



Evaluación de atributos e índices de calidad en plantas de vivero para la reforestación exitosa en Pinar del Río, Cuba: Revisión sistemática

Evaluation of attributes and quality indices in nursery plants for successful reforestation in Pinar del Río, Cuba: Systematic review

Autores

- ✉ ¹*Samantha García-Decoro
- ✉ ²Sting Brayan Luna-Fox
- ✉ ³Sonia Vega-Rosete
- ✉ ¹Gretel Geada-López
- ✉ ²Yudel García-Quintana

¹Universidad de Pinar del Río, Cuba.

²Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.

³Universidad de Alicante, España.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: García-Decoro, S., Luna-Fox, S. B., 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. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v14i1.6377>

Recibido: Enero 18, 2024

Aceptado: Febrero 21, 2024

Publicado: Febrero 26, 2024

Resumen

El proceso de repoblación forestal resulta una de las tareas más complejas para los silvicultores ya que existen varios factores que limitan el éxito, uno de ellos tiene que ver con la calidad del material a plantar. De allí, que cada día es más importante orientar estudios que faciliten entender la adaptación de plantas al sitio definitivo y el establecimiento de plantaciones altamente productoras, considerando como base la producción de plantas de calidad en viveros. El objetivo de este trabajo fue evaluar los atributos e índices de calidad de las plantas más adecuados en los viveros forestales, mediante revisión sistemática, como contribución a los programas de reforestación en la provincia de Pinar del Río, Cuba. La metodología buscó datos relevantes a partir de la revisión de fuentes confiables relacionadas con el tema de calidad de planta en vivero. Los resultados reportaron la necesidad de diagnosticar la calidad de las plantas en vivero, mediante la combinación de parámetros morfológicos y fisiológicos que permitieron entender mejor el funcionamiento de la planta y garantizar su respuesta al sitio de plantación. Se encontró que más del 90% de los estudios expresaron una relación positiva entre el diámetro de las plantas en vivero y el crecimiento después de la plantación, resultando de alta prioridad estos parámetros para la toma de decisiones en cuanto a la calidad de las plantas forestales, lo que facilita un mayor crecimiento, supervivencia y desarrollo en las condiciones de plantación.

Palabras clave: revisión documental; reforestación; atributos morfológicos; atributos fisiológicos; plantas de calidad en vivero.

Abstract

The reforestation process is one of the most complex tasks for foresters since there are several factors that limit success, one of them has to do with the quality of the material to be planted. Hence, every day it is more important to guide studies that facilitate understanding the adaptation of plants to the site and the establishment of highly productive plantations, based on the production of quality plants in nurseries. The objective of this work was to evaluate the attributes and quality indices of the most appropriate plants in forest nurseries, through a systematic review, as a contribution to reforestation programs in the province of Pinar del Río, Cuba. The methodology sought relevant data from the review of reliable sources related to the issue of plants quality in the nursery. The results reported the need to diagnose the quality of the plants in the nursery through the combination of morphological and physiological parameters that allow us to better understand the functioning of the plants and guarantee its response to the planting site. It was found that more than 90% of the studies expressed a positive relationship between the diameter of the plant in the nursery and the growth after planting, making these parameters a high priority for decision making regarding the quality of the forest plants, which would facilitate greater growth, survival and development in plantation conditions.

Keywords: documentary review; reforestation; morphological attributes; physiological attributes, quality plants in the nursery.



Introducción

El cultivo de plantas de interés forestal en los viveros constituye una prioridad en los programas de reforestación en la provincia de Pinar del Río, reconocida por su alto compromiso para alcanzar el desarrollo forestal sostenible, donde cada día son mayores los esfuerzos en este sentido, para cumplir con las metas y compromisos del país.

La reforestación requiere plantas de calidad para incrementar la supervivencia y el desarrollo en campo (Wightman y Cruz, 2003; Paz et al., 2023). Una prueba para verificar la calidad de las plantas producidas en vivero, es su respuesta en campo, la cual depende básicamente, de los atributos genéticos y de los adquiridos a través del manejo en el vivero (Duryea, 1985; Alcalá et al., 2002; Sequía et al., 2002; Serrada, 2005).

La producción de plantas en vivero es el proceso en el cual se le proporciona a las semillas los cuidados y tratamientos necesarios para su exitosa germinación y para que la planta crezca adecuadamente, con la finalidad de que se logren altas tasas de sobrevivencia y se favorezca su desarrollo al plantarla en campo (Muñoz et al., 2015). Las prácticas de manejo en vivero se reflejan en la calidad de las plantas producidas, las cuales deben tener una serie de atributos morfológicos y fisiológicos, que le den la capacidad de adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Oliet, 2001; Salvador, 2016; Leones et al., 2018; Senilliani et al., 2021).

La calidad de las plantas se reconoce como la capacidad que tienen los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio donde se establecen (Rodríguez, 2008; Bernaola et al., 2016; Escobar y Rodríguez, 2019), la cual obedece a las características genéticas del germoplasma y a las técnicas utilizadas para su reproducción (Prieto et al., 2009). Sin embargo, al realizar una evaluación sobre la calidad de las plantas que se producen, son pocos los productores que conocen la importancia de este concepto.

El origen genético, el estado sanitario y las características morfológicas y fisiológicas establecidas durante el proceso de cultivo en vivero, conforman la calidad de una planta, que junto con la preparación del suelo y los cuidados posteriores a la plantación, son los elementos más importantes en el desarrollo de los proyectos de restauración vegetal (Montenegro, 2007; Salvador, 2016). En este contexto, son muchos los proyectos de plantaciones que fracasan porque no consideran aspectos de calidad de las plantas en el vivero ni las condiciones del sitio forestal.

Los programas de reforestación en la provincia de Pinar del Río no se encuentran exentos a esta realidad y en los viveros se

producen plantas de mala calidad, lo que atenta con los resultados de la reforestación. De allí que el objetivo de esta investigación fue evaluar los atributos e índices de calidad de las plantas más adecuados en los viveros forestales, mediante revisión sistemática, como contribución a los programas de reforestación en la provincia de Pinar del Río, Cuba.

Materiales y métodos

El estudio comprendió una investigación de carácter teórico mediante revisión sistemática (Arencibia et al., 2008), lo cual se ajustó a la selección y recopilación de información por medio de la lectura crítica de documentos y materiales bibliográficos existentes en bases de datos (Ruano et al., 2003), con el fin de tener antecedentes para profundizar en las teorías y aportaciones ya emitidas sobre el tema de atributos de calidad de las plantas forestales cultivadas en vivero.

La revisión bibliográfica sobre los atributos de calidad de las plantas, incluyó la búsqueda de artículos científicos publicados de relevancia en la temática. El presente estudio sintetizó información recopilada de 50 fuentes relevantes entre artículos indexados y libros; 10 de ellos fueron rechazados al no poseer información encaminada a la calidad de las plantas en el contexto de la investigación.

Se procedió con la búsqueda de información científica especializada en el tema de calidad de las plantas, a través del cual se realizó la lectura crítica de los artículos científicos publicados y almacenados en revistas científicas en base de datos como Scopus, Dialnet, SciELO, Science Direct, PubMed y Springer Link. El motor de búsqueda bibliográfica que se empleó fue el Google académico (Codina, 2007), el cual ordenó la información según las visitas recibidas de las páginas, y presentó suscripciones a muchas revistas a las que tiene acceso directo. La estrategia de búsqueda de la información científica consistió en identificar palabras clave, tales como: viveros forestales, calidad de las plantas forestales y atributos morfo-fisiológicos. Además, se emplearon los operadores booleanos, que son conectores de palabras o signos que se hallan estandarizados para la búsqueda en internet, entre ellos se utilizó: AND (que busca dos palabras con significado distinto), OR (que busca palabras con significado semejante), y AND NOT (que busca una palabra, pero sin alguna palabra relacionada). Para la búsqueda de palabras específicas se colocó la palabra entre comillas (“...”), y en el caso que se pretendió dar importancia a una palabra en un grupo de palabras se utilizó los signos más y menos según la búsqueda (..+, ...-) (Oller, 2003).

Desarrollo

La revisión bibliográfica aportó información sobre los atributos de calidad de las plantas que se utilizaron en los viveros

forestales para diagnosticar la calidad forestal, determinada por un conjunto de atributos morfológicos (tabla 1) tales como: diámetro, altura de la plántula, biomasa (fresca y seca aérea y radical), así como el sistema radical. A continuación, se presenta un resumen del análisis sintético realizado por varios autores que abordaron el tema sobre calidad de las plantas que comúnmente se emplearon en los viveros forestales para el diagnóstico de calidad morfológica (Davis y Jacobs, 2005; Grossnickle y South, 2017; Davis y González, 2021).

El análisis de la revisión sistemática indicó que los atributos morfológicos estuvieron correlacionados con el crecimiento

de las plántulas después de establecerlas en los sitios de plantación, porque conservaron la mayoría de las características de las plántulas durante periodos prolongados. En particular, los atributos morfológicos limitaron la susceptibilidad al estrés en la plantación y mejoraron el crecimiento, además fueron importantes para predecir el desarrollo y crecimiento luego del establecimiento de plántulas; es por esto, que los estudios que evaluaron los atributos morfológicos típicamente reportaron una respuesta positiva entre los atributos medidos y el crecimiento posterior de las plántulas.

Tabla 1. Atributos morfológicos para la calidad de las plantas forestales.

Atributo	Criterios de medición	Interpretación
Altura	Este atributo fue el más sencillo de medir. En la mayoría de los estudios se utilizó una regla graduada o cinta métrica y se realizó la medición desde la base del tallo hasta el ápice de la yema terminal de la plántula.	La altura de la planta en vivero fue una señal del nivel de desarrollo de la parte aérea, lo cual ayudó a pronosticar sus medidas de altura en campo ya que las plántulas con mayor altura mantuvieron su ventaja de altura con el tiempo; sin embargo, por sí sola no aseguró la supervivencia.
Diámetro del cuello de la raíz (DCR)	Este atributo fue uno de los más utilizados en la caracterización de la calidad de las plantas, debido al bajo costo que tuvo su medición, además de la capacidad predictiva de respuesta en campo. Se determinó con la ayuda de un calibrador Vernier mecánico y se midió en la base del tallo a todas las plantas. También se utilizó un calibrador digital STANLEY, expresado en mm.	Este atributo describe la robustez de las plántulas. Se consideró el indicador más confiable de la supervivencia y desarrollo de las plantas en campo, ya que al estar relacionado con el tamaño de las raíces y la sección transversal del transporte de agua, absorción de nutrientes, la resistencia mecánica, el grado de lignificación del tallo y la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo.
Biomasa fresca aérea y radical	Para determinar la biomasa fresca aérea y radical se tomaron muestras de plántulas, se separó la biomasa de la muestra en componentes aéreo y radical (tallo, hojas y raíz) y luego se utilizó una balanza analítica para pesar las muestras y obtener valores más exactos.	La biomasa de las plantas fue un indicador de su volumen y el área foliar. El mismo estuvo fuertemente relacionado con aspectos fisiológicos ya fuera el transporte y la actividad fotosintética; por lo que, este fue un indicador de cuan productivas pueden ser las especies en las condiciones futuras de plantación.
Biomasa seca aérea y seca radical	La biomasa seca se obtuvo de las medidas de obtenidas de los valores aéreos y radicales, expuestos a la estufa a una temperatura constante igual o superior a 60 °C durante 48 horas, posteriormente cada fracción de las plántulas fueron pesadas en una balanza analítica para obtener la biomasa seca aérea y radical.	Este atributo fue un indicador del equilibrio estructural de las diferentes partes de la planta, además indicó la proporción y existencia de un sistema radical para proveer energía a la parte aérea de la planta.
Sistema radical	Para el sistema radical se utilizaron muestras de raíces de plántulas con las cuales con una regla graduada se midió la longitud y se tomaron las dimensiones desde el cuello de la raíz de la plántula hasta el extremo distal de la misma. El potencial de crecimiento se obtuvo al contar las raíces secundarias nuevas mayores a 1 cm. Se utilizó una probeta de 100 mL con un volumen de agua común a 60 mL, se sumergieron las muestras en el interior y se determinó el volumen de la raíz.	Las plántulas con un mayor tamaño de sistemas de raíces con altos estándares morfológicos y fisiológicos ofrecieron la capacidad de superar el estrés de la plantación y así lograr establecerse en las condiciones de plantación, además de tener mayor capacidad para desarrollar raíces rápidamente después de la siembra.

En la tabla 2 se muestra un resumen del conjunto de atributos fisiológicos empleados para la calidad de las plantas forestales estudiados por varios autores (Birchler et al., 1998; Rueda et al., 2013; Sáenz et al., 2014; Ureta et al., 2018; Escobar y Rodríguez, 2019). Dentro de estos se encontraron: resistencia a la sequía,

estado nutricional, potencial de crecimiento de raíces y potencial hídrico de las plantas. El análisis crítico de la revisión sistemática permitió recomendar que para decidir la calidad de una planta forestal fue necesario la combinación del conjunto de atributos morfológicos y fisiológicos.

Tabla 2. Atributos fisiológicos para la calidad de las plantas forestales.

Atributo	Criterios de medición	Interpretación
Resistencia a la sequía	Durante el crecimiento y desarrollo de las plantas estas se deben someter a diferentes niveles de humedad, es decir riego y estrés por sequía, luego tomar muestras de suelo, con una frecuencia semanal, para cuantificar el contenido de humedad gravimétrica, y posteriormente determinar el contenido de humedad volumétrico usando determinaciones de densidad aparente.	Se consideró que el potencial hídrico de las plántulas reflejó mejor el estado hídrico instantáneo de las plántulas porque integró la respuesta de las plántulas con relación a su estado de resistencia a la sequía con relación al entorno circundante.
Estado nutricional	La determinación analítica para el estado nutricional de las plantas se realizó para el nitrógeno, mediante el método estándar micro-Kjeldahl. En el caso del fósforo se empleó el método colorimétrico de azul de molibdeno y para el potasio el método de fotometría de llama.	Este atributo contribuyó a mejorar los parámetros morfológicos de las plantas ya que estuvo relacionado con el aumento de las concentraciones nutricionales internas, estimulación en el desarrollo del sistema radical, producción de nuevas raíces, número de hojas y longitud de los pelos radicales, lo cual dio como resultado un crecimiento positivo debido a las reservas de nutrientes.
Potencial de crecimiento de las raíces (RGP)	Para estimar el potencial de crecimiento de las raíces se tomó una muestra de plántulas y luego se establecieron en contenedores, los cuales se llenaron con un sustrato que tuvo propiedades similares al sustrato que se utilizó para producir la planta en vivero y adicionaron fertilizantes. Se midió el diámetro y la altura inicial de las plantas y después de un tiempo se sacaron las muestras de los envases y se midió la altura y diámetro final y por último se sacaron con cuidado las raíces y se secaron en una estufa para determinar la biomasa seca.	El potencial de crecimiento de las raíces estuvo asociado con mejorar el establecimiento y crecimiento de las plantas después del establecimiento en campo, es decir, que todos los sistemas fisiológicos funcionaron correctamente.
Potencial hídrico foliar	Se estimó utilizando la bomba de presión de Scholander. Se tomó una muestra de hojas al alba y mediodía y se colocaron en la cámara hasta obtener las medidas de presión expresado en MPa.	Permitió diagnosticar el estado hídrico de las plantas. De esto dependió que tuvieran una respuesta favorable en campo, en cuanto a condiciones de estrés, por falta de agua.

En la tabla 3 se presentan los índices empleados para determinar la calidad de las plantas forestales. En la literatura revisada los autores reportaron como índices más empleados: relación brote/raíz, índice de calidad de Dickson, índice de esbeltez, índice de lignificación, relación parte aérea parte radical, fluorescencia de clorofila, conductancia estomática (Sánchez y Carrión, 1997; Birchler et al., 1998; Pérez et al., 2010; Sáenz et al., 2014; Ureta et al., 2018). La mayoría de los índices resultaron de la combinación de atributos morfológicos y fisiológicos y permitieron tener un criterio técnico-silvícola sobre el crecimiento potencial, grado

de desarrollo de las plantas, supervivencia en campo, resistencia mecánica, así como medidas del intercambio gaseoso de las plantas que facilitaron la toma de decisiones para el éxito en el establecimiento de las plantaciones forestales. En la tabla 4 se muestra un análisis comparativo de los resultados de autores que abordaron el tema sobre el potencial de un atributo para afectar el rendimiento de las plántulas y determinar la calidad de una planta, reportando una variación de criterios positivos, negativos y no aceptables.

Tabla 3. Índices morfológicos y fisiológicos para determinar la calidad de las plantas.

Índice	Procedimiento	Interpretación
Relación brote/raíz (S:R)	Resultó de la división de la biomasa seca del brote entre la biomasa seca de la raíz.	Ayudó a pronosticar el crecimiento de las plántulas en sitios secos o normales.
Índice de calidad de Dickson	Se estimó a partir de la combinación de la biomasa seca total de la planta como criterio de biomasa dividido sobre la esbeltez, sumando a este la relación biomasa seca aérea:biomasa seca radical.	Expresó la potencialidad de la planta con relación a la sobrevivencia y el crecimiento. Este sirvió para comparar la calidad de las plantas de diferentes tamaños.
Índice de esbeltez	Se obtuvo a partir de la relación altura y diámetro del cuello de la raíz.	Expresó el grado de resistencia mecánica de las plantas a eventos de fuertes lluvias, sequías, pastoreo, entre otros.
Índice de lignificación	Relacionó la biomasa seca total y la biomasa húmeda total de la planta.	Este índice expresó el porcentaje de lignificación.
Relación parte aérea y parte radical	Se determinó mediante la relación de la biomasa aérea dividida entre la radical.	Este índice fue un indicador de la supervivencia de las plantas.
Fluorescencia de la clorofila	Los parámetros de fluorescencia de la clorofila (ChlF) se midió a temperatura ambiente, en oscuridad controlada durante 30 min con un fluorómetro.	Se utilizó como indicador de conversión de energía fotosintética en las plantas, además proporcionó información sobre el estado del fotosistema e identificó como la clorofila utilizó la energía absorbida y en qué medida estuvo siendo dañada por el exceso de luz.
Conductancia estomática	Para medir este índice se utilizó el porómetro, el cual midió la conductancia estomática mediante el flujo de vapor desde la hoja a través de los estomas de la planta.	Permitió distinguir el grado de apertura estomática que hubo en las hojas de las plantas y tuvo la capacidad de regular la pérdida de vapor de agua y el ingreso de CO ₂ , por ende, redujo o reguló la transpiración para maximizar la fotosíntesis.
Tasa de fotosíntesis	Se utilizó un analizador de gases en infrarrojo IRGA	Sirvió para determinar la asimilación de CO ₂ de la planta. Estuvo directamente relacionado con la radiación fotosintéticamente activa (composición de la luz) y el intercambio de los gases.

Tabla 4. Análisis comparativo de resultados sobre los atributos de calidad de las plantas.

Autor(es)	Atributos morfológicos				Atributos fisiológicos		
	Altura	Diámetro del cuello de la raíz	Sistema radical	Relación brote/raíz	Resistencia a la sequía	Potencial de crecimiento de las raíces	Estado nutricional
Muñoz et al., (2011)	+	+	+	+	+	+	+
Johnson and Cline (1991)	↔	+	+	-	+	+	X
Grossnickle and Folk (1993)	+	+	+	+	+	+	+
Mattsson (1997)	X	+	+	+	X	+	X
Grossnickle (2000)	+	+	+	+	+	+	+
Wilson and Jacobs (2006)	↔	+	+	+	+	X	X
Prieto et al., (2018)	↔	+	↔	↔	+	+	+

Legenda: Los símbolos resumen la opinión y resultado de los autores descritos sobre el potencial de un atributo para afectar el rendimiento de las plántulas y determinar la calidad (+ fue positivo; - fue negativo; ↔ atributo aceptable; X el autor no concluyó positiva o negativamente sobre este atributo).

De acuerdo con los estudios revisados sobre los atributos morfológicos y fisiológicos de calidad de la planta el 70% informó que hubo una relación positiva de la altura como indicador de crecimiento y desarrollo futuro de las plántulas en campo, un 20% determinó que no hubo relación de la altura como atributo y solo el 10% demostró una relación negativa, es decir, que la altura no se consideró un atributo para determinar la calidad de la planta ya que las plantas con mayor altura en ambientes adversos estuvieron sometidas a mayor estrés hídrico.

También se pudo evidenciar que en el 91% de los estudios revisados dieron como resultado una relación positiva entre el diámetro inicial y el crecimiento después de la plantación, esto se debió a que el diámetro del cuello de la raíz (DCR) fue un atributo de alta importancia porque estuvo relacionado con la reserva de nutrientes y asimilación de estos. Por otro lado, el 9% de los estudios no informó ninguna relación del diámetro con la calidad de las plantas.

Las plántulas que presentaron sistemas de raíces con altos estándares morfológicos y fisiológicos presentaron una relación positiva con la calidad de la planta, así lo demostró el 78% de los estudios revisados con mayor capacidad para desarrollar raíces rápidamente después de la siembra; sin embargo, el 22% de los estudios no mostró relación; por lo que, se señaló que aun cuando fue un buen atributo, no siempre logró pronosticar el crecimiento de las plántulas en campo.

El análisis realizado indicó que el potencial de crecimiento de las raíces (RGP) logró pronosticar la supervivencia de plántulas de 70 a 80% del tiempo, lo cual estableció un equilibrio morfológico positivo para la absorción de agua y nutrientes, lo que redujo el estrés de plantación y aseguró un buen desarrollo en campo después de la plantación.

Del conjunto de atributos de calidad de las plantas que establecieron relaciones proporcionales se recomendó identificar como confiables al diámetro en el cuello de la raíz, que facilitó una mayor supervivencia, lignificación y desarrollo de las plantas en las condiciones ecológicas extremas del sitio; además, se podría considerar al índice de Dickson como predictor de la potencialidad de desarrollo de una planta, siendo necesario contar con plantas de alto potencial que logren adaptarse a las condiciones edafoclimáticas del sitio de plantación.

Conclusiones

La revisión sistemática evidencia que la mayoría de las investigaciones utilizan parámetros morfológicos como indicador de calidad de las plantas; sin embargo, la combinación

de parámetros morfológicos y fisiológicos permite entender mejor el funcionamiento de la planta tanto en vivero como en el sitio de plantación.

El análisis realizado reporta que más del 90% de los estudios expresan una relación positiva entre el diámetro en el cuello de la raíz y el crecimiento de las plantas después de la plantación. De esto se puede inferir que este atributo morfológico puede ser empleado como prioritario para decidir la calidad de la planta, el cual está relacionado con la potencialidad de crecimiento y desarrollo, la reserva de nutrientes y asimilación de estos, aportando información valiosa para evaluar la calidad de la planta en vivero.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Alcalá, V. M. C., Hernández, V. A. G., Delgado, M. L. O., Hernández, J. V. y Villegas Monter, Á. (2002). Supervivencia y crecimiento en campo de *Pinus greggii* Engelm. previamente sometido a podas o sequía en vivero. *Agrociencia*, 36(2), 233-241. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236210.pdf>
- Arencibia Jorge, R. y de Moya Anegón, F. (2008). La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la ciencimetría. *Acimed*, 17(4), 0-0. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1024-94352008000400004&script=sci_arttext
- Bernaola Paucar, R. M., Zamora Natera, J. F., Vargas Radillo, J. D. J., Cetina Alcalá, V. M., Rodríguez Macías, R. y Salcedo Pérez, E. (2016). Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino en sistema doble-trasplante. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 74-93. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322016000100074&script=sci_arttext
- Codina, L. (2007). Motores de búsqueda de información científica y académica. *Hipertext.net*, (5). <http://eprints.rclis.org/9966/>
- Davis, A. S. and Jacobs, D. F. (2005). Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests*, 30(2-3), 295-311. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-005-7480-y>
- Davis, A. S., Pinto, J. R. and Gonzalez-Benecke, C. (2021). The scientific basis of the target plant concept: An overview.

- Forests*, 12(9), 1293. <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/9/1293>.
- Duryea, M. L. and Landis, T. D. (Eds.). (2012). Forest nursery manual: production of bareroot seedlings (Vol. 11). <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/tool-detail/en/c/1400838/>
- Escobar-Alonso, S. y Rodríguez Trejo, D. A. (2019). Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género *Pinus* en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(55), 4-38. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322019000500004&script=sci_arttext
- Grossnickle, S. C. (2000). *Ecophysiology of northern spruce species: the performance of planted seedlings*. NRC Research Press. <https://scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1740832>
- Grossnickle, S. C. and Folk, R. S. (1993). Stock quality assessment: Forecasting survival or performance on a reforestation site. *Tree Planters' Notes*, 44(3), 113-121. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006514805052>
- Grossnickle, S. C. and South, D. B. (2017). Seedling quality of southern pines: Influence of plant attributes. *Tree Planters' Notes*, 60(2), 29-40. <https://www.mdpi.com/1999-4907/9/5/283>
- Johnson, J. D. and Cline, M. L. (1991). Seedling quality of southern pines. In: *Forest regeneration manual* (pp. 143-159). Springer, Dordrecht. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-3800-0_8
- Leones, D. A. U., Quintana, Y. G., Crespo, Y. A., Moreno, A. M., Pérez, Y. L. y Jalca, I. (2018). Método de clasificación a partir del diagnóstico de calidad morfológica en vivero para la selección de especies forestales promisorias en programas de restauración. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 7(3), 142-150. <https://revistas.uea.edu.ec/index.php/racyt/article/view/99>
- Mattsson, A. (1997). Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests*, 13(1), 227-252. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006590409595>
- Montenegro, H. (2007). Normatividad colombiana para la producción, importación y comercialización de semilla y clones de palma de aceite. *Palmas*, 28(especial), 292-303. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1266>.
- Muñoz Flores, H. J., García Magaña, J. J., Coria Ávalos, V. M., Orozco Gutiérrez, G. y Muñoz Vega, Y. Y. (2011). Características morfológicas de plántulas de dos especies forestales tropicales propagadas en contenedores biodegradables y charolas styroblock. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(8), 21-34. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322011000600003&script=sci_arttext
- Muñoz Flores, H. J., Sáenz Reyes, J. T., Coria Avalos, V. M., García Magaña, J. D. J., Hernández Ramos, J. y Manzanilla Quijada, G. E. (2015). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(27), 72-89. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322015000100007&script=sci_abstract&tln=gpt
- Oliet, P. J. (2001). Aplicaciones de la medida del hídrico en el viverismo. Universidad de Córdoba, Dpto. Ingeniería Forestal. España. 17 p. <https://scholar.google.es/citations?user=FT03ZggAAA&hl=es&oi=sra>
- Oller Gómez, J. (2003). Elementos teórico-prácticos útiles para comprender el uso de los motores de búsqueda en Internet. *Acimed*, 11(6), 0-0. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352003000600007&script=sci_arttext&tln=pt
- Paz Paz, M., Rodríguez Trejo, D. A., Villanueva Morales, A., De la Rosa, B. y Máxima, M. A. (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://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322023000200071&script=sci_arttext
- Pérez, N., Fuego, M., Castillo, I., Orea, U., Pérez, J., Veliz, J. y Cordero, E. (2010). Valoración de atributos fisiológicos en plántulas de *Eucalyptus saligna* Smith desarrolladas en sustratos elaborados con compost de corteza de *Eucalyptus sp.* *Revista Forestal Baracoa*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122590/records/647251a453aa8c896306168b>
- Prieto, R., J., Sigala, R., J., Pinedo, L., S., García, R., J. L., Madrid, A., R. E., García, P., J. L. y Mejía, B., J. M. (2009). *Calidad de planta en los viveros forestales del Estado de Durango*. INIFAP. CIRNOC. Campo Experimental Valle del Guadiana. Folleto Num. 30. Durango, México. 81 pp. <https://scholar.google.es/citations?user=kvREC8MAAAAJ&hl=es&oi=sra>
- Prieto Ruíz, J. Á., Duarte Santos, A., Goche Télles, J. R., González Orozco, M. M. y Pulgarín Gámiz, M. Á. (2018). Supervivencia y crecimiento de dos especies forestales, con base en la morfología inicial al plantarse. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 151-168. <https://scholar.google.es/citations?user=kvREC8MAAAAJ&hl=es&oi=sra>
- Rodríguez, I., Adam, G. y Duran, J. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas Odometric View project. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 78(912), 836-842. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/37372/1/articulo%20definitivo%20agricultura>.



- Ruano, O. M., Bolsa, E. A. y de Cardona, A. P. S. (2003). Lectura crítica de la literatura científica. *Enfermería Clínica*, 13(1), 32-40. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1130862103737796>
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J. de D., Saenz-Reyez, J. T., Muñoz Flores, H. J., Prieto-Ruiz, J. Á. y Orozco Gutiérrez, G. (2013). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(22), 58-73. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322014000200005&script=sci_abstract&tlng=pt
- Sáenz Reyes, J., Muñoz Flores, H. J., Pérez, C. M. Á., Rueda Sánchez, A. y Hernández Ramos, J. (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://www.redalyc.org/pdf/634/63439016008.pdf>
- Sánchez, L. G. y Carrión, J. A. P. (1997). Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 4, 27-33. <file:///C:/Users/UEA/Downloads/Dialnet-AspectosFuncionalesDelArraigoLaCalidadFisiologicaD-8161677.pdf>
- Sequía, P. S. A. P. O. y Vivero, E. (2002). Supervivencia y crecimiento en campo de *Pinus greggii* Engelm. *Agrociencia*, 36(2), 234. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236210.pdf> [pinus-greggii-engelm-previously-submitted-to-pruning-or-drought-stress-in-nursery.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/302/30236210.pdf)
- Serrada Hierro, R., Navarro Cerrillo, R. M. y Pemán García, J. (2005). La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la silvicultura y la ecofisiología. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 14(3), 462-481. <https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/44686>
- Senilliani, M. G., Acosta, M., Oliet, J. y Brassiolo, M. (2021). Atributos morfológicos y fisiológicos de *Prosopis alba* Griseb en vivero con diferentes sustratos y contenedores. *Quebracho*, 29(2), 92-101. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-30262021000200092&script=sci_abstract
- Ureta, D., García, Y., Arteaga, Y., Morales, A., Lazo, Y. y Jalca, I. (2018). Método de clasificación a partir del diagnóstico de calidad morfológica en vivero para la selección de especies forestales promisorias en programas de restauración. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 7(3), 142-150. <https://revistas.uea.edu.ec/index.php/racyt/article/view/99>
- Wightman, K. E. y Cruz, B. S. (2003). La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. *Foresta Veracruzana*, 5(1), 45-51. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49750108.pdf>
- Wilson, J. and Wilson, G. J. (2006). Contemporary issues in protein requirements and consumption for resistance trained athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 3, 1-21. <https://link.springer.com/article/10.1186/1550-2783-3-1-7>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Samantha García-Decoro	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Sting Brayan Luna-Fox	Participó en la preparación y edición del manuscrito, revisión bibliográfica, interpretación de resultados.
Sonia Vega-Rosete	Participó en la preparación y edición del manuscrito, revisión bibliográfica, interpretación de resultados.
Gretel Geada-López	Participó en la preparación y edición del manuscrito, revisión bibliográfica, interpretación de resultados.
Yudel García-Quintana	Participó en la preparación y edición del manuscrito, revisión bibliográfica, interpretación de resultados.