



Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Cedrela odorata* L., de 22 años, San Gabán – Perú

Anatomic and physical properties of the wood of *Cedrela odorata* L., 22 years old, San Gabán – Peru

Ruben César Anquise Tichahuanca^{1*}, Ever Ángel Ccahuana Jihuallanca², Leif Armando Portal Cahuana³

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general describir las características anatómicas y las propiedades físicas bajo el método no destructivo de los árboles semilleros de *Cedrela odorata* L., de 22 años en el Anexo Experimental INIA San Gabán – Pampa Alegre. Se colectaron ocho árboles de la especie cedro, seleccionados siguiendo los criterios de la NTP N°251.008: 2012, donde se consideraron aspectos generales, fitosanitarios, y dasométricos, entre otros. Posteriormente, se seleccionaron por cada árbol dos muestras empleando el barreno de Pressler. Se determinaron las características macroscópicas, microscópicas, contenido de humedad, las densidades, el peso calculado de 1 m³ y 1 pie tablar al 12% de contenido de humedad. Los resultados acerca de las características anatómicas mostraron diferencias en cuanto al diámetro tangencial de los poros, que fue menor que el promedio (133.20 µm), respecto a la información científica existente sobre anatomía del cedro. Las propiedades físicas mostraron que *Cedrela odorata* L., a los 22 años se clasifica como madera de densidad básica baja, en comparación con estudios de cedro en bosque natural, donde su clasificación es de densidad básica media.

Palabras clave: plantaciones forestales, tecnología de la madera, barreno de Pressler, densidad básica, especie nativa.

ABSTRACT

The general objective of this study was to describe the anatomical characteristics and physical properties under the non-destructive method of seed trees of *Cedrela odorata* L., 22 years old in the Experimental Annex INIA San Gabán - Pampa Alegre. Eight trees of the cedar species were collected, selected following the criteria of NTP N°251.008: 2012, where general, phytosanitary, and dasometric aspects, among others, were considered. Subsequently, two samples were selected for each tree using the Pressler auger. Macroscopic and microscopic characteristics, moisture content, densities, the calculated weight of 1 m³ and 1 board foot at 12% moisture content were determined. The results of the anatomical characteristics showed differences in the tangential diameter of the pores, which was less than the average (133.20 µm), concerning the current scientific information on cedar anatomy. The physical properties showed that *Cedrela odorata* L., at 22 years of age, is classified as low basic density wood compared to studies of cedar in natural forest, where its classification is basic medium density.

Keywords: Forest plantations, wood technology, Pressler bore, basic density, native species.

¹Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Illpa, Puno, Perú

²Universidad Nacional Amazónica Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.

³Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Florestais, São Paulo, Brasil

* Autor de Correspondencia, e-mail: alfatango001@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

El cedro (*Cedrela odorata* L.) tiene una distribución geográfica desde la costa del Pacífico mexicano, América Central, gran parte de América del Sur y el oeste de India desde las Antillas Mayores y Menores hasta Trinidad y Tobago (Luchi, 2011). En Sudamérica se encuentran principalmente en los bosques tropicales de Perú, Bolivia y Brasil (INAB, 2017). Se desarrolla en ecosistemas de bosque húmedo y estacionalmente seco, con altitudes que varían desde el nivel del mar hasta los 1200 m s.n.m (De la Torre *et al.*, 2008).

La especie *Cedrela odorata* L., se encuentra en la lista de especies amenazadas en el Apéndice III de la CITES desde el 2001 (Navarro *et al.*, 2013). Al ser el cedro una especie amenazada es prioritario realizar diversos estudios en el área de manejo forestal, industria-forestal, etc., que ayuden a aprovechar la especie de manera sostenible (Ruiz Jiménez *et al.*, 2018). El cedro colorado es una madera que se conoce como semi-dura y, por ende, el conocimiento de sus propiedades tecnológicas es de gran importancia en la industrialización de la madera, porque permite definir la capacidad de la especie maderera para un uso específico (Cayanchira y Reyes, 2019). Las características tecnológicas de la madera influyen significativamente en propiedades como el rendimiento, la trabajabilidad y el adecuado desempeño de la madera en diferentes aplicaciones (FONAFIFO, 2014).

La especie *Cedrela odorata* L. cuenta con información tecnológica de su madera procedente de bosques naturales y plantaciones en espacios geográficos diferentes al de San Gabán. En este sentido, presenta un alto valor comercial y es ampliamente utilizada en el sector industrial maderero del país y del mundo (FAO y CITE MADERA, 2018). Es por ello que es importante realizar estudios tecnológicos de las plantaciones experimentales de la especie de *Cedrela odorata* L. del INIA, en San Gabán, y de su madera a los 22 años de haber sido establecida, ya que se considera que va a presentar diferencias con respecto a las de bosque natural.

A nivel internacional, Serna-Mosquera y Borja (2011) realizaron investigaciones de las características anató-

micas y propiedades físicas del cedro. Determinaron porosidad, parénquima axial y radial, radios y fibras. Llegaron a la conclusión de que se trata de una madera con cualidades aceptables que la hacen apetecible para una amplia variedad de usos teniendo en cuenta las condiciones ambientales del Chocó (Colombia). En el Perú, autores como Cayanchira y Reyes (2019) también estudiaron las propiedades físico-mecánicas de *Cedrela odorata* L. en Pichanaki, (Departamento de Junín) evaluaron porosidad circular, radios homogéneos, contenido de humedad, densidad básica, densidad anhidra, flexión estática y comprensión paralela. Llegaron a la conclusión de que esta especie forestal puede tener un uso tecnológico y reemplazar a las especies comerciales convencionales.

El presente estudio aporta al conocimiento de las características tecnológicas de plantaciones de la madera *Cedrela odorata* L., para las condiciones ambientales de San Gabán (Departamento de Puno). En él se describe la estructura de la madera como el tipo, la disposición y dimensiones de las células que la forman, convirtiéndose en un aporte para el sector público y privado que deseen involucrarse en el conocimiento tecnológico de esta especie de gran importancia forestal en el país. En relación a los párrafos expuestos anteriormente, la presente investigación tiene la finalidad de determinar las propiedades físicas y características anatómicas de *Cedrela odorata* L., procedente de una plantación de árboles semilleros de 22 años en el Anexo Experimental INIA San Gabán (Departamento de Puno).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La investigación se llevó a cabo en el Anexo Experimental INIA San Gabán (fase de campo) y en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre Dios (fase de laboratorio).

El distrito de San Gabán pertenece a la provincia de Carabaya, en el Departamento de Puno (Figura 1) a

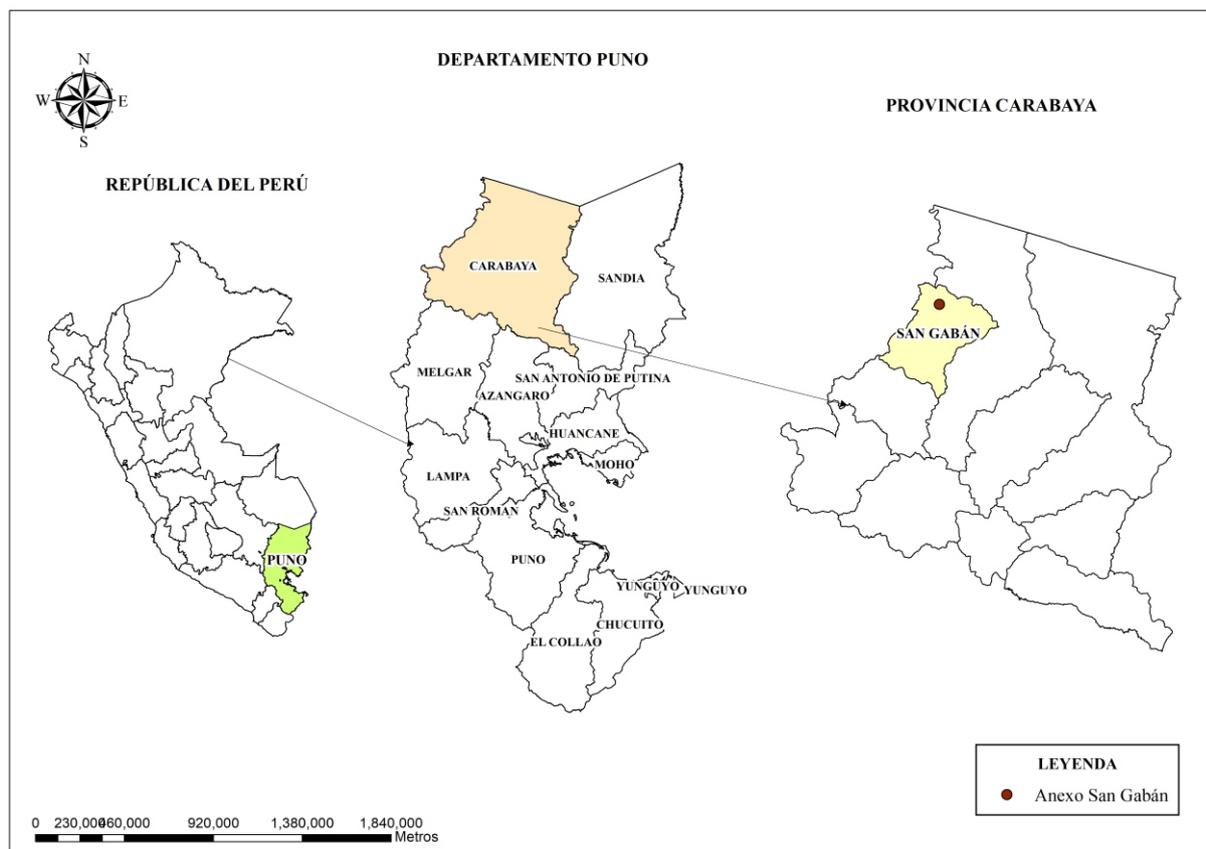


Figura 1. Ubicación del área de estudio

610 msnm, con un clima tropical, precipitaciones que bordean los 5 224 mm al año y una temperatura media anual de 23.3 °C (SENHAMI, 2018).

Fase de Campo

En esta etapa de la investigación se colectaron ocho árboles de cedro, según la NTP 251.008 (INACAL, 2012), con ayuda del Barreno de Pressler (5,1 x 400 mm diámetro x largo). Por cada árbol se colectaron dos radios (muestras) en dirección corteza-médula; dicha obtención fue a la altura del pecho (1.30 m) (Rosero, 2009). En total se colectaron 16 radios de la especie *Cedrela odorata* L.

Dichos radios fueron guardados y codificados en sorbetes de plástico. La codificación de cada muestra en los sorbetes fue para garantizar el orden de las muestras y el número de árbol.

Fase de Laboratorio

El mismo día de colecta de las muestras de la especie *Cedrela odorata* L., se determinó el peso inicial de las submuestras y el volumen inicial. Posteriormente, se

colocaron en la estufa.

Anatomía de la Madera

Uno de los radios colectados en campo fue utilizado para la descripción de la anatomía de la madera, para lo cual se dividió en dos pares (A y B), la primera para las características macroscópicas, y la segunda para las características microscópicas.

Descripción organoléptica y macroscópica de la especie Cedrela odorata L.

La submuestra de madera (A) se pegó en un soporte de madera con cola sintética, con el corte transversal hacia arriba; una vez seca se procedió a lijar y pulir las muestras con una graduación de lijas (10, 120, 150, 220, 50, 320, 400, 600, 1000 grano/cm²). Este procedimiento se realizó para facilitar la observación de la sección transversal de la madera (Figueiredo *et al.*, 2015; Portal, 2017).

Con la muestra lijada y pulida se describió la madera de cedro, con ayuda de una lupa de 10x y con un microscopio-estereoscopio siguiendo las normas COPANT e

IAWA. (COPANT, 1974; IAWA, 1989). La norma COPANT se utilizó para la descripción de las características generales, organolépticas y macroscópicas, mientras que la norma IAWA se usó para la descripción de las características microscópicas de la especie. Se determinaron las características organolépticas (olor, color, transición albura-duramen, sabor, textura) y las características macroscópicas (poros-visibilidad, tipo; anillos de crecimiento, parénquima, radios, inclusiones) (Carvalho *et al.*, 2015).

Descripción microscópica de la especie Cedrela odorata L.

La submuestra de madera (B) se dividió en tres submuestras (B1, B2 y B3), y después se colocó en un recipiente de plástico desinfectado con agua destilada con la finalidad de que se ablanden las muestras. Posteriormente, se colocaron en el refrigerador del laboratorio para mantenerlos frescos.

Se procedió a pegar tres submuestras (B1, B2 y B3) en un bloque de madera con pegamento instantáneo sintético, identificando previamente cada plano de corte (transversal, radial y tangencial). Esto se realizó con la finalidad de que, con ayuda del micrótopo, se obtengan las muestras histológicas-microscópicas de las maderas de la especie cedro.

Después de obtener las muestras histológicas, se procedió a deshidratar (diferentes % de alcohol), colorear

(safranina), fijar el colorante (xilol), y montar las láminas con ayuda de la glicerina líquida, puesto que se realizaron láminas semipermanentes para el análisis posterior en el microscopio (Rosero, 2009; Santini, 2013).

Con las láminas histológicas semipermanentes se obtuvo el diámetro de vasos, número de vasos por mm², altura y ancho de radios en micras, células de radios (alto y ancho). Dichas mediciones se realizaron con el software Imagen Pro Plus (IAWA, 1989).

Propiedades de la madera.

El otro radio colectado en la fase de campo (por árbol), fue utilizado para obtener información de las propiedades físicas de la madera. Dicha muestra fue segmentada en probetas de 5.1 x 5 cm; diámetro x 2.5 a 3 cm largo. En la presente investigación se contempló la determinación de las siguientes propiedades físicas: contenido de humedad, contenido de humedad máxima, densidad básica, densidad normal, densidad anhidra, contracción volumétrica; con esta información tecnológica se pudo, al mismo tiempo, determinar el peso de 1 m³ al 12% de humedad y el peso de 1 pie tablar al 12% de humedad. Los ensayos se ejecutaron de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas "NTP" (Tabla 01). La única variación fue en la forma de obtención de las muestras y en el tamaño de las probetas ya que la NTP estipula que la probeta debe de ser de 3 x 3 x 10 cm (ancho, espesor y largo), y las normas utilizadas fueron las señaladas en la Tabla 1.

Tabla 1. Norma Técnica Peruana para las propiedades físicas

NTP N°251.010. Método de determinación del contenido de humedad	(INACAL, 2014a)
NTP N°251.011. Método de determinación de la densidad	(INACAL, 2014b)
NTP N°251.012. Método de determinación de la contracción	(INACAL, 2015)

Como se mencionó anteriormente, en las probetas (5,1 x 5,0 cm; diámetro 2,5 a 3,0 cm largo) se determinó su peso inicial y el volumen inicial. Dicho volumen se determinó por el método de desplazamiento de agua o inmersión. El peso se determinó con una balanza de precisión de ± 0,01 gramos. Después, las probetas fueron acondicionadas en la estufa y siguiendo el protocolo se incrementó gradualmente de una temperatura de 30° a 103° ± 2°C, con incrementos de 10°C/día. Durante el tiempo que se secaron las probetas en la estufa, se siguió lo estipulado por la NTP

(251.010, 251.011 y 251.012), controlando diariamente el peso de cada probeta, y siempre colocándolas en el desecador provisto con silicagel. Cuando las probetas alcanzaron su peso constante se determinó el volumen final por el mismo método antes mencionado y se aplicaron las formulas en base a la NTP.

Finalmente, los parámetros anatómicos y las propiedades físicas de los árboles de cedro (promedio, mínimo y máximo), se obtuvo utilizando el programa estadístico R versión 3.1.2, con el paquete estadístico Agricolae (R Core Team, 2013).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Anatomía de la madera

Características Organolépticas

En condición seca al aire, existe cambio abrupto de albura a duramen. La albura es de color blanco amarillento y el duramen de color rojo rosado claro 7.5YR7/6. Anillos de crecimiento distintos, el límite de las capas de crecimiento es caracterizado por parénquima marginal, de forma regular, donde se ubican los poros de mayor tamaño denominados de porosidad semicircular. Olor y sabor distintivos (característico), grano recto, textura media, brillo medio. Suave al corte con cuchilla.

Descripción Macroscópica

La madera de porosidad semicircular, los vasos visibles a simple vista, medianos y poco abundantes, mayormente solitarios y escasos múltiples radiales de 2 a 3, de forma redonda, ocasionalmente obstruido por gomas, el parénquima del tipo en bandas de tipo marginal y paratraqueal de tipo vasicéntrico (Figura 2). Radios visibles con lupas de 10x, finos, no estratifica-

das y, por último, inclusiones gomas.

Descripción Microscópica

Elementos de Vasos con cerca de $6,0 \pm 2,6$ vasos/mm² clasificados como pocos, disposición radial, contorno circular a oval; diámetro tangencial promedio de $133,20 \pm 30,89$ μm clasificado como medianos; placa de perforación simple, puntuaciones intervasculares alternas, no guarnecidas; puntuaciones radiovasculares similares a las intervasculares en forma y tamaño. Parénquima axial del tipo en bandas de tipo marginal y paratraqueal de tipo vasicéntrico, los radios cerca de $36,0 \text{ mm} \pm 4,9$, homocelulares (procumbentes) y heterocelulares (cuadradas y erectas), ancho en promedio de $39,02 \pm 8,88$ μm ; altura en promedio de $297,00 \pm 107,42$ μm ; número de células de ancho en promedio de $4,0 \pm 1,1$ células; número de células de alto promedio de $20,00 \pm 8,42$ células sin estratificación (Tabla 2). Inclusiones minerales presencia de cristales prismáticos en las células del radio, y parénquima axial de forma romboide (Figura 2).

Tabla 2. Ficha biométrica de *Cedrela odorata* L.

Variable	Nº de datos	Promedio	Desv. Estándar	Valor mínimo	Valor máximo	C.V (%)
Diámetro Tangencial de poros μm	200	133,20	30,89	63,12	233,21	23,19
Numero de poros/mm²	200	6	2,6	1,0	16,0	45,3
Altura de radios μm	200	297,00	107,42	100,72	677,66	36,17
Ancho de radios μm	200	39,02	8,88	10,36	60,98	22,75
Células de alto en radios	200	19,49	8,42	2,00	43,00	43,18
Células de ancho en radios	200	3,5	1,1	1,0	6,0	30,8
Número de radios/ mm	200	36,4	4,9	24,0	47,0	13,4

De la tabla 3, en función al diámetro tangencial de poros comparado con la información anatómica en la literatura citada se puede observar que este resultado es el más bajo. Esto podría estar demostrando que la especie necesita transportar rápidamente el agua de las lluvias hacia las hojas de los árboles de cedro, y para ello, necesita poros más pequeños, lo que también podría estar asociado al tipo de suelo presente en el área de estudio.

En función del número de poros por milímetro cuadrado y la altura de radios, se observan resultados semejantes a la literatura citada, encontrándose en el rango

de variación de estas características microscópicas.

Con respecto al ancho de radios, se observó que existe una diferencia mínima entre los resultados encontrados por MAE y FAO (2014) y Túllume (2000), sobre el número de radios por milímetro lineal, no encontró reportes científicos al respecto. Por último, en cuanto a las células de alto y ancho de los radios, los resultados comparados con la literatura especializada son semejantes.

De manera general, se puede afirmar que las variaciones microscópicas de la madera *Cedrela odorata* L. en la zona de estudio de San Gabán, se han adaptado a

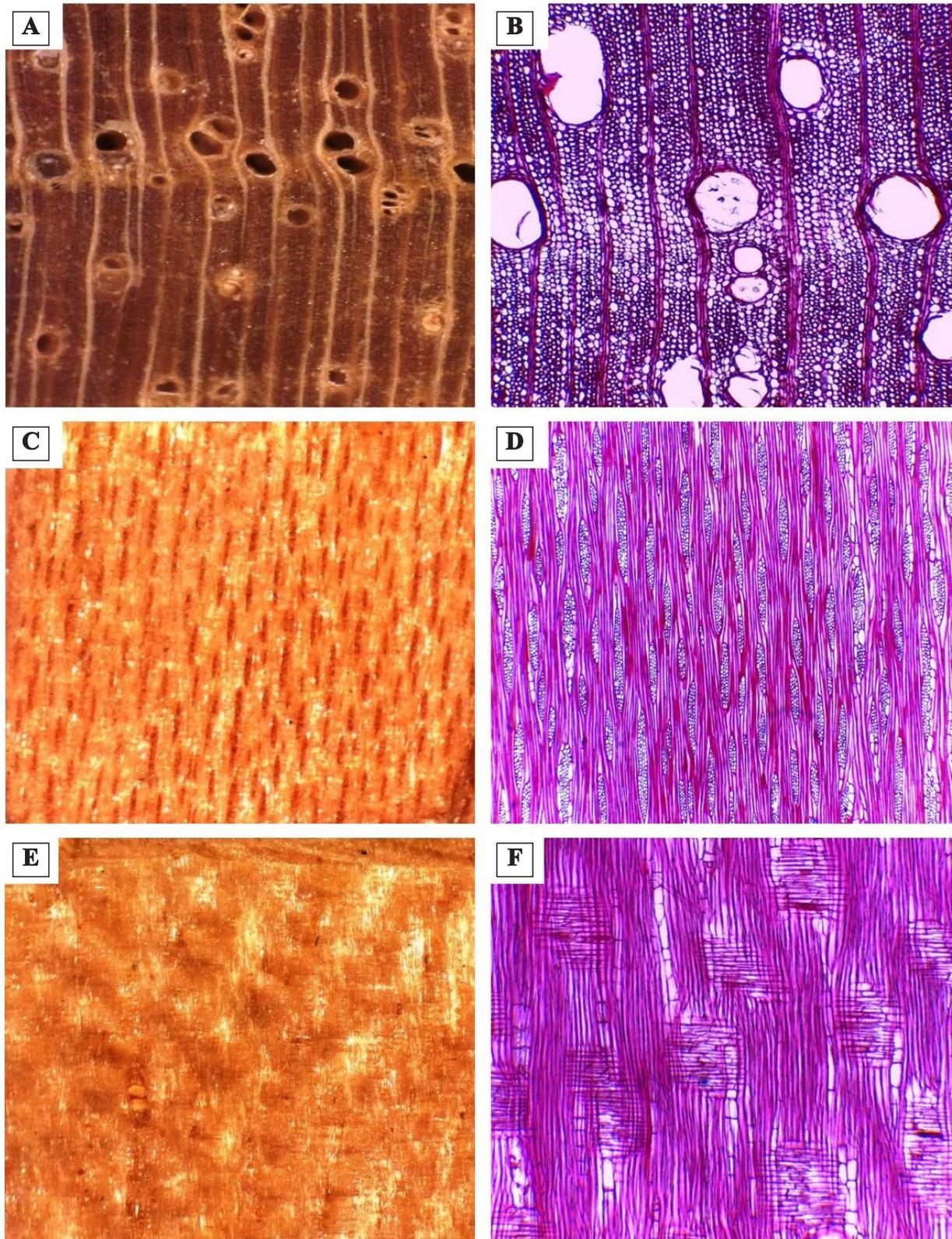


Figura 2. Macro y microfotografías de la especie *Cedrela odorata* L., de 22 años. A y B, Corte transversal. C y D, Corte tangencial. E y F, Corte Radial.

Tabla 3. Comparación de las características anatómicas microscópicas con otros reportes para la especie *Cedrela odorata* L

Variable	San Gabán	Amáez y Flores (1988)			Túllume (2000)	Acevedo y Kikata (1994)	MAE y FAO (2014)
		Abangaritas	Cairo	Florencia Sur			
Diámetro tangencial de poros μm	133,20	255	450	245	209	192 a 504	235
Numero de poros/ mm^2	6	--	--	--	3	1 a 9	5
Altura de radios μm	297	376	413	294	328	300 a 440	--
Ancho de radios μm	39,02	164	51	5	34	--	25
Células de alto en radios	19	15	16	12	11	--	28
Células de ancho en radios	4	4	3	3	2	--	1 a 5
Número de radios/ mm	36	--	--	--	--	--	--

su medio ambiente adaptando así sus dimensiones microscópicas para cumplir sus funciones fisiológicas de manera eficiente, respondiendo a las distintas condiciones ambientales, que conceptualiza como diferencias ecotípicas (Túllume, 2000).

Propiedades Físicas de la Madera

Cedrela odorata L.

Se presentan así los valores promedios, rangos y coeficiente de variación de los ocho árboles estudiados de *C. odorata* L. (Tabla 4). Resultados obtenidos de muestras no destructivas, a través del barreno de Pressler.

Contenido de Humedad (%)	Densidad Básica (g/cm^3)	Densidad Normal (g/cm^3)	Densidad Anhidra (g/cm^3)	Contracción Volumétrica (%)
100,11	0,36	0,72	0,46	14,13
S	0,08	0,10	0,08	1,51
CV	10	10	10	10,69

S: desviación estándar y CV: coeficiente de variación.

En función de la densidad básica de *Cedrela odorata* L. ($0,36 \text{ g}/\text{cm}^3$), se clasifica en el grupo II (densidad básica entre $0,30$ a $0,40 \text{ g}/\text{cm}^3$) que corresponde cualitativamente a las maderas de densidad básica baja. Las maderas que pertenecen al grupo II se caracterizan por poseer buenas propiedades de trabajo con máquinas de carpintería y son regulares en cuanto a su contracción, presentando baja resistencia mecánica y baja durabilidad natural, la cual puede ser mejorada mediante el tratamiento con productos químicos (Sibille, 2006).

Sobre la contracción volumétrica de *Cedrela odorata* L., de $14,13\%$, se clasifica en el grupo IV ($13,1 - 15,0\%$), que corresponde a un cambio dimensional alto (INACAL, 2015).

En la tabla 5 se observa que la densidad básica y la

densidad anhidra se encuentran dentro del rango encontrados por otros autores. Por ejemplo, es mayor que lo encontrado por MAE y FAO (2014) de $0,33 \text{ g}/\text{cm}^3$, y por debajo de los resultados encontrados por Acevedo y Kikata (1994), Túllume (2000), y Aguilar y Castro (2006). Lo más importante es que la especie *Cedrela odorata* L. se encuentra ubicada en el grupo de la densidad media (Acevedo y Kikata, 1994; Túllume, 2000; MAE y FAO 2014; Aguirre *et al.* 2015). Sin embargo, en el presente estudio se clasifica en el grupo de la densidad baja, entendiendo que estos resultados fueron obtenidos de árboles de *Cedrela odorata* L. de bosque natural. Sobre la contracción volumétrica de la madera se observa que los datos obtenidos son ligeramente mayores para el cedro en San Gabán.

Tabla 5. Comparación de las propiedades físicas de la madera con otros reportes para la especie *Cedrela odorata* L.

Variable	San Gabán	Túllume (2000)	Acevedo y Kikata (1994)	MAE y FAO (2014)	Aguirre <i>et al.</i> (2015)
Densidad Básica (g/cm^3)	0,36	0,41	0,42	0,33	0,54
Densidad Anhidra (g/cm^3)	0,46	0,47	--	0,36	--
Contracción Volumétrica (%)	14,13	13,23	--	8,50	--

La recitación de menor edad y menor densidad fue encontrada en otros estudios en el Perú, como por ejemplo en *Guazuma crinita* en Huánuco, donde estudiaron dos plantaciones de cinco y ocho años de edad, que se encontró que los árboles de *G. crinita* de cinco años presentaban menor densidad básica ($0,377 \text{ g/cm}^3$) comparadas con los árboles de ocho años ($0,396 \text{ g/cm}^3$) (Chavesta *et al.*, 2020). Y también otro estudio de *G. crinita* en el Perú (Ucayali) que al comparar los resultados de la densidad básica de una plantación de ocho años con los datos de la literatura de otra plantación de *G. crinita* de 32 meses, se encontró que la plantación de ocho años presentaba mayor densidad básica (Turisma *et al.*, 2017).

Peso de 1 m^3 al 12% de humedad y el peso de 1 pie tablar al 12% de humedad, de la especie *Cedrela odorata* L.

La propiedad física de la densidad básica de las maderas de la especie *Cedrela odorata* L., es útil no solo para hacernos una idea de qué tan compactas son las maderas, sino que también nos permite conocer el peso de una carga de madera, información importante en el transporte de la madera para cálculos de fletes, comercio, etc. Estos cálculos se realizaron con la densidad básica y la contracción volumétrica de la especie cedro. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la tabla 6 y la comparación con otros estudios.

Tabla 6. Peso Calculado de 1 m^3 y 1 pt de la especie *Cedrela odorata* L. con otras especies estudiadas por Ugarte y Heinz (2017).

Especies	Densidad Básica g/cm^3	Peso de 1 m^3 al 12% de humedad (kg)	Peso de 1 pt al 12% humedad (kg)
<i>Cariniana domestica</i>	0,59	712,35	1,68
<i>Cedrela odorata</i>	0,42	502,03	1,18
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	0,45	538,40	1,27
<i>Ormosia coccinea</i>	0,61	724,04	1,71
<i>Cedrela odorata</i> L(*)	0,36	429,29	1,01

(*) representa la especie estudiada en San Gabán.

Ugarte y Heinz (2017) determinaron el peso calculado de 1 m^3 y 1 pt de maderas peruanas al 12% de contenido de humedad. Esta determinación tuvo la misma metodología de cálculo que del CITE madera. *Cedrela odorata* L. representa la especie estudiada en San Gabán.

Con esta información se comparan gráficamente el peso calculado de 1 m^3 y 1 pt al 12% de contenido de humedad (Figuras 3 y 4).

Tanto para 1 m^3 y 1 pt al 12% de humedad, se puede observar que está influenciado directamente por la densidad básica, pudiendo afirmar que a menor densidad básica menor peso calculado de 1 m^3 y 1 pt, mientras que a mayor densidad básica mayor peso calculado de 1 m^3 y 1 pt de la madera.

IV. CONCLUSIONES

Se puede concluir que la madera de *Cedrela odorata* L. procedente de la plantación de árboles semilleros de 22 años del Anexo Experimental INIA - San Gabán:

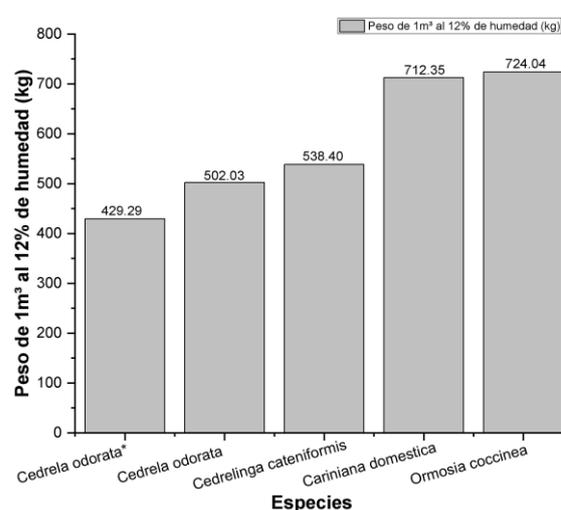


Figura 3. Comparación del peso calculado de 1 m^3 al 12% de contenido de humedad, de las especies forestales del Perú. *Cedrela odorata* L. (*) representa la especie estudiada en San Gabán. Como se observa en la Figura 3, comparando las especies de cedro de bosque natural presenta mayor peso calculado de 1 m^3 .

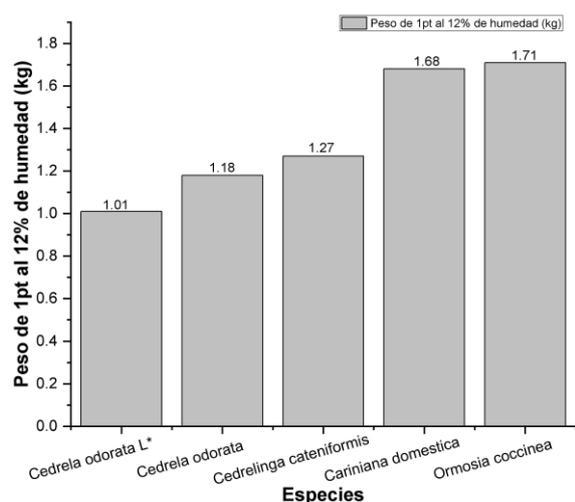


Figura 4. Comparación del peso calculado de 1 pt al 12% de contenido de humedad, de las especies forestales del Perú. *Cedrela odorata* L. (*) representa la especie estudiada en San Gabán.

Sobre las características organolépticas y macroscópicas no presentaron variaciones en cuanto a la literatura científica consultada. Con respecto a las características microscópicas, se observa que el diámetro tangencial de los poros presentó una menor dimensión con respecto a la información científica, mientras que las otras dimensiones microscópicas son semejantes.

En relación a las propiedades físicas de la madera de cedro la mayor diferencia con la literatura científica consultada es que los árboles de cedro de 22 años se clasifican según su densidad básica como baja, mientras que diversos autores mencionan que la clasificación de la densidad básica es media. Esta información es de suma importancia porque influye directamente en el uso de la madera.

Los usos adecuados en función de su anatomía y propiedades físicas son: cajonería liviana, moldurado, revestimiento, laminado, chapas, madera contrachapada, juguetería, muebles ligeros, instrumentos, tabiquería, armarios y puertas.

Por último, se concluye que 1 m³ y 1 pt de madera de cedro de 22 años en el sector de San Gabán equivalen al 12% de humedad de lo que representan 429,29 m³ y 1,01 pt, respectivamente.

V. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

RCAT: Conceptualización, Metodología, administra-

ción del proyecto y supervisión, escritura-preparación del borrador original. EACJ: Validación, curación de datos, análisis formal, escritura-preparación del borrador original. LAPC: Escritura-revisar y edición, escritura-preparación del borrador original.

VI. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

VII. FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Se realizó con fondos del Programa Nacional Forestal del Área forestal de la Subdirección de Productos Agrarios perteneciente a la Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M., y Y. Kikata 1994. *Atlas de Maderas del Perú*. Lima (Perú): Universidad Nacional Agraria la Molina y Universidad de Nagoya.
- Aguilar, S., y B. J. Castro. 2006. "Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México". *Madera y Bosques* 12 (1): 95-115.
- Aguirre, Z., A. F. Loja, C. Solano, y N. Aguirre. 2015. *Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador*. Loja (Ecuador): Universidad Nacional de Loja.
- Amáez, E., y E. Flores. 1988. "Características de la madera de *Cedrela odorata* L (cedro amargo, Meliaceae) en Costa Rica". *Revista de Biología Tropical* 36 (1): 67-73.
- Carvalho, A. L., L. M. S. Goncalves, A. M. Carvalho, V. Q. T. Oliveira, y F. S. Freitas. 2015. "Descrição anatômica das espécies *Qualea tesmannii*, *Aspidosperma vargasii* e *Jacaranda copaia*." En *II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de madeira*. Belo Horizonte (Brazil).
- Ccayanchira, F. M., y M. C. Reyes. 2019. *Anatomía, propiedades físico mecánicas, químicas y potencial dendrológico de Cedrela odorata L.*

- y *Terminalia oblonga* (Ruiz y Pav.) Centro Anapiari, Pichanaki-Junín. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo (Perú).
- Chavesta, M., M. Tomazello, M. Carneiro, y S. Nisgoski. 2020. "Axial and radial evaluation of the basic density and fiber dimensions of the basic density and fiber dimensions of *Guazuma crinita* Martius wood". *Floresta* 50 (2): 1143-1150. DOI: 10.5380/rf.v50i2.58356
- COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). 1972. *Normas panamericanas*. Buenos Aires (Argentina): COPANT.
- De la Torre, A., C. López, E. Yglesias, y J. P. Cornelius. 2008. "Genetic (AFLP) diversity of nine *Cedrele odorata* populations in Madre de Dios, southern Peruvian Amazon". *Forest Ecology and Management* 255 (2): 334-339. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.09.058
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y CITE MADERA. 2018. *La Industria de la madera en el Perú. Identificación de las barreras y oportunidades para el comercio interno de productos responsables de madera, provenientes de fuentes sostenibles y legales, en las MIPYMEs del Perú*. Lima (Perú): FAO.
- Figueiredo, J.V., M. Teixeira, L. D. S. A. Baptista, y L. M. A. Ramos. 2015. "Dendrocronología de árboles de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake de ocorrência na rebio de Tinguá-RJ". *Revista Árvore* 39 (2): 385-394. DOI: 10.1590/0100-67622015000200018
- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). 2014. *Mejora y conservación de las reservas de carbono mediante actividades forestales y el consumo de madera mediante el aumento de las capacidades gerenciales en el sector industrial forestal*. Informe Final. San José (Costa Rica).
- IAWA COMMITTEE. 1989. "IAWA List of microscopic features for hardwood identification". *IAWA Bulletin* 10 (3): 219-332.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques Guatemala). 2017. *Cedro Cedrele odorata Paquete Tecnológico Forestal*. Ciudad de Guatemala (Guatemala): INAB.
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2012. "NTP N°251.008. Maderas. Selección y Colección de Muestras." Lima (Perú)
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2014a. "NTP N°251.010. Madera. Método de Determinación de Contenido de Humedad." Lima (Perú)
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2014b. "NTP N°251.011. Madera. Método de Determinación de Densidad." Lima (Perú)
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2015. "NTP N°251.012. Maderas. Método de Determinación de Contracción." Lima (Perú)
- Luchi, A. 2011. "Quantitative features of *Cedrele odorata* L. wood (Meliaceae)". *Revista Brasileira de Botânica* 34 (3): 403-410. DOI: 10.1590/S0100-84042011000300013
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) y (FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. *Propiedades Anatómicas, Físicas y Mecánicas de 93 Especies Forestales*. Quito (Ecuador): MAE y FAO.
- Navarro, R.M., N. Agote, F. Pizarro, C. J. Ceacero, y G. Palacios. 2013. "Elements for a non-detriment finding of *Cedrele* spp. In Bolivia—A CITES implementation case study". *Journal for Nature Conservation* 21 (4): 241-252. DOI: 10.1016/j.jnc.2013.01.003
- Portal, L. F. 2017. *Potencial Dendrocronológico de Árbores da Família Fabaceae na Floresta Tropical Amazônica do Peru*. Tesis de Grado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Río de Janeiro (Brasil).
- R Core Team. 2018. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- <http://www.R-project.org/>.
- Rosero, J. 2009. *Dendrocronología de árboles de mogno, Swietenia macrophylla King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru*. Tesis de Maestría. Universidade de São Paulo. São Paulo (Brasil).
- Ruiz-Jiménez, C. A., H. M. De los Santos-Posadas, J. F. Parraguirre-Lezama, y F. D. Saavedra-Millán. 2018. "Evaluación de la categoría de riesgo de extinción del cedro rojo (*Cedrela odorata*) en México". *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: 938-949. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2018.3.2192
- Santini, L. 2013. *Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no estado de São Paulo—Programas "São Paulo Amigo da Amazônia" e "Cadmadeira"*. Tesis de Maestría. Universidade de São Paulo. São Paulo (Brasil).
- Serna-Mosquera, Y. B., y A. Borja. 2011. "Características anatómicas y algunas propiedades físicas de la madera de *Cedrela odorata* L. del Centro Multipropósito de la Universidad Tecnológica del Chocó". *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo* 30 (2): 176-188.
- Sibille, A. M. 2006. *Guía de Procesamiento Industrial Fabricación de Muebles con Maderas Poco Conocidas-LKS*. Lima (Perú): WWF Perú, USAID y PROMPEX
- Tuisima, L. L., J. L. Odicio, J. C. Weber, D. Lluncor, y B. Lojka. 2017. "Variation in wood physical properties within stems of *Guazuma crinita*, a timber tree species in the Peruvian Amazon". *Madera y Bosques* 23 (1): 53-61. DOI: 10.21829/myb.2017.2311534
- Túllume, M. C. 2000. *Características Anatómicas y Propiedades Físico-Mecánicas del Cedro (Cedrela odorata L.) proveniente de Satipo*. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú).
- Ugarte, J., y K. Heinz. 2017. *Manual para Operadores de Secadores Convencionales para Madera*. Lima (Perú): CITE madera.

