

# Poda de tallo de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) en vivero y su efecto en la concentración de carbohidratos y supervivencia en campo

## Top pruning in nursery production of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., and its effect on carbohydrate concentration and field survival

Erickson Basave-Villalobos<sup>1</sup>  • Celi Gloria Calixto-Valencia<sup>2</sup>  • Víctor Conde-Martínez<sup>3</sup>   
• Víctor M. Cetina-Alcalá<sup>4</sup> 

Recibido: 16/2/2022

Aceptado: 4/10/2022

### Abstract

Tree nursery cultural practices are relevant to improve the quality of forest plants used in agroforestry, reforestation, or restoration activities in tropical dry environments, but their effects must be understood to define which ones to implement for a given species. This study evaluates the effect of stem pruning in tree nurseries on morphological quality, carbohydrate concentration, and survival of *Enterolobium cyclocarpum* plants. Pruning was analyzed together and compared to a control without pruning. With pruning, 50 % of the aerial part was removed and its effect was determined by analyzing several attributes and morphological indices of plant quality and by carbohydrate concentration. Subsequently, a plantation was set up in a pasture, and survival was recorded during the initial establishment period (four months). Pruning reduced values in morphological attributes and indices, but increased carbohydrate concentration in leaves and roots. There were no differences in survival. The results suggest that pruning is not suitable to improve morphological quality. However, the effect on carbohydrate concentration supports its potential as a practice that affects the physiological quality of *E. cyclocarpum* in the nursery. This has important implications for improving its establishment in plantations in agroforestry, reforestation, or restoration projects in tropical dry environments.

**Keywords:** Plant quality, physiology, morphology, reforestation, forest nurseries.

1. Campo Experimental Valle del Guadiana, CIRNOC, INIFAP; Durango, México; [erbavi\\_88@hotmail.com](mailto:erbavi_88@hotmail.com)

2. GRIMAAPEF; Durango, México; [cegcava@gmail.com](mailto:cegcava@gmail.com)

3. Postgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, campus Montecillo; Texcoco, México; [vconde@colpos.mx](mailto:vconde@colpos.mx)

4. Postgrado Forestal, Colegio de Postgraduados, campus Montecillo; Texcoco, México; [vicmac@colpos.mx](mailto:vicmac@colpos.mx)

## Resumen

Las prácticas culturales de vivero son relevantes para mejorar la calidad de la planta forestal utilizada en actividades de agroforestería, reforestación o restauración en el trópico seco, pero sus efectos deben comprenderse para definir cuáles emplear en una especie determinada. Este estudio evalúa el efecto de la poda de tallo en vivero en la calidad morfológica, concentración de carbohidratos y supervivencia de plantas de *Enterolobium cyclocarpum*. Se analizó un tratamiento de poda junto con un testigo sin poda. Con la poda se removió el 50 % de la parte aérea y su efecto se determinó analizando varios atributos e índices morfológicos de calidad de planta y mediante la concentración de carbohidratos. Posteriormente, se realizó una plantación en un agostadero y se registró la supervivencia durante 4 meses. Se realizó un análisis de varianza no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis para resultados de vivero y Wilcoxon para la supervivencia) y las medias se compararon a un nivel de  $\alpha = 0,05$ . La poda redujo los valores en los atributos e índices morfológicos, pero incrementó la concentración de carbohidratos en hojas y raíz. En supervivencia no hubo diferencias estadísticas. Los resultados sugieren que la poda no es factible para mejorar la calidad morfológica pero el efecto en la concentración de carbohidratos avala su potencial como práctica que afecta la calidad fisiológica de *E. cyclocarpum* en vivero, lo cual tiene implicaciones importantes para mejorar su establecimiento en plantaciones de proyectos de agroforestería, reforestación o restauración en el trópico seco.

**Palabras clave:** Calidad de planta, fisiología, morfología, reforestación, viveros forestales.

## Introducción

Debido al creciente deterioro de los ecosistemas forestales en el trópico seco de Latinoamérica, persiste la necesidad de continuar con los trabajos de reforestación y restauración ecológica. Particularmente en México, esta necesidad prevalece por no lograrse los resultados pretendidos en el desempeño de las plantaciones de los diversos proyectos de reforestación y restauración [1].

Los viveros forestales desempeñan un rol esencial en los proyectos de agroforestería, reforestación o restauración [2]. Ellos suministran la planta que se establece en campo, de modo que es esencial que el material que producen sea de alta calidad, esto con base en los atributos morfológicos y fisiológicos con los

que se define la calidad de la planta forestal [3], pues con ello se contribuye considerablemente a incrementar la supervivencia y crecimiento de las plantaciones [4]. Sin embargo, persiste la problemática de la supervivencia baja, como resultado en gran medida, del desconocimiento de las técnicas requeridas en vivero para promover en las plantas producidas, los atributos morfofuncionales que les permiten prosperar en un ambiente de plantación determinado de acuerdo con el concepto de planta objetivo [3]. De este modo, continúa siendo necesario mejorar los sistemas de producción de planta forestal, especialmente en especies tropicales nativas cuya información sobre propagación en el contexto de planta de calidad es limitada [4], [5].

De acuerdo a la importancia de las prácticas culturales como medio para mejorar la calidad morfológica y fisiológica de las plantas en vivero es conveniente definir aquellas más adecuadas para cada especie en particular [6], ello implica evaluar sus efectos durante la producción de cada especie y la subsecuente respuesta de las plantas en campo, sobre todo en supervivencia, que es la prueba definitiva con la que se determina la calidad de las plantas, principalmente durante las etapas iniciales de establecimiento que es cuando las plantas experimentan los impactos del estrés al trasplante [7].

El presente estudio se enfoca en examinar el efecto de la poda de tallo como práctica cultural de vivero por las siguientes razones: con la poda el crecimiento de las plantas se afecta por los cambios morfo-fisiológicos que les induce al remover parte de su biomasa aérea (tallo y follaje) [8]. Como antecedente se menciona que esta práctica modifica los patrones de asignación de biomasa y altera las tasas de producción/balance de reguladores endógenos de crecimiento, la eficiencia fotosintética y la movilización o redistribución de reservas nutrimentales y carbohidratos [9]. En consecuencia, estas respuestas a nivel morfológico y fisiológico han propiciado que varias especies forestales como *Quercus rubra* L., *Cornus sericea* L., *Liriodendron tulipifera* L. y *Liquidambar styraciflua* L., mejoren sus atributos de calidad de planta como, por ejemplo, incrementos en el diámetro del tallo y en la formación de biomasa aérea y de raíz, así como una relación mejor equilibrada entre estos dos componentes [10], además se han constatado aumentos en la capacidad fotosintética y en la cantidad de reservas de carbohidratos, las cuales han sido cruciales para permitir que las plantas prosperen en campo ante condiciones de estrés [11]. Sin embargo, contrario a los beneficios evidenciados en algunas especies, hay otras que no responden de la misma manera, ya sea por diferencias interespecíficas, intensidades o momentos de aplicación [12]–[14], así que es fundamental analizar su efecto en un número mayor de especies para definir en cuáles la poda es propicia y así sugerir su prescripción como práctica de vivero. Otra razón de analizar el efecto

de la poda es porque, de ser factible, su implementación es fácil y rentable; es decir, no se requiere de habilidades técnicas especializadas, insumos o equipos sofisticados para ejecutarla, aunque si es crucial comprender cómo las plantas responden a los tratamientos de poda previa la examinación de sus efectos [8], motivo por el cual es relevante este estudio.

El planteamiento experimental antes mencionado se enfoca en plántulas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., por ser una especie con potencial uso en los proyectos de agroforestería, reforestación o restauración en las regiones del trópico seco donde se distribuye naturalmente [15]. Además, su importancia alta ecológica, social y económica por la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, crecimiento medio, madera de calidad y otros beneficios como árbol que proporciona polen, sombra y frutos que sirven como forraje y alimento para humanos, también justifica orientar este estudio a la especie [16]. Por tal motivo, el objetivo es evaluar el efecto de la poda de tallo en vivero en la calidad morfológica y concentración de carbohidratos de plantas de *Enterolobium cyclocarpum*, así como la subsecuente respuesta en supervivencia en campo durante sus etapas tempranas de establecimiento.

## Materiales y métodos

### Ubicación y condiciones del experimento

El experimento se realizó en una casa sombra en un vivero forestal localizado en la comunidad de La Bajada, en el municipio de Coyuca de Catalán, Guerrero, México, coordenadas 18° 19' 01" N y 100° 40' 19.83" O. Durante el periodo de estudio que compendió los meses de junio-agosto de 2020, en el vivero se tuvieron promedios de temperatura mínima de 20 °C y máxima de 31 °C, así como una humedad relativa de 80 % entre las 08:00 - 10:00 h. Estas variables climáticas se registraron con un "Data Logger" HOBO MX2301A® (Onset Computer Corp.). La casa sombra se construyó con una estructura de madera cubierta de malla negra de polipropileno Protexo® de 30 % de sombra.

### Producción de la planta

Las plantas de *E. cyclocarpum* se obtuvieron por semilla las cuales se colectaron de árboles con abundante producción de frutos, vigorosos y sin aparentes daños físicos o de alguna enfermedad, dispersos en el municipio de Arcelia en la región de Tierra Caliente, Guerrero, México. Previo a la siembra, 300 semillas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5 %, luego se enjuagaron con agua destilada y posteriormente se escarificaron mediante lijado para

remover la latencia física [17]. La siembra fue directa en tubetes rígidos de polipropileno de 380 ml. El sustrato utilizado fue una mezcla de 40 % de turba de musgo sphagnum (Premier®), 30 % de viruta de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, 20 % perlita y 10 % de vermiculita. A la mezcla se le adicionó fertilizante de liberación controlada Multicote (8)® 18-6-12+2MgO+ME (Haifa Chemicals Ltd.) en una dosis de 6 g l<sup>-1</sup> de sustrato. Se aplicaron riegos manualmente a capacidad de campo según se requiriera. En temporadas de lluvias, no se aplicaron riegos.

### Aplicación de tratamientos de poda y diseño experimental

Dos meses después de la siembra, se seleccionó un lote de 200 plantas uniformes en altura (aproximadamente 25 cm) y se podaron 100. Se removió la mitad de la biomasa aérea con tijeras para podar de 8", tomando como referencia la longitud entre la base del tallo y el ápice principal. El factor de estudio consistió en el tratamiento de poda aplicado a las 100 plantas junto con un testigo sin poda que correspondió al resto de las 100 plantas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad experimental se conformó de 25 plantas dispuestas en mesas para tubete forestal de 25 cavidades tanto para el testigo sin poda como para el tratamiento de poda.

### Medición de variables morfológicas y de la concentración de carbohidratos

Un mes después de haber podado; es decir, a los tres meses de edad de las plantas se realizó un muestreo destructivo en el que éstas se extrajeron de los tubetes para removerles el sustrato del cepellón cuidadosamente con agua corriente, y así medir, primero la altura de la parte aérea (APA; cm), con una regla graduada en mm, y el diámetro al cuello de la raíz (DCR; mm), con un calibrador Mitutoyo® Digimatic CD-4" AX., luego se midió el área foliar (cm<sup>2</sup>) a partir de imágenes digitalizadas procesadas con el programa ImageJ 1.53a [18], tras retirar todos los folíolos de cada planta; asimismo, los pesos secos de hojas, tallo, raíz y planta completa (total) se determinaron. Para esto cada componente de la planta se separó y se secó en una estufa de aire forzado (FELISA® FE291-D) a 70 °C durante 72 h para luego pesarlos en una balanza de precisión 0,01 g (iBalance® i2001, MyWeigh®). Con los datos anteriores, índices morfológicos de calidad, como el índice de robustez (IR; altura/diámetro), la relación peso seco de parte aérea (hojas y tallo) / peso seco de raíz (R: PSA/PSR) y el índice de calidad de Dickson (ICD) fueron determinados, este último de la siguiente manera [19] (ecuación 1).

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{Peso seco de la raíz (g)}}} \quad (1)$$

También, en otra muestra de 10 plantas por tratamiento se evaluó la concentración de carbohidratos no estructurales mediante la determinación de azúcares totales en hojas y raíz por cuatuplicado. Los azúcares se extrajeron con etanol al 80 % por el método de Soxhlet. La cuantificación de los azúcares se hizo por el método ácido sulfúrico-Antrona con una determinación colorimétrica a 625 nm realizada con un espectrofotómetro UV/visible (Jenway™ 6305). Los cálculos de los azúcares totales ( $\text{mg g}^{-1}$  de peso fresco) se realizaron a partir de una curva de calibración con glucosa como estándar en una concentración de  $2,5 \text{ mg ml}^{-1}$ .

### Evaluación de la supervivencia en campo

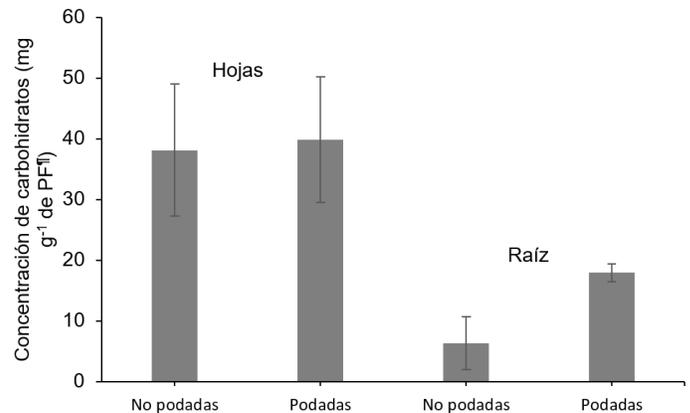
A principios de septiembre de 2020, con plantas de cuatro meses de edad se estableció una plantación en un agostadero también en la comunidad de La Bajada (Coyuca de Catalán, Guerrero, México), para evaluar la supervivencia en los primeros cuatro meses de establecimiento. El método de plantación fue de cepa común de  $20 \times 20 \times 40 \text{ cm}$  con arreglo de las plantas lineal en esquema de cerco vivo, con un espaciamiento entre ellas de  $2,5 \text{ m}$  [20]. El suelo presenta una textura franco-arcillosa-arenosa con 30 % de arcilla, 24 % de limo y 46 % de arena, además una densidad aparente de  $0,90 \text{ g cm}^{-3}$ , pH de 8,4, 0,74 % de materia orgánica y una conductividad eléctrica de  $0,22 \text{ dS m}^{-1}$ . La plantación se hizo con un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y ocho plantas por unidad experimental. El criterio de bloqueo fue la variabilidad de humedad en el suelo, la cual osciló entre 15 % y 19 % al momento de la plantación. Cuatro meses después de haberse plantado se contabilizó la supervivencia de las plantas y esta se registró en porcentaje con respecto al total de plantas establecidas.

### Análisis estadístico

Un análisis de la varianza no paramétrico mediante la prueba Kruskal-Wallis se realizó para evaluar el efecto de la poda en los atributos e índices morfológicos y en la concentración de carbohidratos. En el caso de la supervivencia, las diferencias se analizaron con la prueba de Wilcoxon (U de Mann-Whitney). En ambos casos, la prueba de hipótesis se basó en un valor de  $\alpha = 0,05$ . Las medias se compararon por pares a partir de las medias de los rangos según el procedimiento descrito en InfoStat [20], "software" utilizado para los análisis estadísticos.

## Resultados

La poda de tallo en vivero afectó significativamente los atributos morfológicos de las plantas de *E. cyclocarpum*. Con la poda, las plantas redujeron su altura en un 69 % y el diámetro en un 17 %. Asimismo, el área foliar de



**Figura 1.** Concentración de carbohidratos no estructurales en hojas y tallo de plantas de tres meses de edad de *Enterolobium cyclocarpum* no podadas y podadas del tallo. PF: peso fresco. Barras indican promedios  $\pm$  desviación estándar.

**Figure 1.** Non-structural carbohydrates concentration in leaves and stem of three-month-old *Enterolobium cyclocarpum* plants unpruned and pruned of the stem. PF: fresh weight. Bars indicate means  $\pm$  standard deviation.

las plantas podadas disminuyó considerablemente comparado con las no podadas, pues el valor de estas últimas fue 2,6 veces mayor. En cuanto a los pesos secos, la poda redujo 169 % la biomasa de hojas, 141 % la de tallo, 56 % la de raíz y 115 % la total. También los valores de los índices morfológicos de calidad aminoraron con la poda. Tanto el índice de robustez y el índice de Calidad de Dickson disminuyeron en un 44 %, mientras que la relación peso seco de parte aérea /peso seco de raíz en un 31 % (cuadro 1).

En cuanto a la concentración de carbohidratos, tanto en hojas como en raíz se tuvieron incrementos en la concentración de los carbohidratos al podar las plantas ( $P = 0,0108$ ). La mayor concentración de estos se registró en hojas, mientras que en raíz los valores fueron menores. En las hojas los valores oscilaron entre 38 y  $40 \text{ mg g}^{-1}$  de peso fresco, para plantas no podadas y podadas, respectivamente. En la raíz de las plantas no podadas se tuvo una concentración de carbohidratos de  $6,38 \text{ mg g}^{-1}$  de peso fresco, mientras que en las podadas fue de  $17,96 \text{ mg g}^{-1}$  de peso fresco. A partir de estos datos, la mayor fluctuación en la concentración de los carbohidratos se presentó en la raíz con una diferencia de 182 % (figura 1).

Finalmente, en la supervivencia en campo no hubo diferencias entre plantas no podadas y podadas ( $P = 0,8286$ ). La supervivencia de las plantas no podadas fue de 87,5 %, mientras que las de las podadas fue de 75,0 %.

**Cuadro 1.** Significancia estadística y valores promedios en los atributos e índices morfológicos de calidad evaluados en plantas de tres meses de edad de *Enterolobium cyclocarpum* no podadas y podadas del tallo.

**Table 1.** Statistical significance and average values in morphological quality attributes and indices evaluated in three-month-old *Enterolobium cyclocarpum* plants unpruned and pruned of the stem.

Variable	Valor P	No podadas	Podadas
Altura de la parte aérea (cm)	<0,0001	52,25	30,89
Diámetro al cuello de la raíz (mm)	0,0037	6,57	5,60
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	<0,0001	207,92	78,02
Peso seco de hojas (g)	<0,0001	1,40	0,52
Peso seco de tallos (g)	<0,0001	3,56	1,48
Peso seco de raíz (g)	0,0048	1,83	1,17
Peso seco total (g)	<0,0001	6,79	3,16
Índice de robustez	<0,0001	8,01	5,58
R: PSA/PSR	0,0083	3,09	2,35
Índice de calidad de Dickson	0,0012	0,62	0,43

## Discusión

La poda de tallo en vivero ha mostrado potencial como práctica para mejorar la calidad morfológica en diversas especies forestales, de modo que su implementación se ha promovido por los beneficios que representa en este sentido [10]. Sin embargo, las plantas de *E. cyclocarpum* no manifestaron una mejora en su calidad morfológica. Esta respuesta coincide con lo que se reporta en un estudio previo con la especie en el que incluso ni la poda a una intensidad menor (25 %) propicia plantas de mejor calidad en términos morfológicos [14]. A esta evidencia se suma la obtenida en otras especies tropicales como *Swietenia humilis* Zucc [13] y *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd [12] en las que los efectos que la poda únicamente tiene son el de mejorar la robustez (relación entre altura y diámetro del tallo) y el equilibrio entre los componentes parte aérea y raíz porque se reduce el tamaño de la parte aérea [10]. Estas características, aunque son deseables que se promuevan al producir las plantas en vivero [19], no permiten definir la factibilidad de la poda porque se esperaría un efecto positivo o contundente en un número mayor de atributos morfológicos, como por ejemplo el diámetro del tallo, de lo cual hay sustento en varias especies de que entre más se incremente el tamaño de esta característica las plantas tienen mayor probabilidad de sobrevivir en campo [21]. *E. cyclocarpum* en estado de plántula es vulnerable a la competencia con malezas en los sitios en los que se planta y requiere un control continuo de malezas para mejorar su capacidad

competitiva [22]. En condiciones de competencia con malezas las dimensiones de las plantas son determinantes en la capacidad competitiva por recursos (luz, agua, nutrientes), siendo las plantas de tamaño grande a las que se les atribuye esta ventaja [7]. Basado en esto se podría definir como un criterio de factibilidad de la poda a la capacidad de promover incrementos significativos en las dimensiones de las plantas.

Pero un efecto interesante que se le ha reconocido a la poda y por lo cual se implementa es el de incrementar la cantidad de carbohidratos no estructurales [23]. Esto sucedió en *E. cyclocarpum* que diferencia del comportamiento a nivel morfológico, aspecto que se ha utilizado en mayor medida como base para definir el efecto de la poda [10], [12]. Las respuestas en la concentración de carbohidratos sugieren otro panorama en torno a la factibilidad de esta práctica. El hecho de que la poda induzca incrementos en los carbohidratos tiene implicaciones importantes porque la cantidad de carbohidratos almacenados es un criterio decisivo en la calidad fisiológica de las plantas, puesto que estas reservas son cruciales en el desempeño de las plantas en campo, especialmente cuando sufren estrés al trasplante [11], [24], [25].

El estímulo en la acumulación de los carbohidratos por efecto de la poda corresponde con la respuesta que las plantas presentan al perder biomasa [26]. Dependiendo la severidad del daño, la cantidad de esos fotoasimilados suele incrementarse en los sitios de reserva para posteriormente movilizarlos y favorecer el rebrote [27], [28], el cual es el principal mecanismo con el que se repone la biomasa perdida [29]. De acuerdo con la teoría económica del almacenamiento, este mecanismo de defensa y tolerancia que las plantas ejecutan para recuperarse después de haber sufrido un disturbio suele significar competencia por recursos con otras funciones como el crecimiento [30], [31]. Así que es de esperarse un impacto en las tasas de crecimiento que finalmente afecta la morfología de las plantas tal y como ocurrió en este estudio. A su vez, este efecto negativo en el crecimiento se agudiza porque en las plantas la pérdida de biomasa aérea representa una reducción del tamaño del aparato fotosintético que repercute en su capacidad fotosintética [32], ya que el crecimiento también depende de la cantidad de carbohidratos producidos al momento [26]. Este supuesto su sustenta al observar la drástica reducción de más del doble en el área foliar de las plantas podadas, de tal modo que la pérdida de superficie foliar podría haber representado una limitación en la capacidad fotosintética por ser esta un atributo funcional importante [29].

Finalmente, debido a la similitud estadística de los resultados en supervivencia no es posible confirmar si la diferencia en la concentración de carbohidratos entre

plantas podadas y no podadas representa una ventaja en el desempeño de las plantas en campo. Probablemente, diferente a lo esperado, las condiciones ambientales en el sitio de plantación durante el periodo de evaluación no impactaron lo suficiente en las plantas como para provocarles un estrés que requiriera la movilización y uso de las reservas [33]. En el bosque tropical seco el agua es el recurso más determinante en la supervivencia y crecimiento de las plantas [34], pero dado que la plantación se hizo en el periodo de lluvias como se recomienda y que el suelo mantuvo niveles de humedad constantes (alrededor de 15 % de agua disponible), se infiere que las plantas no tuvieron limitación por este recurso al menos durante el tiempo de observación, condición que pudo haber sido diferente en los meses siguientes, especialmente en la estación seca. Debido a que el planteamiento de este estudio no contempló un seguimiento en un plazo mayor, se recomienda que en estudios posteriores se amplíe el periodo de evaluación en campo.

## Conclusiones

En *E. cyclocarpum* la poda de tallo en vivero no mejoró los atributos morfológicos de calidad comparado con plantas no podadas, en cambio estimuló la acumulación de carbohidratos. Esto último tiene implicaciones importantes que sugieren su potencial como práctica que repercute en la calidad fisiológica. La poda no afectó la supervivencia de las plantas en campo durante

el periodo inicial de establecimiento.

## Referencias

[1] M. Llano y H. Fernández, "Análisis y propuestas para la conservación de la biodiversidad en México 1995-2017". Ciudad de Mexico, 2017. 120 p.

[2] K. M. Wilkinson, T. D. Landis, D. L. Haase, B. F. Daley and R. K. Dumroese, "Tropical Nursery Manual- A Guide to Starting and Operating a Nursery for Native and Traditional Plants", no. 732 April. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2014.

[3] D. L. Haase y A. Davis, "Developing and supporting quality nursery facilities and staff are necessary to meet global forest and landscape restoration needs", *Reforesta*, no. 4, pp. 69-93, 2017, doi: 10.21750/refor.4.06.45.

[4] O. R. Lanuza-Lanuza, G. Peguero, S. Vilchez-Mendoza, y F. Casanoves, "Efecto del riego y la fertilización sobre la calidad de plántulas forestales con potencial uso para restauración del bosque tropical seco", *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 18, no. 43, pp. 18-28, 2021, doi: 10.18845/rfmk.v19i43.5805.

[5] C. Bonfil y I. Trejo, "Plant propagation and the ecological restoration of Mexican tropical deciduous forests", *Ecol. Restor.*, vol. 28, no. 3, pp. 369-376, 2010, doi: 10.3368/er.28.3.369.

[6] D. F. Jacobs, A. S. Davis, R. Kasten Dumroese, y O. T. Burney, "Nursery cultural techniques facilitate restoration of *Acacia koa* competing with invasive grass in a dry tropical forest", *Forests*, vol. 11, no. 11, pp. 1-16, 2020, doi: 10.3390/f11111124.

[7] P. Andrés, C. Salgado, y J. M. Espelta, "Optimizing nursery and plantation methods to grow *Cedrela odorata* seedlings in tropical dry agroecosystems", *Agrofor. Syst.*, vol. 83, no. 2, pp. 225-234, 2011, doi: 10.1007/s10457-011-9404-5.

[8] G. Wade y R. Westerfield, "Basic principles of pruning woody plants", *Bulletin 949 of UGA Extension*, 2009.

[9] W. C. Stiles, "Effects of pruning on growth and sizes of trees", *Acta Hortic.*, no. 146, pp. 225-230, jun. 1984, doi: 10.17660/ActaHortic.1984.146.25.

[10] D. B. South, "Top Pruning of Bareroot Hardwood Seedlings", *Tree Planters' Notes*, vol. 59, no. 2, pp. 37-48, 2016.

[11] V. M. Cetina-Alcalá, V. A. González-Hernández, M. L. Ortega-Delgado, J. Vargas-Hernández, y Á. Villegas-Monter, "Supervivencia y crecimiento en campo de *Pinus greggii* Engelm. previamente sometido a podas o sequía en vivero", *Agrocencia*, vol. 36, no. 2, pp. 233-241, 2002.

[12] E. Basave Villalobos, V. M. Cetina Alcalá, M. Á. López López, C. Ramírez Herrera, C. Trejo López, y V. Conde Martínez, "La poda aérea como práctica cultural en vivero para *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd", *Rev. Mex. Cienc. For.*, vol. 12, no. 63, dic. 2020, doi: 10.29298/rmcf.v12i63.799.

[13] E. Basave Villalobos, V. M. Cetina Alcalá, M. A. López López, A. Aldrete, y D. H. Del Valle Paniagua, "Nursery practices increase seedling performance on nutrient-poor soils in *Swietenia humilis*", *IForest*, vol. 8, no. AUG2015, pp. 552-557, 2015, doi: 10.3832/ifor1179-007.

[14] E. Basave Villalobos, M. Á. López López, V. M. Cetina Alcalá, A. Aldrete, y J. J. Almaraz Suárez, "Prácticas culturales en vivero que influyen en la calidad de planta de *Enterolobium cyclocarpum*", *Bosque Valdivia*, vol. 35, no. 3, pp. 301-309, 2014, doi: 10.4067/S0717-92002014000300005.

[15] E. Murgueitio, Z. Calle, F. Uribe, A. Calle, y B. Solorio, "Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands", *Forest Ecol. Manag.*, vol. 261, no. 10, pp. 1654-1663, 2011, doi: 10.1016/j.foreco.2010.09.027.

[16] J. M. Palma García y C. González-Rebeles Islas, "Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable". Colima, México: Dirección General de Publicaciones de la Universidad de Colima, 2018, 133 p.

[17] H. Viveros Viveros, J. D. Hernández Palmeros, M. V. Velasco García, R. Robles Silva, C. Ruíz Montiel, A. Aparicio Rentería, M. J. Martínez Hernández, J. Hernández Villa y M. L. Hernández Hernández, "Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial", *Rev. Mex. Cienc. For.*, vol.

- 6, n.o 30, pp. 52-65, 2018, doi: 10.29298/rmcf.v6i30.207.
- [18] C. A. Schneider, W. S. Rasband, y K. W. Eliceiri, "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis", *Nat. Methods*, vol. 9, no. 7, pp. 671-675, 2012, doi: 10.1038/nmeth.2089.
- [19] T. Birchler, R. Rose, A. Royo, y M. Pardos, "La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica", *Investig. Agrar. Sist. Recur. For.*, vol. 7, pp. 1-10, 1998.
- [20] J. A. Di Rienzo, F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C. W. Robledo, "InfoStat". Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2008.
- [21] M. Tsakalidimi, P. Ganatsas, y D. F. Jacobs, "Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology", *New For.*, vol. 44, no. 3, pp. 327-339, 2013, doi: 10.1007/s11056-012-9339-3.
- [22] J. Laborde y I. Corrales-Ferrayola, "Direct seeding of *Brosimum alicastrum* SW. (Moraceae) and *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (Mimosaceae) in different habitats in the dry tropics of central Veracruz", *Acta Bot. Mex.*, vol. 100, pp. 107-134, 2012.
- [23] V. M. Cetina-Alcalá, M. L. Ortega-Delgado, V. A. González-Hernández, J. J. Vargas-Hernández, M. T. Colinas-León, y A. Villegas-Monter, "Fotosíntesis y contenido de carbohidratos de *Pinus greggii* Engelm. en respuesta a la poda y al régimen de riego en vivero", *Agrociencia*, vol. 35, no. 6, pp. 599-607, 2001.
- [24] D. C. Close, C. L. Beadle, y P. H. Brown, "The physiological basis of containerised tree seedling 'transplant shock': A review", *Aust. For.*, vol. 68, no. 2, pp. 112-120, 2005, doi: 10.1080/00049158.2005.10674954.
- [25] B. C. Wilson y D. F. Jacobs, "Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings", *New For.*, vol. 31, no. 3, pp. 417-433, 2006, doi: 10.1007/s11056-005-0878-8.
- [26] S. G. Pallardy, "Physiology of Woody Plants", Third Edition. Massachusetts: Academic Press, 2008.
- [27] K. Kitajima, "Seed and Seedling Ecology", *Functional Plant Ecology*, 2nd. ed., F. Pugnaire and F. Valladares, Eds. Boca Raton, FL, USA: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2007, p. 724. doi: 10.1201/9781420007626.ch18.
- [28] D. Kabeya y S. Sakai, "The relative importance of carbohydrate and nitrogen for the resprouting ability of *Quercus crispula* seedlings", *Ann. Bot.*, vol. 96, no. 3, pp. 479-488, 2005, doi: 10.1093/aob/mci200.
- [29] R. K. Chaturvedi, A. S. Raghubanshi, y J. S. Singh, "Plant functional traits with particular reference to tropical deciduous forests: A review", *J. Biosci.*, vol. 36, no. 5, pp. 963-981, 2011, doi: 10.1007/s12038-011-9159-1.
- [30] H. Lambers, F. S. Chapin, y T. L. Pons, "Plant Physiological Ecology". New York, NY: Springer New York, 2008. doi: 10.1007/978-0-387-78341-3.
- [31] F. S. Chapin, E.-D. Schulze, y H. A. Mooney, "The ecology and economics of storage in plants", *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 21, pp. 423-447, 1990.
- [32] P. D. Nability, J. A. Zavala, y E. H. DeLucia, "Indirect suppression of photosynthesis on individual leaves by arthropod herbivory", *Ann. Bot.*, vol. 103, no. 4, pp. 655-663, 2009, doi: 10.1093/aob/mcn127.
- [33] H. Hartmann y S. Trumbore, "Understanding the roles of nonstructural carbohydrates in forest trees - from what we can measure to what we want to know", *New Phytol.*, vol. 211, no. 2, pp. 386-403, 2016, doi: 10.1111/nph.13955.
- [34] E. Lebrija-Trejos, E. A. Pérez-García, J. A. Meave, L. Poorter, y F. Bongers, "Environmental changes during secondary succession in a tropical dry forest in Mexico",