55.3	a	Gómez 10	40.6	abc
Tacarido 22	12.73	abc	Hijo Lucas	56.0	abcd	Pario 5	4.0	abcde	Pascuala 8	1.48	cdefg	Tacarido 5	55.3	a	Pascuala 15	40.6	abc
Pario 6	12.20	abc	Pario 5	53.7	bcd	Gómez 8	4.0	abcde	Pascuala 16	1.48	cdefg	Tacarido 22	55.2	a	Pario 6	40.2	abc
Llano 3	12.07	abc	Pario 6	53.1	bcd	Pascuala 9	4.1	abcde	Gómez 8	1.48	cdefgh	Gómez 1	54.7	ab	Tacarido4	40.2	abc
Pascuala 9	12.07	abc	Pario 2	53.1	bcd	Gómez 13	4.1	abcde	Hijo lucas	1.48	cdefgh	Pascuala 8	54.5	ab	Pascuala 16	39.4	abcd
Tacarido 29	12.05	abc	Llano 3	53.0	bcd	Gómez 9	4.1	abcde	Pascuala 9	1.47	cdefgh	Tacarido 27	54.5	ab	Tacarido 29	39.0	abcd
Tacarido14	12.28	abc	Gómez 8	52.8	bcd	Tacarido 29	4.3	abcde	Gómez 13	1.47	cdefgh	Tacarido 16	54.4	ab	Llano 3	38.5	abcd
Pario 3	12.88	abc	Tacarido 29	52.8	bcd	Pario 6	4.4	abcde	Gómez 3	1.47	cdefgh	Tacarido 29	54.2	ab	Tacarido 22	38.1	abcd
Gómez 13	12.85	abc	Gómez 9	52.7	bcd	Tacarido 11	4.4	abcde	Pario 3	1.47	cdefgh	Pario 6	54.0	ab	Gómez 9	37.9	abcd
Gómez 8	12.80	abc	Gómez 13	52.5	bcd	Tacarido 5	4.4	abcde	Pascuala 15	1.46	cdefgh	Pario 5	54.0	ab	Gómez 8	37.6	abcd
Pascuala 8	12.40	abc	Pascuala 9	49.6	bcd	Llano 3	4.4	abcde	Pario 2	1.44	cdefgh	Tacarido4	54.0	ab	Tacarido14	37.1	abcd
Tacarido 5	12.30	abc	Pario 3	49.2	bcd	Pascuala 16	4.4	abcde	Gómez 10	1.44	cdefgh	Gómez 3	53.7	ab	Tacarido 5	37.1	abcd
Pascuala 16	12.28	abc	Tacarido4	47.9	bcd	Gómez 3	4.4	abcde	Tacarido 4	1.44	cdefgh	Pario 2	52.7	ab	Tacarido 16	37.1	abcd
Tacarido 27	12.05	abc	Tacarido 11	47.0	bcd	Tacarido 27	4.6	abcde	Tacarido 29	1.43	defgh	Gómez 10	52.6	ab	Pascuala 8	37.0	abcd
Gómez 9	11.85	abc	Gómez 1	46.2	cde	Tacarido14	4.8	abcde	Gómez 1	1.42	efgh	Hijo Lucas	52.4	ab	Gómez 13	36.9	abcd
Pascuala 7	12.49	abc	Gómez 3	46.2	cde	Pario 2	4.9	abcde	Gómez 9	1.40	fgh	Gómez 9	52.2	ab	Pario 3	36.1	abcd
Pario 5	12.56	abc	Pascuala 15	45.2	de	Tacarido 16	5.0	bcd	Pario 6	1.39	gh	Pascuala 15	49.8	ab	Tacarido 27	32.8	bcd
Tacarido4	12.63	abc	Pascuala 8	44.2	de	Pascuala 7	5.2	cde	Tacarido 22	1.39	gh	Gómez 11	49.4	ab	Pario 5	32.0	cd
Gómez 1	12.40	bc	Gómez 10	43.4	de	Tacarido 22	5.3	de	Llano 3	1.37	h	Tacarido 11	49.4	ab	Pascuala 7	31.6	cd
Gómez 11	10.88	c	Llano 2	34.8	e	Hijo Lucas	5.3	e	Llano 2	1.37	h	Llano 2	46.7	b	Gómez 11	30.8	d

Db = diámetro basal (mm), *At* = Altura total (cm), *IE* = Índice de esbeltez (cm mm⁻¹), *RBs* = Relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz (g g⁻¹), *BSt* = Biomasa seca total (g), *ICD* = Índice de calidad de Dickson, *IL* = Índice de lignificación. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0.01).

En base a la Tabla 5, se determinó la calidad de planta de las progenies evaluadas, donde se tienen calidades de baja a alta en las diferentes variables consideradas en este estudio (Tabla 6), donde la mayoría (88.8 - 96.3%) de las progenies se clasificaron como planta de calidad media en las variables evaluadas, excepto en la *RBs* donde todas son de calidad alta.

Tabla 5. Parámetros de calidad de planta “grande” para progenies superiores en producción de resina de *Pinus pseudostrabus*.

Variable	Baja	Media	Alta
Diámetro basal (<i>Db</i> , mm)	< 12	12-26	> 26
Altura total (<i>At</i> , cm)	< 38	38-68	> 68
Índice de esbeltez (<i>IE</i> , cm mm ⁻¹)	> 5	5-3	< 3
Relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz (<i>RBs</i> , g g ⁻¹)	> 4	4-2	< 2
Biomasa seca total (<i>BSt</i> , g)	< 43	43-72	> 72
Índice de calidad de Dickson (<i>ICD</i>)	< 7	7-12	> 12
Índice de lignificación (<i>IL</i> , %)	< 26	26-42	> 42

Tabla 6. Calidad de planta “grande” por variable, de las progenies superiores en producción de resina de *Pinus pseudostrabus*.

Progenie	<i>Db</i>	<i>At</i>	<i>IE</i>	<i>RBs</i>	<i>BSt</i>	<i>IL</i>
	Calidad de planta					
Gómez 1	M	A	M	A	M	M
Gómez 3	M	M	M	A	M	A
Gómez 8	M	M	M	A	M	M
Gómez 9	B	M	M	A	M	M
Gómez 10	B	M	M	A	M	M
Gómez 11	B	M	M	A	M	M
Gómez 13	M	M	M	A	M	M
Hijo Lucas	M	M	B	A	M	M
Llano 2	M	B	M	A	B	A
Llano 3	M	M	M	A	M	M
Pario 2	M	M	M	A	M	M
Pario 3	M	M	M	A	M	M
Pario 5	M	M	M	A	M	M
Pario 6	M	M	M	A	M	M
Pascuala 7	M	M	B	A	M	M
Pascuala 8	M	M	M	A	M	M
Pascuala 9	M	M	M	A	M	A
Pascuala 15	M	M	M	A	M	M
Pascuala 16	M	M	M	A	M	M
Tacarido4	M	M	M	A	M	M
Tacarido 5	M	M	M	A	M	M
Tacarido 11	M	M	M	A	M	M
Tacarido14	M	M	M	A	M	M
Tacarido 16	M	M	M	A	M	M
Tacarido 22	M	M	B	A	M	M
Tacarido 27	M	M	M	A	M	M
Tacarido 29	M	M	M	A	M	M

Db = Diámetro basal, *At* = Altura total, *IE* = Índice de esbeltez, *RBs* = Relación biomasa seca aérea del tallo-follaje /biomasa seca raíz, *BSt* = Biomasa seca total, *ICD* = Índice de calidad de Dickson, *IL* = Índice de lignificación, A = Calidad alta, M = Calidad media, B = Calidad baja.

DISCUSIÓN

Los valores en *IE* en las mejores progenies están dentro de la categoría de calidad alta de planta (< 6.0) citada por Sáenz *et al.* (2010), sin embargo, las variables de *At* y *Db* son menores a los reportados por Barrera-Ramírez *et al.* (2021) en la producción de planta patrón de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* (Mirov) Harrison (136 a 148 cm y 14 a 17 mm, respectivamente), al evaluar tres dosis de fertilización (3, 5 y 8 kg m³ de sustrato) de liberación lenta denominado Multicote® (15-7-15 + 2MgO + micronutrientes). En cuanto a *Db*, los resultados encontrados son superiores a los reportados por Pineda *et al.* (2020), quienes obtienen valores entre 4.6-9.2 mm para *Pinus greggii* Engelm ex Parl., *P. leiophylla* Schlecht. & Cham., *P. cembroides* Zucc. y *P. hartwegii* Lindl., estos valores los consideran de calidad alta, lo cual contrasta con lo determinado en la Tabla 4. De igual manera, Gallardo-Salazar *et al.* (2019) a los 12 meses para *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham., logró planta de calidad alta (4.5 mm) de acuerdo con la clasificación de Sáenz *et al.* (2010). Los valores superiores reportados en este trabajo se pueden deber a la selección del germoplasma proveniente de árboles superiores y los hábitos de crecimiento de *Pinus pseudostrobus*. En este mismo sentido, Bautista *et al.* (2005) en un ensayo sobre calidad de brinzales de *Pinus montezumae* Lamb., clasificaron la planta en base al *Db* en dos calidades: alta con valores mayores a 6 mm y baja con menores a 6 mm, y observaron que la plántula con mayor calidad (alta) tuvo sobrevivencia del 83.82% en campo, lo que demuestra que el *Db* del tallo se correlaciona con la sobrevivencia y un excelente criterio para evaluar la calidad de plántulas en vivero.

Para la variable *At*, se reporta que *Pinus greggii* y *Pinus leiophylla* (18.4 y 28.4 cm) tuvo calidad alta (Pineda *et al.* 2020), en tanto, Gallardo-Salazar *et al.* (2019) a los 12 meses en *Abies religiosa*, logró planta de calidad alta (> 29.2 cm). Esta situación es semejante a lo descrito para el *Db*, lo que hace suponer que la selección del germoplasma en la producción de planta es fundamental en una respuesta morfológica de las especies. Con respecto a la *RBs*, los valores propuestos y encontrados (Tabla 4), concuerdan parcialmente con lo reportado por Pineda *et al.* (2020) quienes citan que *Pinus cembroides*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus hartwegii* fueron planta de alta calidad con valores de 1.5-2.6, mientras que, Sáenz *et al.* (2014) en *Pinus pseudostrobus* y *Pinus greggii* obtuvieron calidad baja (2.91 y 3.9, respectivamente) y en *Pinus michoacana* Mart., calidad alta (0.4) en vivero, mientras que Gallardo-Salazar *et al.* (2019) reportan que a los 12 meses en *Abies religiosa*, se tuvo plantas de calidad alta con 1.4 en promedio.

En otros trabajos se ha demostrado que un *IE* menor a 6.0 está asociado a mejor calidad de la plántula de *Picea mariana* (Mill.) Britton; asimismo, los valores encontrados en este estudio en las mejores progenies están dentro de esta categoría (< 6.0) reportado por Sáenz *et al.* (2010). En tanto, Pineda *et al.* (2020) citan que en todos los taxones que evaluaron alcanzaron valores de 2.0-4.4, lo que indica planta de calidad alta y para *P. greggii* fue de 7.5 o planta de calidad baja. En el diagnóstico de planta forestal en viveros de Jalisco, realizado por Rueda-Sánchez *et al.* (2014) determinaron valores de *IE* de 1.6 y 4.2 (calidad alta) en *Pinus devoniana* Lindley., y *P. douglasiana* Martínez, respectivamente, a los siete meses de edad, mientras que, Sáenz *et al.* (2010) en Michoacán determinaron 10.4 (calidad baja) en *Pinus greggii*, 7.6 (calidad media) en *Pinus pseudostrobus* y 12.18 (calidad alta) en *Pinus michoacana* (especie de crecimiento cespitoso) a los nueve meses de edad. Mientras que Gallardo-Salazar *et al.* (2019) a los 12 meses en *Abies religiosa*, reporta un *IE* de 6.6

(calidad baja), por lo que de acuerdo con Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo (2019) la relación entre la altura de las plantas y su diámetro basal puede ser manipulado a través de podas aéreas en función al objetivo de la planta producida en el vivero.

Las plantas de *Pinus pseudostrabus* var. *oaxacana* en bolsas de polietileno negro con capacidad de 5.2 L en un sustrato de tierra de la unidad Andosol 80% y corteza de pino molida (20%) y con tres dosis de fertilización, a la edad de 18 meses los portainjertos alcanzaron índices de esbeltez de 9.7, 9.3 y 8.7, lo que indican planta de calidad baja, que podría mejorarse con podas aéreas (Barrera-Ramírez *et al.* 2021). En cuanto al Índice de lignificación, en *P. engelmannii* se registraron valores de 29.2, 22.9 y 24.0%, al evaluar la reducción en la disponibilidad de humedad como pre-acondicionamiento (Ávila *et al.* 2014).

Es importante mencionar que, los valores obtenidos en este estudio y los parámetros de calidad de planta puede incrementarse a través de prácticas culturales o de tipo de producción y manejo del vivero como son el aumento del área de crecimiento, podas aéreas o de raíz, dosis de fertilización y la cantidad y frecuencia del riego, tal y como lo documentan Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo (2019), Barrera-Ramírez *et al.* (2021), y Fajardo y Castañeda (2024). El análisis de la Tabla 6 muestra que el origen del germoplasma aunado con las prácticas culturales empleadas para producir plantas en vivero determina las características morfológicas de los individuos y la calidad de ésta (Rueda-Sánchez *et al.* 2014). Aun cuando las características morfológicas se consideran suficientes para clasificar la planta forestal por su calidad (Fajardo y Castañeda 2024), se pueden agregar parámetros fisiológicos que pueden dar mayor comprensión en el desarrollo y crecimiento de las plántulas, proponer distintos valores para determinar la calidad de planta y con ello contribuir a la mejora del manejo en vivero para incrementar el éxito en campo (García-Decoro *et al.* 2024). Además, cada planta tiene características fenotípicas distintas que determinan su calificación en algún grado de calidad y esto puede ser un indicio que es una progenie resistente al efecto ambiental, por lo cual se puede tomar como referencia para la definición de la calidad de planta producida y poder elegir el lugar apropiado para establecer cada progenie, de acuerdo con las condiciones de los sitios de plantación (Chávez-García *et al.* 2022, Soto *et al.* 2025). La combinación de los valores de calidad de planta y los índices de Esbeltez, de calidad de Dickson o de lignificación son indicativos de plantas estables, de buenas características de crecimiento, resistente a cambios de ambiente y con cantidad de biomasa deseable, las cuales son características morfológicas que determinan la calidad de planta y que pueden ser un indicativo de la sobrevivencia de la planta en campo (García-Decoro *et al.* 2024).

CONCLUSIONES

Las progenies Gómez 8 y Pascuala 9, son las más apropiadas para su propagación masiva para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) con fines de obtención de resina, en función de sus características morfológicas e índices de calidad de planta. Mientras que, la progenie Llano 2 es resistente al ambiente por su grado de lignificación adecuada para restauración o recuperación de terrenos forestales, pero con pocas expectativas para el establecimiento de las plantaciones forestales con fines de producción de resina. Los índices de calidad de planta generados y empleados en este estudio, son procedimientos de fácil ejecución e interpretación en

los viveros forestales, para la identificación de plantas de calidad alta de cualquier especie, preferentemente de coníferas para asegurar mejores resultados en el campo, indistintamente del objetivo de las PFC.

AGRADECIMIENTOS

A la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Andivia E, Villar-Salvador P, Oliet JA, Puértolas J, Dumroese RK, Ivetić V, Ovalle JF (2021) Climate and species stress resistance modulate the higher survival of large seedlings in forest restorations worldwide. *Ecological Applications* 31(6): 1-11. <https://doi.org/10.1002/eap.2394>
- Ávila FIJ, Prieto RJA, Hernández DJC, Whehenkel CA, Corral RJJ (2014) Preacondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. mediante déficit de riego en vivero. *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20(3): 237-245. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.02.004>
- Barrera-Ramírez R, Vargas-Hernández JJ, López-Aguillón R, Muñoz-Flores HJ, Treviño-Garza EJ, Aguirre-Calderón OA (2021) Impact of external and internal factors on successful grafting of *Pinus pseudostrabus* var. *oaxacana* (Mirov) Harrison. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 27: 243-256. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2020.05.037>
- Bautista ZN, Cetina AVM, Gil VJA, Cervantes MCT (2005) Evaluación de la calidad de brinzales de *Pinus montezumae* Lamb., producidos en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal. *Ra-Ximhai* 1: 167-176.
- Cetinkaya-Rundel M, Diez D, Barr C (2019) *Open intro statistics*. 4th Edition. OpenIntro, Inc. EE. UU. 422p.
- Chávez-García AS, Hernández-Ramos J, Muñoz-Flores HJ, García-Magaña JJ, Gómez-Cárdenas M Gutiérrez-Contreras M (2022) Plasticidad fenotípica de progenies de árboles de *Pinus pseudostrabus* Lindl. superiores en producción de resina en vivero. *Madera y Bosques* 28: e2812381. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812381>
- Dilaver M, Deyedi N, Bilir N (2015) Seedling quality and morphology in seed sources and seedling type of brutian pine (*Pinus brutia* Ten.). *World Journal of Agricultural Research* 3: 83-85. <https://doi.org/10.12691/wjar-3-2-9>
- Escobar-Alonso S, Rodríguez-Trejo DA (2019) Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género *Pinus* en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10: 4-38. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i55.558>
- Fajardo MEN, Castañeda FN (2024) Evaluación de la calidad de plantas de *Pinus oocarpa* Schiede ex schltldl en tres viveros del Programa Nacional de Reforestación, Honduras. *TATASCÁN* 32(1): 49-60. <https://doi.org/10.5377/tatascn.v32i1.19482>
- Gallardo-Salazar JL, Rodríguez-Trejo DA, Castro-Zavala S (2019) Calidad de planta y supervivencia de una plantación de oyamel [*Abies religiosa* (Kunth) Schltldl. et Cham.] de dos procedencias en México Central. *Agrociencia* 53: 631-643.

- García-Decoro S, Luna-Fox SB, Vega-Rosete S, Geada-López G, García-Quintana Y (2024) Evaluación de atributos e índices de calidad en plantas de vivero para la reforestación exitosa en Pinar del Río, Cuba: Revisión sistemática. *La Técnica* 14(1): 37-44. <https://doi.org/10.33936/latecnica.v14i1.6377>
- Hiram TJ, Dickey DA (1997) Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. McGraw-Hill series in probability and statistics. New York. EE. UU. 633p.
- Martínez-Nevarez LE, Prieto-Ruiz JÁ, Sigala-Rodríguez JÁ, García-Rodríguez JL, Martínez-Reyes M, Carrillo-Parra A, Domínguez-Calleros PA (2023) Crecimiento y eficiencia en el uso de nutrientes de plantas de *Pinus cooperi* CE Blanco producidas en vivero con un fertilizante de liberación controlada. *Terra Latinoamericana* 41: 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1707>
- Martínez GMA, Sánchez VA, Toledo AE, Faulín FJ (2020) Bioestadística amigable. 4° Ed. Elsevier España, S. L. Barcelona, España. 552p.
- Muñoz, FHJ, Sáenz RJT, Coria AVM, García MJJ, Hernández RJ, Manzanilla QGE (2015) Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(27): 72-89. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.282>
- Paz MP, Trejo DAR, Morales AV (2023) Fertilización, calidad de planta y supervivencia en campo de *Pinus* spp. en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 14(76): 71-92. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i76.1324>
- Pineda OP, Flores AE, Flores A, Buendía RE, Guerra CV, Islas GF (2020) Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11: 165-174. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.809>
- Prieto PJA, Sáenz RJT (2011) Indicadores de la calidad de planta en viveros de la Sierra Madre Occidental. Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. México. 212p.
- Prieto RJA, Vera CG, Merlín BE (2003) Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Durango. México. 24p.
- R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/fullrefman.pdf>. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2022.
- Rueda-Sánchez A, Benavides-Solorio JD, Sáenz-Reyes JT, Muñoz-Flores HJ, Prieto-Ruiz JA, Orozco-Gutiérrez G (2014) Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5: 58-72. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i22.350>
- Sáenz RJT, Muñoz FHJ, Pérez DCMÁ, Rueda SA y Hernández RJ (2014) Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(26): 98-111. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i26.293>
- Sáenz RJT, Villaseñor RFJ, Muñoz FHJ, Rueda SA, Prieto RJA (2010) Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48p.
- Sáenz-Reyes JT, Castillo-Quiroz D, Castillo-Reyes F, Muñoz-Flores HJ, Ávila-Flores DY (2019) Determination of the plant quality in cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) Under chemical and biological fertilization in nursery. *Revista Bio Ciencias* 6: 1-14. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e547>
- SEMARNAT (2017) Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2017. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Miguel Hidalgo, CdMx, México. 284p.
- Soto SMA, González AJ, Hernández LA, González AR, Hernández LS, Fragoso LNA (2025) Crecimiento en vivero y calidad de planta de árboles selectos de *Pinus cembroides* Zucc. *RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental* 19(3): 1-14. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n3-126>.