

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



**STUDY OF THE PHYSICAL MECHANICAL
PROPERTIES OF CAPIRONA WOOD
(*Calycophyllum spruceanum* (BENTHAM)Hooker
f.ex.schumann) AS POTENTIAL FOR SOLID
WOOD FLOORING PRODUCTION**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Graciela Isabel Egoavil Cueva Galvez

Código 19802188

Asesor

María Teresa Noriega Aranibar

Lima – Perú

Noviembre de 2023

Propuesta Carrera Ingeniería Industrial
Título STUDY OF THE PHYSICAL MECHANICAL PROPERTIES OF CAPIRONA WOOD (<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham)Hooker f.ex.Schumann) AS POTENTIAL FOR SOLID WOOD FLOORING PRODUCTION
Autor(es) Egoavil Cueva Galvez Graciela Isabel 19802188@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima
Resumen: [El objetivo de este estudio fue determinar las propiedades físico-mecánicas de una plantación de 20 años de la especie <i>Calycophyllum spruceanum</i> , conocida como "capirona" en el Perú, debido a su potencial en la producción de pisos de madera. Se tomaron muestras de seis árboles en una plantación en Curimaná-Ucayali, Perú, y se realizaron pruebas según los estándares de la ASTM D 143-94 – 2 000. Los resultados revelaron que la capirona tiene una densidad básica de 0,68 g/cm ³ , considerándola madera pesada, con una estabilidad dimensional moderada. Las propiedades mecánicas indicaron una alta resistencia a la flexión y compresión paralela, y muy alta resistencia a la compresión perpendicular, dureza, cizallamiento y tenacidad. Según la NTP 251.135.2013, la madera de capirona fue evaluada positivamente, destacando su potencial para la producción de pisos de madera maciza.]
Palabras Clave: [Plantaciones / Propiedades físico-mecánicas / pisos de madera maciza / capirona plantada / Ucayali]
Abstract: [The aim of this study was to determine the physical-mechanical properties of a 20-year-old plantation of the species <i>Calycophyllum spruceanum</i> , known as "capirona" in Peru, due to its potential in wood flooring production. Samples were taken from six trees in a plantation in Curimaná-Ucayali, Peru, and tests were conducted according to ASTM standards (ASTM D 143-94 – 2 000). The results revealed that capirona has a basic density of 0.68 g/cm ³ , categorizing it as heavy wood, with moderate dimensional stability. Mechanical properties indicated high resistance to bending and parallel compression, and very high resistance to perpendicular compression, hardness, shear, and toughness. According to NTP 251.135.2013, capirona wood was positively evaluated, highlighting its potential for the production of solid wood flooring].
Keywords: [Plantations / physical and mechanical properties / softwood floring / planted / Ucayali].
Línea de investigación IDIC – ULIMA
Área y Sub-áreas de Investigación: Product Design and Development – Design Process.
Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado (s) al tema de investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria maderera peruana se destaca por la extracción de madera, mayormente de bosques naturales, tanto legales como ilegales. Esta práctica ha resultado en la degradación de los bosques, incremento de costos operativos por la escasez de madera y reducción de la producción nacional. En contraste, la producción maderera en la Amazonía peruana es una actividad económica crucial, dependiendo principalmente de los bosques naturales.

Para abordar estos desafíos, se consideran las plantaciones forestales como alternativa viable. Estas reducen el impacto negativo en los bosques, aumentan la producción nacional y combaten el comercio ilegal de madera. No obstante, la creación de estas plantaciones puede resultar costosa y con riesgos económicos que deben ser previstos y mitigados.

Por otro lado, el uso creciente de madera proveniente de plantaciones forestales es una tendencia mundial, especialmente en la industria maderera, pero, la información limitada sobre las propiedades físico-mecánicas de estas maderas limita su aplicación. La capirona, común en la cuenca del Amazonas, muestra potencial para plantaciones en altitudes específicas y se considera valiosa en la construcción debido a su demanda en pisos de madera. Su alta densidad y dureza la hacen adecuada para varios usos, desde ebanistería hasta fabricación de artículos deportivos.

Actualmente, la demanda de capirona para pisos está en aumento, ubicándose en el tercer lugar en producción de parquet a nivel nacional. Sin embargo, la falta de planes de manejo adecuados y la insuficiente oferta de madera proveniente de regeneración natural plantean desafíos para la industria forestal.

Además, la deforestación acumulada en Perú presenta una oportunidad para establecer plantaciones comerciales en áreas deforestadas, aunque la producción de productos maderables, como pisos de madera, de la Amazonía ha disminuido. Este declive podría llevar a un aumento en la importación de productos o al uso de sustitutos no maderables, perdiendo así posición en el mercado. Conocer las propiedades de la madera es crucial para su correcto uso, permitiendo su procesamiento industrial y evitando su uso exclusivamente artesanal.

OBJETIVOS

Objetivo general

El propósito de esta investigación sobre la capirona proveniente de plantaciones forestales de 20 años es recopilar datos detallados sobre sus propiedades físicas y mecánicas, centrándose específicamente en la densidad básica y la dureza. Esto tiene como fin principal evaluar su idoneidad para su aplicación en la producción industrial de pisos de madera maciza.

Objetivos específicos

Determinar la densidad básica de la madera de capirona procedente de plantaciones forestales, utilizando métodos estandarizados de medición.

Evaluar la dureza de la madera de capirona mediante pruebas específicas de resistencia y durabilidad.

Comparar los resultados obtenidos con estándares industriales para identificar el potencial de la madera de capirona en la fabricación de pisos de madera maciza.

Analizar la viabilidad económica y técnica de utilizar la capirona en la producción industrial de pisos, considerando sus propiedades físicas y mecánicas.

JUSTIFICACIÓN

El estudio de la capirona proveniente de plantaciones forestales de 20 años posee una relevancia multidimensional que impacta varios aspectos:

Relevancia Teórica y Técnica: Este estudio busca proporcionar información detallada sobre las propiedades físicas y mecánicas de la capirona, lo cual es esencial para entender su idoneidad en la producción industrial de pisos de madera maciza. La evaluación de estos atributos contribuirá al conocimiento científico sobre esta especie, mejorando la comprensión de su comportamiento en aplicaciones industriales.

Relevancia Económica: La viabilidad de utilizar la capirona en la producción de pisos de madera maciza puede tener un impacto significativo en la industria maderera y de la construcción. Si se demuestra su idoneidad, puede generar nuevas oportunidades económicas al ofrecer una alternativa sostenible y rentable para la producción de pisos.

Relevancia Social: Este estudio podría beneficiar a las comunidades locales que dependen de la actividad forestal al promover el uso sostenible de recursos maderables. Además, si se implementan prácticas adecuadas de manejo forestal, se podría mejorar la calidad de vida de las comunidades y preservar sus medios de subsistencia.

Relevancia Ambiental: El enfoque en el uso de madera proveniente de plantaciones forestales busca reducir la presión sobre los bosques naturales y desincentivar la tala ilegal. Esto puede contribuir a la conservación de los ecosistemas forestales y a la mitigación del cambio climático al promover prácticas sostenibles y de reforestación.

La propuesta puede contribuir al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 15: Vida de Ecosistemas Terrestres. Este objetivo se centra en la gestión sostenible de los bosques, la lucha contra la deforestación, la restauración de ecosistemas degradados y la conservación de la biodiversidad. El estudio de la capirona en plantaciones forestales respalda estos esfuerzos al explorar una alternativa sostenible que puede reducir la presión sobre los ecosistemas naturales y fomentar prácticas forestales más responsables.

Por eso, esta investigación no solo busca ofrecer información técnica valiosa para la industria, sino que también aspira a contribuir a un desarrollo más sostenible, tanto ambiental como socioeconómicamente, al promover prácticas de manejo forestal responsable y la utilización de recursos de manera sostenible.

HIPÓTESIS (Si aplica)

"Se espera que la capirona proveniente de plantaciones forestales de 20 años exhiba propiedades físicas y mecánicas adecuadas, especialmente en términos de densidad básica y dureza, que la posicionen como un material viable y óptimo para la producción industrial de pisos de madera maciza en comparación con otras especies maderables tradicionalmente utilizadas en esta industria".

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de investigación: Este estudio se enmarca como una investigación experimental, dado que implica la recolección y análisis de datos provenientes de pruebas físicas y mecánicas realizadas a muestras de capirona procedente de plantaciones forestales de 20 años.

Enfoque de la investigación: El enfoque principal se centra en la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la capirona, particularmente en la densidad básica, contracción de la madera y la dureza, con el objetivo de determinar su idoneidad para la producción de pisos de madera maciza a nivel industrial.

Alcance de la investigación: Se llevó a cabo la recolección de muestras de capirona de plantaciones forestales de 20 años, seguida de pruebas físicas y mecánicas específicas para evaluar sus propiedades. El análisis se centró en la comparación de estos resultados con estándares industriales para determinar su viabilidad en la producción de pisos de madera maciza.

Técnicas e instrumentos: Las técnicas involucradas incluyeron pruebas de laboratorio para medir la densidad básica y la dureza de la madera. Los instrumentos utilizados fueron los señalados por la Norma ASTM D143 – 94 (2000). Los datos obtenidos se compararon con la Norma Técnica Peruanas: NTP 251.135 (2013) para pisos de madera, con la finalidad de evaluar la calidad de la capirona, como materia prima, para ser usada en pisos de madera maciza.

Etapas del desarrollo de la investigación:

Recolección de muestras: Obtención de muestras representativas de capirona de plantaciones forestales de 20 años en ubicaciones específicas.

Preparación de muestras: Acondicionamiento y preparación de las muestras para los ensayos físicos y mecánicos.

Realización de pruebas: Ejecución de pruebas de laboratorio para medir la densidad básica y la dureza de la capirona según métodos estandarizados.

Resultados, discusión de los resultados y conclusiones: Evaluación, análisis y presentación de los hallazgos obtenidos en las pruebas, comparándolos con estándares industriales y especies maderables provenientes de bosques naturales, utilizadas en la producción de pisos de madera maciza.

Diagrama de propiedades físico-mecánicas de la madera para pisos sólidos



Restricciones y Limitaciones:

Limitaciones de tiempo y recursos para la recolección y análisis de muestras.

Disponibilidad y accesibilidad a plantaciones forestales específicas para obtener muestras representativas.

Las propiedades de la madera pueden variar debido a diversos factores tanto internos como externos.

Entre los internos, se incluyen cambios en el cambio relacionados con la edad, la herencia genética, entre otros. Por otro lado, factores externos como las condiciones climáticas, edafológicas y silvícolas también pueden influir en estas variaciones.

NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi asesora, Dra. María Teresa Noriega Aranibar por sus valiosos consejos, dedicación y apoyo incondicional en la elaboración de este documento.

A Steffanny Ramos Jacobo, mi gratitud por su amabilidad y disposición constante para colaborar en la realización de este trabajo.

También deseo agradecer a Martha Luisa Chumpitaz Ávila, secretaria de Grados y Títulos, por su trato amable, cortés y por estar siempre dispuesta a resolver cualquier consulta que surgiera.

Finalmente, extendiendo mi reconocimiento a todo el personal de Grados y Títulos por su eficiencia y dedicación en el desempeño de sus funciones.

REFERENCIAS

American Society of Testing and Materials (ASTM). (2000). Standards methods of testing small clear specimens of timber. D143-94. ASTM International: West Conshohocken, PA, USA.

<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D143-94.htm>

Ananías, R. (1992). Física de la Madera. Departamento de Ingeniería en Maderas. Concepción, Chile: Universidad del Bio-Bio.

Araújo, B.H.P.; Sousa, M.A.R.; Nascimento, H.E.M.; Zanuncio, A.J.V.; Rodrigues, D.M.S.; Guedes, M.C. (2016). Propriedades físicas da madeira de *Calycophyllum spruceanum* Benth. em função do diâmetro e da posição (base e topo) no fuste. *Sci For* 44(111):759 -768. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n111.22>

Arévalo, V.G.A. (2016). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de pisos de madera estructurada para el mercado limeño. (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial). Lima, Perú: Universidad de Lima.

<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/5945>

Aróstegui, A. (1982). Recopilación y Análisis de Estudio Tecnológico de Maderas Peruanas. Documento de trabajo No. 2 PNUD/FAO 81/002: Lima, Perú.

Aróstegui, A.; González, V.; Sato, A. (1986). Propiedades Tecnológicas y uso de la madera de 40 especies del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. *RFP* 10(1-2):1-86. [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_80-81_\(14\)/vol10_art1.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_80-81_(14)/vol10_art1.pdf)

Cámara Nacional Forestal (CNF). (2007). Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú. Lima: PROYECTO OIMT PD 37/88.

Carvalho, A.M.; Silva, B.T.B.; Latorraca, J.V.F. (2010). Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). *Cerne*, 16, 106-114. <https://www.redalyc.org/pdf/744/74459381014.pdf>

Cuellar, J. & Reyes, P. (2016). ¿Es la Capirona *Calycophyllum spruceanum* Una opción rentable para la promoción de Plantaciones Forestales en la Amazonia?: En XII Congreso Nacional Forestal CONAFOR. 2016 Lima-Perú. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/364>

Chávez, M. (2021, Abril). Perú y el mercado internacional de maderas que puede aprovechar. La Cámara. <https://lacamara.pe/peru-y-el-mercado-internacional-de-maderas-que-puede-aprovechar/>

Dávalos.S.R.& Bárcenas, P.G.M. (1999). Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición seca. *Madera Bosques*, 5 (1), 61-69.
<https://www.redalyc.org/pdf/617/61750107.pdf>

David, L. (2012). Propriedades tecnológicas da madeira de Casuarina equisetifolia. Disertación Tesis, Universidade Federal do Espírito Santo: Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, UFES.
http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/field/ane_o/tcc_lairo_david_feuchard.pdf

Echenique.,R.,; Plumptre, R. A. (1994). Guía para el uso de Maderas de Belice y México. Oxford. ISBN 968-895-517-5.

Flórez, J. B., Silva, J. R. M., Braga, P. P. C., Lima, P. F. T., & Trugilho, P. F. (2015). Simulação em serviço de pisos de madeira jovem de *Tectona grandis*. *Revista Materia*, 20(04), 1048-1060.
<https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/3234/2550>

Fuentes S., M. (1998). Propiedades Tecnológicas de las maderas mexicanas de importancia en la construcción. *Revista Chapingo. Cienc Florest Amb.*, 4(1),221-229.

Fuentes, F. J.; Silva, J. A.; Rodríguez, A. R.; Sanjuán, D. R.; Richter, H. (2014). Perfil de estabilidad dimensional de las maderas Primavera y Rosa morada. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 24(5), 56-69. <https://www.redalyc.org/pdf/629/62921342011.pdf>

García, F.F. (2016). Pisos de madera. Apuntes del curso de Industrias de Transformación Mecánica. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina.

González, G.T. Pisos de madera. (2012) *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 3 (7), 9-572.
<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/529>

Guariguata, M.R.; Arce, J.; Ammour, T. y Capella, JL. (2017). Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. Documento Ocasional 169. Bogor, Indonesia: CIFOR.

https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-169.pdf

Hoadley, B. (2019). *Identifying Wood: Accurate Results with simple tools* (3a ed.). Taunton Press. ISBN: 978-1631869608.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y Propiedad Industrial (Indecopi). (2013). Pisos de madera. Productos de parquet macizo machihembrado. Requisitos generales. 2° edición. NTP 251.135. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).(2010), Estudio de trabajabilidad de la madera de cuatro especies procedentes de plantaciones en la Región Ucayali.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/386>

Junta de Acuerdo de Cartagena (JUNAC). (1981). Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 24 especies de Colombia. Junta de Acuerdo de Cartagena. PADT-REFORT. Grupo Andino: Colombia.

Klitzke, R. J. (2003). *Secagem da madeira*. UFPR: Curitiba, Brasil.

Kollmann, F. F. P. & Cotê, W. A. (1968). *Principles of wood science and technology*. Ed. Springer-Verlag: Berlin.

Kretschmann, David E. (2010). Mechanical properties of wood. *Wood handbook: wood as an engineering material*: Madison. Forest Products Laboratory, 5.1-5.46. https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgr/fpl_gtr190.pdf

Martins, M., Silva, J. R. M., Lima, J. T., Gonçalves, M. T. T., & Filipe, A. P. (2013). Simulação em uso dos pisos de madeira de *Eucalyptus* sp e *Corymbia maculata*. *Revista Cerne*, 19(1), 151-156.
<https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000100018>

Ministerio del Ambiente (MINAN). (2022). Geobosques: Plataforma de monitoreo de bosques: Bosques y pérdida de bosques. <https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>.

Moreschi, J. (2014). Propriedades tecnológicas da madeira. UFPR: Curitiba, Brasil.

Moya, R., & Muñoz, F. (2010). Physical and mechanical properties of eight fast-growing plantation species in Costa Rica. *J. Trop For Science*, 22(3), 317–328. <http://www.jstor.org/stable/23616661>

Muñoz-Acosta, F. & Moreno, P. (2013). Contracciones y propiedades físicas de *Acacia mangium* Willd., *Tectona grandis* L.F. y *Terminalia amazonia* A. Chev, Maderas de Plantación en Costa Rica. *Cienc Florest Amb.*, 19(2), 287-301. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.06.040>

Panshin, A.J. & De Zeeuw, C. (1981). *Textbook of Wood Technology*. Ed. Mc-Graw-Hill: New York, USA.

Pantigoso, J. (2009). Propiedades físicas y mecánicas de la Capirona *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) hook ex Schumann) procedente de una plantación experimental en San Alejandro Ucayali - Perú (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/432>

Porter, T. (2013). *Wood identification & use*. Firefly Books. ISBN: 978-1554074824. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2022). *Compendio Estadístico Forestal 2010-2020*. Lima. <http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/929>.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2021). SERFOR fortalecerá la gestión de bosques y plantaciones forestales con fines comerciales en 9 regiones del país. <https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/566180>

Sibille M, A.M. (2006). Guía del procesamiento industrial. Fabricación de muebles con maderas poco conocidas - LKS. Lima, Perú. <https://dokumen.tips/engineering/guia-de-procesamiento-industrial-de-fabricacion-de-muebles.html>

Sotomayor-Castellanos, J.R. & Ramírez-Pérez, M. (2013). Densidad y características higroscópicas de maderas mexicanas. Base de datos y criterios de clasificación. *Investigación e Ingeniería de la Madera*. 9(3), 3-29.

Teixeira, D.E., Cunha, L.E., Wimmer, P., & Andrade, A. (2019). Resistência à abrasão, dureza Janka e a correlação com outras propriedades em 14 espécies de madeiras tropicais brasileiras com potencial para utilização em pisos de madeira. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, 10(2), 135-141. https://app.amanote.com/v4.0.44/research/note-taking?resourceId=UK_uAnQBKQvf0BhiJDm1

Tusset, R., & Duran, F. (1979). *Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utiliación*. Ed. Hemisferio Sur: Montevideo, Uruguay.

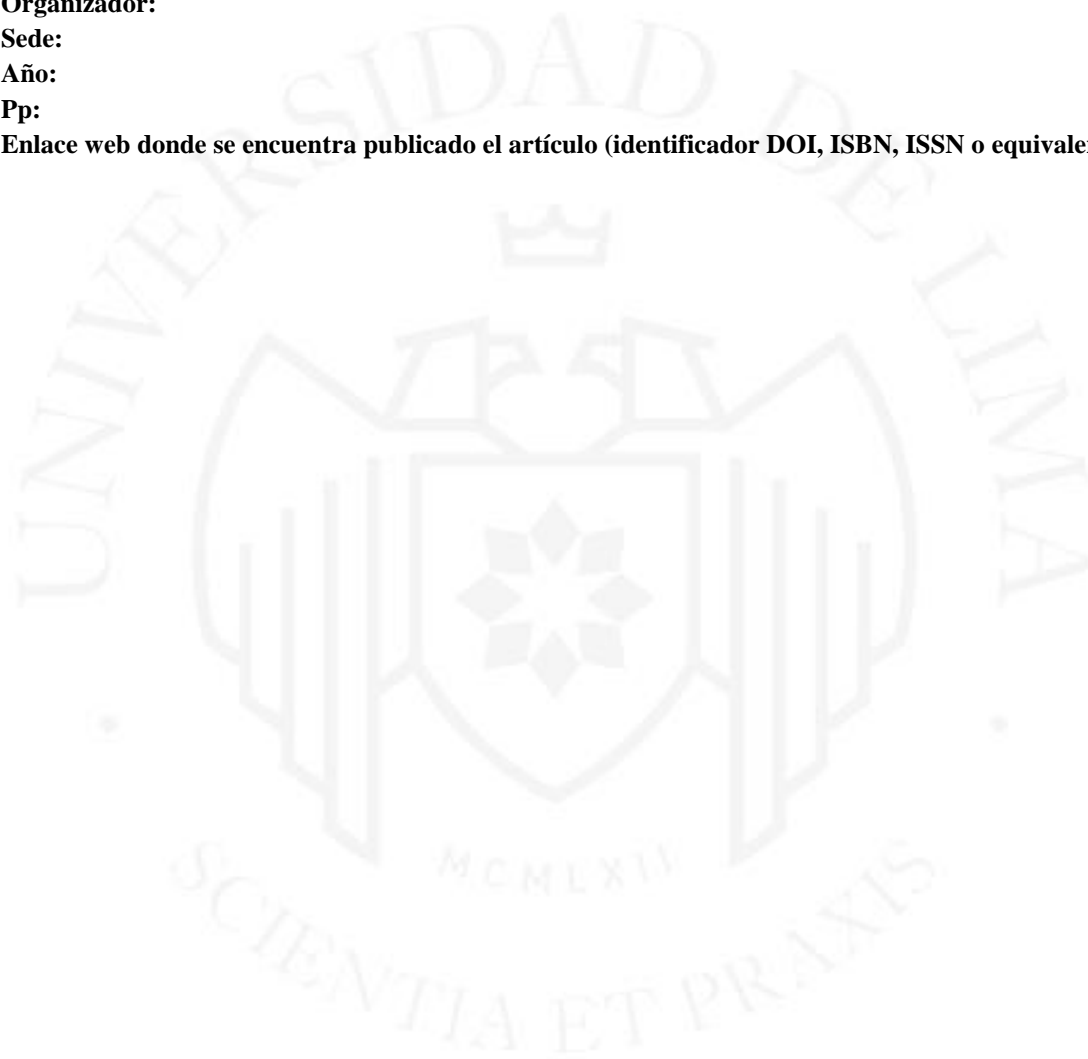
Urban, R. (2011). Mecanismos de financiamiento para el sector forestal en el Perú. Diseño participativo de un mecanismo de financiamiento para el desarrollo del sector forestal en el Perú. 1a edición. Lima, Perú: FONDEBOSQUE: FAO Perú.

Ushiñahua, D. (2016). Comportamiento Fenológico Preliminar de Capirona en la Provincia de San Martín, Región San Martín. Ed. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/213>

ANEXO. Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Study of the physical mechanical properties of capirona wood (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f.ex. Shumann) as potential por solid wood flooring production.
- **Autores:** Graciela Isabel Egoavil Cueva Gálvez, Márcio Pereira da Rocha, Ricardo Jorge Klitzker, Pamela Carolina Castro Tamayo.

-
- **Co autor(es):** Dra. María Teresa Noriega Aranibar, asesora.
- **Publicación en revista**
 - **Nombre de la revista:** Revista Ingeniería Industrial
 - **Volumen:**
 - **Número:** 45
 - **Año:** 2023
 - **Pp:** 1 - 20
 - **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes)**
 - **DOI:** <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6505>
 - **Presentación em congreso**
 - **Nombre del congreso:**
 - **Organizador:**
 - **Sede:**
 - **Año:**
 - **Pp:**
 - **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes)**



Capirona

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

2%

2

www.researchgate.net

Fuente de Internet

1%

3

Artemio Carrillo, Miriam Garza, María de Jesús Nañez, Fortunato Garza, Rahim Foroughbakhch, Sadoth Sandoval. "Physical and mechanical wood properties of 14 timber species from Northeast Mexico", Annals of Forest Science, 2011

Publicación

1%

4

acervodigital.ufpr.br

Fuente de Internet

1%

5

repository.tudelft.nl

Fuente de Internet

1%

6

mafiadoc.com

Fuente de Internet

<1%

7

www.oalib.com

Fuente de Internet

<1%