

## Distribución de productos de *Cedrela odorata* L. en un sistema agroforestal con café en Pérez Zeledón, Costa Rica

### Commercial volume table of *Cedrela odorata* L. in an agroforestry system with coffee in Pérez Zeledón, Costa Rica

Ana Gabriela Salazar-Ruiz<sup>1</sup>  • Rafael Murillo-Cruz<sup>1</sup>  • Alexis Salas-Rodríguez<sup>1</sup>  • William Fonseca-González<sup>1</sup> 

Recibido: 11/5/2020

Aceptado: 20/10/2020

Publicado: 17/12/2020

### Abstract

The study was done in a coffee agroforestry system with cedar (*Cedrela odorata*) in the canton of Pérez Zeledón, San José, Costa Rica. Data from 74 20-years-old trees was used, diameter (D, cm) at 0,30 and 1,30 m, and total height (m) were measured with diameter tape and clinometer, respectively. From 3 m in height, the diameter was measured with a criterion dendrometer RD1000 every 1,5 m. Tree volume was estimated with the Smaliam equation and classified into the following products: large logs for sawmill ( $D \geq 30$  cm), small logs for sawmill ( $20 \text{ cm} \leq D < 30$  cm), pallets ( $10 \text{ cm} \leq D < 20$  cm), firewood ( $5 \text{ cm} \leq D < 10$  cm) and waste ( $D < 5$  cm). Tree volume for this sample was grouped by type of product and diameter class. Average tree volume was 1,97 m<sup>3</sup> (SD= 0,9419), 78 % (1,54 m<sup>3</sup>), and 16 % (0,31 m<sup>3</sup>), distributed in large and small logs for the sawmill, respectively, represent the mayor economic income for the owner. Pellets, firewood, and waste represented 7 % (0,13 m<sup>3</sup>), 0,53 % (0,01 m<sup>3</sup>) and 0,06 % (0,001 m<sup>3</sup>) of average tree volume, respectively; these three products had a higher percentage in diametric classes less than 25 cm and decreased as tree diameter increased.

**Key words:** Volume per product, multiproduct, wood yield.

1. Universidad Nacional de Costa Rica, Instituto de Investigación y Servicios Forestales; Heredia, Costa Rica; [gabysalazarruiz@gmail.com](mailto:gabysalazarruiz@gmail.com), [murillorafael5454@yahoo.com](mailto:murillorafael5454@yahoo.com), [alsalas\\_18@hotmail.com](mailto:alsalas_18@hotmail.com), [wfonseca@una.cr](mailto:wfonseca@una.cr)

## Resumen

El estudio se realizó en un sistema agroforestal de cedro (*Cedrela odorata*) con café en el cantón Pérez Zeledón, San José, Costa Rica. Se utilizó la información de 74 árboles de 20 años, a los cuales se les midió el diámetro (D, cm) a 0,30 y 1,30 m del suelo con cinta diamétrica y la altura total (m) con clinómetro. A partir de los 3 m de altura se midió el diámetro con un dendrómetro criterion RD1000 cada 1,5 m. El volumen se obtuvo con la fórmula de Smalian y se clasificó en los siguientes productos: aserrío grueso ( $D \geq 30$  cm), aserrío delgado ( $20 \text{ cm} \leq D < 30$  cm), tarimas ( $10 \text{ cm} \leq D < 20$  cm), leña ( $5 \text{ cm} \leq D < 10$  cm) y desperdicio ( $D < 5$  cm). El volumen del conjunto de árboles, se agrupó por tipo de producto y por clase diamétrica. El volumen promedio por árbol fue  $1,97 \text{ m}^3$  (SD=  $0,9419 \text{ m}^3$ ), distribuido en 78 % ( $1,54 \text{ m}^3$ ) y 16 % ( $0,31 \text{ m}^3$ ), en productos para aserrío grueso y delgado, respectivamente, que representan el mayor ingreso económico para el propietario. El volumen para tarimas, leña y desperdicio representó el 7 % ( $0,13 \text{ m}^3$ ), 0,53 % ( $0,01 \text{ m}^3$ ) y 0,06 % ( $0,001 \text{ m}^3$ ) respectivamente; estos tres productos se acumulan con mayor porcentaje en las clases diamétricas menores de 25 cm y fueron disminuyendo al aumentar el diámetro del árbol.

**Palavras-chave:** Volumen por producto, multiproductos, producción maderable.

## Introducción

Los sistemas agroforestales (SAF) son una excelente alternativa para la diversificación productiva y aumento de los ingresos de los productores de diferentes países de América Latina y el Caribe [1]. La promoción de estos sistemas se ha vuelto un tema importante para los países que buscan reducir pobreza e inequidad, conservar la biodiversidad, enfrentar las causas y consecuencias del cambio climático y reducir la dependencia de un solo cultivo como única fuente de ingresos [2]. En Costa Rica, tomando en cuenta la disminución de los productos forestales provenientes de los bosques y la reforestación de áreas para plantaciones forestales [3], los SAF tienen el potencial para producir madera de alta calidad para el mercado local y mundial [4].

La implementación de sistemas agroforestales de cedro (*Cedrela odorata* L.) asociados a plantaciones de café se ha convertido en una opción para mejorar los ingresos de los cafecultores en la zona de Pérez Zeledón [5], debido a que su valor comercial es superior al de otras especies tropicales [6]. Además, se ha comprobado que el cedro crece más en diámetro y altura en sistemas

agroforestales que en plantaciones puras [7], [8], [9] y [10], sin embargo, esto también depende de otros factores como el manejo recibido y factores biofísicos del sitio [5].

La madera del cedro es bien recibida en el mercado nacional y utilizada por mucho tiempo en la elaboración de muebles, decoración de interiores, lanchas, puertas e instrumentos musicales, armarios y cajas para almacenamiento de puros [11]. En especies de alto valor comercial es más útil y relevante conocer o estimar el volumen de los árboles mediante un modelo matemático de fácil aplicación y la distribución de los productos según el uso industrial y comercial (tablas de despiece), ya que esto permite efectuar un mejor análisis beneficio/costo [12], [13].

A pesar de lo anterior, en Costa Rica y en otros países de Latinoamérica el desarrollo de tablas de despiece es escaso; el enfoque principal ha sido la elaboración de alguna función o tabla de volumen, que brinda información acerca del volumen total y comercial del árbol, pero no considera las dimensiones y las diferencias en calidad de los productos que se pueden obtener durante el aprovechamiento de la madera [14]. Por el contrario, la tabla de despiece o cubicación por producto genera la información necesaria para la planificación del manejo de los rodales, indicando los momentos más apropiados para intervenir en el bosque o plantación [15]. Este tipo de tabla se convierte en una herramienta de mucha utilidad práctica para el comercio de la madera, ya que se puede calcular la producción de forma fácil y precisa, contribuyendo a la ganancia económica, sobre todo cuando se abastecen mercados diferenciados con productos de distinta calidad y dimensión. Por ende, el objetivo del trabajo fue elaborar una tabla de despiece para *Cedrela odorata* plantada en un sistema agroforestal con café en Pérez Zeledón para brindar una herramienta que permita tomar decisiones sobre el uso y comercialización de la madera.

## Materiales y métodos

### Localización y características del área de estudio

El estudio se realizó en el distrito Cajón del cantón Pérez Zeledón, provincia San José, Costa Rica. Pérez Zeledón cuenta con una extensión de  $1905,51 \text{ km}^2$  [16]; y se dedica especialmente a la actividad cafetalera que representa el 6,9 % del área del cantón y un 15 % del área cafetalera nacional ( $12\,522,8 \text{ ha}$ ) [17]. El territorio es muy lluvioso, con una precipitación que oscila de 2000 a 4000 mm anuales y una temperatura promedio entre 24 y 27° C [16]. Los suelos son del orden Inceptisol y Ultisol [18].

El 90 % de la superficie del cantón presenta pendientes mayores a 6 %, límite entre lo que se considera terreno plano y ligeramente ondulado, 6 % del área tiene una superficie plana y un 4 % es ligeramente ondulado [16].

### Levantamiento de información

La información se obtuvo de bases de datos pertenecientes al Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) de la Universidad Nacional, de las mediciones realizadas en el periodo 2018-2019. El INISEFOR estableció 7 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> (40\*25 m) y evaluó 74 árboles a la edad de 20 años. A los árboles se les midió el diámetro (D, cm) a 0,30 y a 1,30 m sobre el nivel del suelo con cinta diamétrica, y posteriormente en secciones de 1,5 metros con un dendrómetro criterion RD1000 hasta la altura comercial definida a un diámetro mínimo de 10 cm. También se estimó la altura total (m) con clinómetro Suunto.

El tamaño promedio de las fincas fue de 6,24 ha y el café se manejó comúnmente a una densidad de 5 000 plantas ha<sup>-1</sup> y la sombra se componía por especies de servicio múltiple como poró (*Erythrina* spp.), guaba (*Inga* spp.) y/o musáceas, las cuales se encontraban a una densidad de 625 plantas ha<sup>-1</sup>. El tipo de arreglo de siembra del cedro fue en combinación con el cultivo de café a diferentes distanciamientos, por lo que se encontraba a densidades variables entre 61 y 503 árboles ha<sup>-1</sup>, desde el establecimiento hasta el ciclo final de corta. En cuanto al manejo del cedro este consistió en la aplicación de insecticida para el control del barrenador y la realización de una poda anual [5].

### Procesamiento de información

La información de campo se digitó en Excel y se calculó el volumen total con la fórmula de Smalian (ecuación 1). El volumen de la sección no comercial del fuste se calculó con la fórmula mostrada como ecuación 2.

$$V = \sum (0,7854 \times (\frac{D_1 + D_2}{2})^2 \times L) \quad (1)$$

Dónde: V es el volumen cubicado del árbol (m<sup>3</sup>); D1 y D2 son el diámetro en el extremo menor y mayor de la troza (m) y L es la longitud de la sección medida (m).

$$V_{nocom} = 0,7854 \times (\frac{D_1}{2})^2 \times (A_t - A_c) \quad (2)$$

Dónde: V<sub>nocom</sub> es el volumen de la sección no comercial (m<sup>3</sup>), D<sub>1</sub> es el diámetro final de la sección comercial (m), A<sub>t</sub> es la altura total del árbol (m), A<sub>c</sub> es la altura comercial del árbol (m).

El volumen total de cada árbol se clasificó, según el diámetro en los siguientes productos: aserrío grueso (D ≥ 30 cm), aserrío delgado (20 cm ≤ D < 30 cm), tarimas (10 cm ≤ D < 20 cm), leña (5 cm ≤ D < 10 cm) y desperdicio (D < 5 cm). Para separar el volumen para las dos últimas categorías primeramente se estimó la longitud de la troza para dicho producto (ecuación 3) para posteriormente calcular el volumen con la fórmula de Smalian (ecuación 1). Cabe destacar que las ramas no fueron incluidas en estas clasificaciones.

$$L = \frac{(A_t - A_c) \times (D_1 - D_2)}{D_{ap}} \quad (3)$$

Dónde: L es la longitud de la troza destinada al producto (m), D<sub>ap</sub> es el diámetro final de la sección comercial (m), D<sub>1</sub> diámetro superior de la categoría diamétrica del producto (cm), D<sub>2</sub> diámetro inferior de la categoría diamétrica del producto (cm), A<sub>t</sub> es la altura total del árbol (m) y A<sub>c</sub> es la altura comercial del árbol (m).

Los árboles evaluados, su volumen y tipo de producto se agruparon en clases diamétricas con una amplitud de 5 cm, partiendo de 20 hasta 75 cm. Para cada una se calculó el promedio absoluto y relativo del volumen total. Por último, se construyó la tabla de despiece.

## Resultados y discusión

La evaluación de los árboles demostró, que, a pesar de tener la misma edad, el crecimiento es muy desigual, al registrarse una amplitud diamétrica desde 20 hasta 75 cm. El 12 % de los individuos se concentró entre los 20 a 34,9 cm, 37 % pertenecen a la clase de 35 a 49,9 cm, 39 % entre 50 a 59,9 cm y 12 % entre 60 a 74,5 cm. Esta variabilidad en el crecimiento puede ser efecto de la calidad del sitio, de características genéticas de los árboles y del grado de manejo aplicado al SAF.

El volumen total de los árboles procesados varió de 0,28 a 4,51 m<sup>3</sup>, con un promedio de 1,97 m<sup>3</sup>, (DS= 0,9419) que correspondió a un árbol con un diámetro promedio de 48,80 cm (DS= 11,49). El potencial productivo de Cedrela se puede clasificar como muy bueno; es 8,6 % superior en volumen que lo reportado para plantaciones forestales de cedro en Honduras y Nicaragua, en donde determinaron 1,8 m<sup>3</sup> por árbol con fustes comerciales de 15 m y un diámetro aprovechable a 1,30 m fue de 45 cm a los 40 años [19]. También es muy superior (aproximadamente en un 50 %), al calculado (0,959 a 1,157 m<sup>3</sup>) para árboles de *Pinus taeda* (L.) en Brasil a los 18 años [20].

**Cuadro 1.** Despiece comercial (m<sup>3</sup>) para *Cedrela odorata* L., Pérez Zeledón, Costa Rica.**Table 1.** Commercial volumen (m<sup>3</sup>) for *Cedrela odorata* L., Pérez Zeledón, Costa Rica.

Clases diamétricas (cm)	Número de individuos	Aserrío grueso		Aserrío delgado		Tarimas		Leña		Desperdicio	
		m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%
20-24,9	1			0,17	61	0,09	34	0,01	5	0,001	0,3
25-29,9	3	0,01	3	0,25	53	0,20	42	0,01	2	0,001	0,3
30-34,9	5	0,27	39	0,28	40	0,13	19	0,01	1	0,001	0,1
35-39,9	10	0,56	48	0,40	36	0,16	14	0,01	1	0,001	0,1
40-44,9	8	0,82	61	0,38	28	0,14	10	0,01	1	0,001	0,1
45-49,9	9	1,39	75	0,33	18	0,12	6	0,01	1	0,001	0,1
50-54,9	15	1,82	80	0,29	13	0,13	6	0,01	0,4	0,001	0,0
55-59,9	14	2,28	85	0,24	9	0,12	5	0,01	0,4	0,001	0,0
60-64,9	2	2,20	83	0,30	12	0,14	5	0,01	0,4	0,001	0,0
65-69,9	3	3,13	89	0,26	7	0,10	3	0,01	0,3	0,001	0,0
70-74,9	4	3,26	88	0,34	9	0,09	2	0,01	0,3	0,001	0,0

En sistemas agroforestales de cedro-café en Costa Rica, con una abundancia de 70 a 140 árboles por hectárea, se calculó 1,5 a 3,0 m<sup>3</sup> por árbol y un diámetro promedio de 48 cm a los 18 años [19], valor similar al obtenido en el estudio. En plantaciones de cedro los árboles se aprovechan a los 45 cm de DAP, lo que corresponde a un volumen de 1,8 m<sup>3</sup> a los 40 años; en turnos más cortos pueden alcanzar entre 11 y 22 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>, pero con menores dimensiones [21]. Estos datos muestran que se puede esperar un crecimiento más rápido de la especie en linderos, que, en plantaciones puras establecidas con el mismo nivel de manejo, dado que la competencia entre árboles es menor [22].

La distribución del volumen total por árbol de acuerdo al producto fue la siguiente: 1,54 m<sup>3</sup> (78 %) aserrío grueso, 0,31 m<sup>3</sup> (16 %) aserrío delgado, 0,13 m<sup>3</sup> (7 %) corresponde a tarimas, 0,01 m<sup>3</sup> (0,53 %) a leña y 0,001 m<sup>3</sup> (0,06 %) a desperdicio.

A medida que el árbol crece el diámetro a 1,30 m de suelo (DAP) se diversifican los productos esperados, aumentando los productos de mayor valor (aserrío grueso) a partir de los 25 cm, con lo cual se incrementa el valor económico del árbol. Además, los diferentes productos estuvieron presentes en todas las clases diamétricas, excepto en la primera (20-24,9 cm) (Cuadro 1). Mora y Hernández [14] definieron 9 clases diamétricas (de 5 a 45 cm) y encontraron que los árboles de teca (*Tectona grandis* (L. f.)) aportan volumen para 4 productos (aserrío grueso, aserrío delgado, tarimas y leña) a partir de 30 cm; también indican mayor variabilidad de productos

conforme aumenta el diámetro. Con *Acacia mangium* (Willd.), Rodríguez, Barrero y Rodríguez [23] definieron tres clases diamétricas (de 3 a 33 cm), y encontraron volumen de madera para aserrío, madera rolliza y leña a partir de 15 cm de diámetro.

En Brasil, Campos et al. [24], encontraron clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* que al maximizar el volumen total a los 21 cm de DAP los árboles producen tres de los cuatro productos propuestos (energía, pulpa y pilares), y es hasta que se logra obtener los cuatro productos (energía, pulpa, pilares y aserrío) que optimizan los ingresos totales. Valerio et al. [20] clasificaron el volumen en árboles P. taeda de 7 a 22 años de edad en multiproductos de acuerdo al diámetro mínimo de la troza en: residuos (5 cm), pulpa (8 cm), aserrío delgado (16 cm), aserrío grueso (23 cm) y laminado (35 cm) y encontraron que todos los productos se presentan a partir de 13 años de edad.

Los estudios anteriores demuestran variedad de opciones para clasificar el volumen total en productos, todo en función de la demanda de la industria forestal de cada país y de la especie utilizada. Según Martinelli [25], cada etapa de desarrollo de la especie genera características de ahusamiento diferenciado, lo que va a provocar diferente distribución del volumen de las trozas. Además, la cantidad y calidad de la producción de multiproductos de madera de cualquier especie depende de la selección de las semillas y plántulas utilizadas y de los tratamientos silvícolas aplicados [26]. La calidad del sitio es un factor que afecta la producción;

según Valerio et al. [15] los mejores sitios producen registros más grandes, por lo que el sitio influye en la distribución del volumen.

Los árboles de Cedrela comienzan a mostrar volumen para aserrío grueso a partir de un diámetro de 30 cm, que en términos económicos representa el mayor valor de la madera. En las clases mayores a 50 cm el aserrío grueso alcanzó valores mayores a 80 % del volumen total (Cuadro 1). Al comparar estos resultados con otras especies, también se aprecia que conforme aumenta el diámetro del árbol mayor peso tendrá el producto de mayor valor económico. Por ejemplo, para *P. taeda* en Brasil, Valerio et al. [20] obtuvieron que 79 % del volumen total se clasificó para aserrío grueso y laminado, dos de los principales usos que tiene la madera de pino en la industria del país. Similar distribución del volumen se registró para teca, donde el aserrío grueso y el delgado a partir del diámetro de 30 cm, alcanzó más del 90 % del volumen total [14].

El aserrío delgado fue el producto dominante en las clases diamétricas menores a 35 cm; alcanzando la máxima proporción en árboles con DAP entre 20 y 24,9 cm (61 % del volumen total), con una disminución paulatina a partir de los 25 cm, hasta un aporte mínimo en las clases diamétricas mayores a 55 cm (Cuadro 1), comportamiento similar al citado por Mora y Hernández [14], para árboles de teca; sin embargo, en *T. grandis* la máxima proporción de aserrío grueso ocurre a partir de 45 cm (58 % del volumen total), porcentaje similar al obtenido a partir de los 40 cm (61%) en cedro, 27 % menos de lo que representa aserrío grueso en el cedro a ese mismo diámetro. En el aserrío delgado la teca obtiene su máxima proporción a partir de los 25 cm, aportando un volumen de 0,3820 m<sup>3</sup> (78 %), que representa 35 % más de la proporción en cedro de esa misma clase diamétrica.

El volumen relativo para tarimas, leña y desperdicio en el cedro disminuyó conforme aumentó el diámetro del árbol. Para tarimas, la mayor proporción se presentó en las dos primeras clases diamétricas, con 34 y 42 % del volumen total respectivamente. El volumen para leña y desperdicio fue marginal y estuvo presente en todas las clases diamétricas (Cuadro 1). En teca también se registró el volumen relativo más bajo para tarimas y leña en todas las clases diamétricas, con un máximo a los 5 cm (100 %), que disminuyó a 11,4 % a los 20 cm [14], esto representa 57 % más de lo producido por cedro en el caso de la leña. En la última clase diamétrica (45-50 cm), Mora y Hernández [14] registraron un volumen para leña de 0,0623 m<sup>3</sup> (3,3 %) que es 81 % más del volumen que presenta el cedro en esa misma clase. Para las tarimas estos mismos autores registraron un volumen de 0,09 m<sup>3</sup> (29,4 %), 8 % menos de lo producido por el cedro a los 20 cm.

En el cedro, el aserrío grueso y delgado en árboles a partir de 45 cm de diámetro suma más de 90 % del volumen total, que representa la madera de mayor valor en mercado; para el volumen restante es importante brindarle al productor diferentes opciones para la venta. Según Martinelli [25] clasificar la madera del mismo árbol en multiproductos es una alternativa para aumentar los ingresos, porque los valores de cada producto en el mercado se diferencian de acuerdo con sus dimensiones. Campos et al. [24] señalan que al dividir los árboles en multiproductos, el ingreso promedio se incrementa 33,69 %, aumentando la viabilidad y la competencia de las plantaciones forestales con otros cultivo.

## Conclusiones y recomendaciones

El volumen promedio por árbol fue de 1,97 m<sup>3</sup>, el 94 % se clasifica como aserrío grueso y delgado y en menor porcentaje las tarimas (7 %), leña (0,53 %) y desperdicio (0,06 %). El alto porcentaje de madera para aserrío grueso y delgado en todas las clases diamétricas, sumado su valor en el mercado, convierte los SAF de cedro-café en una alternativa para diversificar la producción y mejorar la rentabilidad a nivel de finca.

La tabla de despiece para cedro es una herramienta que le permitirá al productor conocer de antemano el volumen de los productos para planificar la venta y búsqueda de los compradores.

## Recomendaciones

En trabajos posteriores se recomienda cuantificar el volumen que aportan las ramas, ya que corresponden a una parte del árbol que normalmente no se suele incluir en el volumen total y podrían aumentar los ingresos del productor. Además, se sugiere explorar la posibilidad de que parte del volumen de las ramas puede utilizarse para la fabricación de artículos torneados y esculturales (artesanías). Asimismo, se recomienda continuar realizando estudios relacionados a la distribución del volumen total y comercial por medio de tablas de despiece para otras especies de importancia económica en sistemas agroforestales.

## Referencias

- [1] D. Arias, "Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales." Costa Rica. Revista Forestal Kurú 2(5). Noviembre, 2005
- [2] J. Vallejos, y Y. Badilla. F. Picado. O. Murillo, "Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal." Agronomía Costarricense, 33 (1), p.105-119. Octubre, 2010
- [3] M. Espitia, O. Murillo, C. Castillo, "Ganancia genética esperada en melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en Córdoba (Colombia)". Revista *Árvore*, 40(1), 71-80. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000100008> Febrero, 2015
- [4] H. Fassola, "Subprograma pinos en región mesopotámica – *Araucaria angustifolia*. En Norverto, C. (ed.). Mejores árboles para más forestadores: el programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo". pp. 43-56. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca, y Alimentos, Buenos Aires, Argentina. Febrero, 2005.
- [5] J. Cornelius y L. Ugarte, "Introducción a la Genética y Domesticación Forestal para la Agroforestería y Silvicultura." Lima, Perú. Centro mundial para la agroforestería (ICRAF). 124 p. 2010
- [6] C. Ávila-Arias, R. Murillo-Cruz, O. Murillo-Gamboa, y C. Sandoval-Sandoval, "Desarrollo juvenil de clones de *Gmelina arborea* Roxb. de dos procedencias, en sitios planos del Pacífico Sur de Costa Rica", Revista Forestal Mesoamericana Kurú, vol. 12, n.o 28, p. 23, diciembre, 2014, doi: 10.18845/rfmk.v12i28.2097.
- [7] F. Rojas Rodríguez, D. Arias Aguilar, R. Moya Roque, A. Meza Montoya, O. Murillo Gamboa, y M. Arguedas Gamboa, "Manual para productores de Melina", 2013.
- [8] E. J. Umana, P. I. Akwaji, A. A. Markson, y S. E. Udo, «*Gmelina arborea* Roxb: associated mycoflora and diseases in Cross River State, Nigeria», *Global J Sci Front Res*, vol. 15, pp. 1–11, 2015.
- [9] C. Ávila-Arias, R. Murillo-Cruz, y O. Murillo-Gamboa, "Selección de clones superiores de dos conjuntos genéticos de *Gmelina arborea* en el Pacífico Sur de Costa Rica", Revista de Ciencias Ambientales, vol. 49, n.o 1, p. 17, jun. 2015, doi: 10.15359/rca.49-1.2.
- [10] A. Salas-Rodríguez, O. Murillo-Gamboa, R. Murillo-Cruz, C. Ávila-Arias, y X. Mata-Granados, "Evaluación de la severidad de la pudrición del tronco en *Gmelina arborea* Roxb.", Revista Forestal Mesoamericana Kurú, vol. 13, n.o 32, p. 1, abr. 2016, doi: 10.18845/rfmk.v0i0.2547.
- [11] M. González-Rojas, R. Murillo-Cruz, y C. Ávila-Arias, "Crecimiento inicial de *Gmelina arborea* Roxb. aplicando diferentes tratamientos de fertilización en el Pacífico Sur de Costa Rica", Revista Forestal Mesoamericana Kurú, vol. 13, n.o 33, p. 29, jun. 2016, doi: 10.18845/rfmk.v13i33.2575.
- [12] R. Campos, T. Pereira, G. Saraiva, P. Graziotti, y N. De Barros, "Influence of leaf area reduction on clonal production of *Eucalyptus* seedlings." *Cerne*, 16(3): 251-257. 2010.
- [13] C. E. Moraes, R. C. de M. Fonseca, y M. Rui, "Influence of leaves in rooting of minicuttings of eucalyptus hybrids", *Nucleus*, vol. 11, n.o 1, pp. 101-106, abr. 2014, doi: 10.3738/1982.2278.995.
- [14] O. Murillo-Gamboa, Y. Badilla-Valverde, y S. Barboza-Flores, "Costos de producción en ambiente protegido de clones para reforestación", Revista Forestal Mesoamericana Kurú, vol. 15, n.o 37, pp. 15-24, jun. 2018, doi: 10.18845/rfmk.v15i37.3599.
- [15] J. P. Villegas-Espinoza, R. Murillo-Cruz, C. Ávila-Arias, y W. Hernández-Castro, "Influencia del área foliar en el enraizamiento de genotipos superiores de *Gmelina arborea* Roxb.", Revista Forestal Mesoamericana Kurú, vol. 14, n.o 34, p. 13, dic. 2016, doi: 10.18845/rfmk.v14i34.2995.
- [16] J. P. Villegas-Espinoza, R. Murillo-Cruz, C. Ávila-Arias, y W. Hernández-Castro, «Período óptimo de enraizamiento de clones superiores de *Gmelina arborea* Roxb», Revista de Ciencias Ambientales, vol. 51, n.o 1, p. 1, may 2017, doi: 10.15359/rca.51-1.1.
- [17] Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2009). Economía e inversiones forestales y agroforestales en el trópico. [En línea]. Disponible en: <https://www.catie.ac.cr/images/pdfs/programas-de-edu/Especializacion-en-Agroforesteria-Tropical1.pdf>
- [18] ONF. "Usos y aportes de la madera en Costa Rica: Estadísticas 2014." ONF: Heredia, Costa Rica. (2014).
- [19] F. R. Rodríguez, "Principales especies forestales introducidas en Costa Rica", Revista Forestal Mesoamericana Kurú, vol. 2, n.o 4, pp. 88–100, 2005.
- [20] C. L. Anuagasi, J. A. Onuorah, y R. N. Okigbo, «Fungal pathogens affecting seedlings of *Gmelina arborea* Roxb and *Tectona grandis* Lf and effect of three plant extracts», *IJAT*, vol. 13, pp. 307–330, 2017.
- [21] M. J. Wingfield y D. J. Robison, "Diseases and insect pests of *Gmelina arborea*: real threats and real opportunities", *New Forests*, vol. 28, n.o 2/3, pp. 227-243, sep. 2004, doi: 10.1023/B:NEFO.0000040950.01256.ed.
- [22] Burchett, S; y Burchett, S. (2018). *Plant pathology*. Garland Science, Taylor & Francis
- [23] X. Scheldeman, "Distribution and potential of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) and highland papayas (*Vasconcellea* spp.) in Ecuador", PhD Thesis, Ghent University, 2002.
- [24] C. Mohanan, N. Ratheesh, L. Nair, y K. Rajesh, "Disease problems in root trainer forest nurseries in Kerala State and their management. Division of Forest Pathology." Kerala Forest Research Institute. 2005. [En línea]. Disponible: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp011-02.pdf> [Fecha de acceso: 7 de febrero del 2020] [Fecha de acceso: 24 de marzo del 2020]
- [25] S. Rahayu, "The occurrence of pest and disease of *Gmelina arborea* from clonal and seed material in the nurseries: a case study in East Kalimantan, Indonesia. In: Proceedings of the Seventh Meeting of IUFRO Working Party: Diseases and Insects in Forest Nurseries." Hawaii, USA. 136 p. 2010. file:///D:/Downloads/70304-hilo09.pdf
- [26] B. Callan, Introduction to forest diseases, Rev. Victoria, B.C: Forestry Canada, Forest Insect and Disease Survey, Pacific

Forestry Centre, 2001.

- [27] T. Birchler, R. W. Rose, A. Royo, y M. Pardos, «La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica», vol. 7, p. 13, 1998.
- [28] C. O'Reilly, M. Keane, y N. Morrissey, «The importance of plant size for successful forest plantation establishment», p. 5, 2002.
- [29] R. Burdon, "Managing risk in clonal forestry." CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, vol. 1, n.o 35, nov. 2006, doi: 10.1079/PAVSNNR20061035.
- [30] I. Anggraeni, y N. Mindawati, "Serangan Hama dan Penyakit pada Gmelina (Gmelina arborea Roxb.) di Hutan Rakyat." Tekno Hutan Tanaman. 4 (2): 85–92. (2011).
- [31] V. R. Rai y T. Mamatha, «Seedling diseases of some important forest tree species and their management», en Diseases and Insects in Forest Nurseries. Proceedings of the 5th Meeting of IUFRO Working Party S, 2005, vol. 7, pp. 6–8.
- [32] M. Kappelle, Ed., Ecosistemas del Área de Conservación Osa (ACOSA), 1. ed. Santo Domingo, Costa Rica: INBio, 2003.
- [33] L. Holdridge, Ecología: basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. (1978).
- [34] E. H. Franz, M. Begon, J. L. Harper, y C. R. Townsend, "Ecology: Individuals, Populations and Communities", Journal of Range Management, vol. 41, n.o 6, p. 524, nov. 1988, doi: 10.2307/3899533.
- [35] J. A. Di Rienzo, F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada, y C. W. Robledo, InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.: Grupo InfoStat, FCA, 2008.
- [36] P. A. Arneson, "Plant Disease Epidemiology: Temporal Aspects", The Plant Health Instructor, 2001, [Online]. Disponible en: <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/EpidemiologyTemporal/Pages/default.aspx> [Fecha de acceso: 24 de marzo del 2020].
- [37] G. Mathew, "Nursery pests of forest tree species and their management". s.f; [online]. Disponible en: [https://scholar.google.co.cr/scholar?hl=en&as\\_sdt=0%2C5&as\\_vis=1&q=NURSERY+PESTS+OF+FOREST+TREE+SPECIES+AND+THEIR+MANAGEMENT+George+Mathew+India&btnG=](https://scholar.google.co.cr/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&as_vis=1&q=NURSERY+PESTS+OF+FOREST+TREE+SPECIES+AND+THEIR+MANAGEMENT+George+Mathew+India&btnG=) [Fecha de acceso: 24 de marzo del 2020] as a protein complement for growing rats", Science of Food and Agriculture, vol.88, no. 7, março, p.1166-1171, 2008. DOI: 10.1002/jsfa.3192.