

# Biomaterializar: madera de Amomyrtus, una oportunidad para la diversificación productiva sustentable del bosque templado

Marcos García-Alvarado<sup>(\*)</sup>, Gerardo Saelzer Fuica<sup>(\*\*)</sup>  
y Jimena Alarcón Castro<sup>(\*\*\*)</sup>

---

**Resumen:** Los antecedentes a exponer en este documento exploran una alternativa productiva para el bosque templado de Chile y Argentina. La abundancia de la especie Amomyrtus, invisibilizada por la industria de la madera, presenta, para campesinos habitantes y propietarios de bosque nativo, una alternativa de sustento económico como material combustible y algunos otros usos, para el trabajo cotidiano proveniente del conocimiento cultural tradicional y las características de resistencia estructural de la madera. El trabajo, en desarrollo en el marco de la tesis doctoral y resultados a nivel de laboratorio y proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), permite ver alternativas constructivas que proponen el uso sustentable de la madera de Amomyrtus como materia prima estructural, producida en el contexto campesino en una dinámica dialógica entre el diseño y el conocimiento cultural de los habitantes del bosque que favorece la diversificación productiva del bosque nativo templado de la región sur austral.

**Palabras clave:** diversificación productiva - diseño dialógico - madera Amomyrtus - bosque templado

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 49]

---

<sup>(\*)</sup> Diseñador Industrial Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile; Magíster en Construcción en Madera, Universidad del Bío-Bío, Chile; Doctorando en Arquitectura y Urbanismo Universidad del Bío-Bío, Chile. Académico en la Escuela de Diseño de la Universidad Austral de Chile.

<sup>(\*\*)</sup> Arquitecto Universidad del Bío-Bío, Chile; Doctor en Arquitectura y Clima, Universidad Católica de Lovaina, Bélgica. Académico del Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura Universidad del Bío-Bío y Doctorado en Arquitectura y Urbanismo, Universidad del Bío-Bío, Chile.

<sup>(\*\*\*)</sup> Diseñadora Industrial, Universidad de Valparaíso, Chile; Magíster en Construcción en Madera, Universidad del Bío-Bío, Chile en colaboración con Design Innovation, Italia. Doctora en Gestión del Diseño, Universidad Politécnica de Valencia, España. Académica del Departamento de Artes y Tecnologías del Diseño y Doctorado en Arquitectura y Urbanismo, Universidad del Bío-Bío, Chile.

## Introducción

Cada vez los recursos naturales son más escasos, la crisis energética y la contaminación ambiental proveniente de la producción de materiales y la disposición de residuos del proceso productivo nos obliga a reflexionar por el ciclo completo de obtención de los materiales. Aproximarse a la materia prima madera desde su origen, entendiendo y atendiendo las características, cualidades, existencia, desarrollo y crecimiento en el lugar de procedencia, permitiría potenciar las posibilidades de uso específico para cada especie forestal.

La madera es un material biológico formateado para el consumo; estamos acostumbrados a adquirirla en formatos estandarizados especialmente escuadrados, distribuidos y ordenados en dispensadores y estantes de centros comerciales, listos para trabajar con sistemas constructivos, uniones, conectores y herramientas altamente globalizadas. Incluso la incorporación de procesos mecánicos, térmicos y químicos proyectan a la madera como un biomaterial capaz de comportarse de manera eficiente en contextos orgánicos. Pero ¿qué pasa con la madera antes de convertirse en material semielaborado? Investigaciones y exploraciones recientes, junto a experiencias tradicionales históricas, han puesto en valor la madera entera y de reacción como material eficiente en la construcción de estructuras resistentes. Utilizando modelado paramétrico se ha logrado compensar las diferencias entre las piezas obtenidas directamente del árbol que incluyen bifurcaciones y desviaciones naturales del árbol en para realizar configuraciones de escala habitable.

Experiencias recientes realizadas con madera entera, que es aquella que conserva la forma presente en el árbol, con intervenciones menores que permiten sistematizar la producción y construcción, aprovechan al máximo sus capacidades resistentes. Estas exploraciones incluyen modelado paramétrico, fresado robótico, y la intervención con vaporizado para deformar la madera. Los resultados preliminares entregados por estas investigaciones, evidencian un potencial uso de la madera de *Amomyrtus*, en busca de la diversificación productiva del bosque nativo (Soto, 2004; Kalin Arroyo & Humaña, 1999).

## Madera entera, exploraciones artesanales y tecnificadas

Grupos de investigación internacionales han realizado experiencias relacionadas al uso de madera entera para estructuras, elementos constructivos y uniones para estructuras livianas (Mayo, 2015; Hill et al., 2022). El máximo aprovechamiento de la sección recta del rollizo, polín, fuste o ramas de distintas especies de madera, son los formatos a través de los cuales se busca resolver sistemas constructivos sustentables con la menor pérdida de materia prima y la menor huella de carbono en su proceso productivo.

En la madera entera la continuidad de la fibra se mantiene en el sentido longitudinal de la pieza y a la vez en la sección circular. Las piezas mantienen un comportamiento estructural homogéneo en todos los sentidos que se pierde al aserrarla en secciones ortogonales o cuadradas, afectando su comportamiento por la aparición de nudos y otras imperfecciones que debilitan las piezas al cortar la continuidad de la fibra, disminuyendo 2 a 3 veces su capacidad estructural (Bukauskas, 2015).

Un completo estado del arte de la construcción con madera entera realiza el grupo de investigadores (Bukauskas et al., 2015), donde identifican estructuras como puentes, cerchas y vigas compuestas que utilizan la madera entera en una barra o en piezas con presencia de bifurcaciones. Bukauskas analiza el comportamiento estructural de la madera entera comparando configuraciones de pilar con una unidad de madera entera, agrupando tangencialmente cuatro unidades, componiendo columnas postensadas de madera entera, evaluando resistencia y carbono incorporado en su proceso. Se suma el análisis de un sistema de pilar cilíndrico laminado y un pilar de acero doble T, para evidenciar las cualidades de la madera entera desde una mirada sustentable de las estructuras y su proceso productivo y posterior degradación. (Bukauskas et al., 2019)

En el Parque Hooke, Inglaterra, el Design & Make, levantan una estructura nombrada como el “Tree Forks Truss”, realizado con segmentos de árboles que contienen bifurcaciones u horquillas, uniendo cada particular pieza por cada una de las extremidades, gracias a la intervención robotizada que permite relacionar en el espacio todos los puntos con conexiones encajadas (Mollica, 2016). El resultado permite ver la importancia del modelado digital para vincular las piezas similares, no iguales, por tanto únicas. Utilizando el software Grasshopper, pueden definir con precisión la orientación y puntos de unión entre las horquillas que previamente fueron escaneadas. La estructura aprovecha la extensión de las extremidades de las horquillas, uniéndolas sin elementos distintos entre las piezas bifurcadas.

En la misma línea, el trabajo realizado en el Archolab y la U. de Michigan (Mankouche et al., 2018), utiliza horquillas talladas a partir de bifurcaciones de madera entera presentes en el árbol en pie. Para controlar el exceso de ángulos distintos presentes en las piezas recolectadas, las clasifican aproximando los ángulos similares para ajustar y homogeneizar en grupos de piezas, frezadas con herramientas de control numérico. El uso de software de modelado entrega la combinación idónea de las uniones, ubicándolas en el espacio, para completar una estructura con barras entre las piezas bifurcadas utilizadas como vínculo.

El grupo de investigación de estructuras digitales del MIT (Muller, 2022), talla con robots la zona donde se produce la bifurcación en horquillas para construir nudos tridimensionales apertados a barras largas de madera aserrada. La principal características de esta exploración es el uso de madera presente en la bifurcación, madera de reacción con alta concentración de ángulos de las fibras, con una dureza superior comparada con el resto del árbol. En el ajuste que se da a cada pieza a través de cortes que tallan la unión, construye un nudo estructural para vincular aristas rectas de madera aserrada. Aquí la bifurcación natural es aprovechada como madera de reacción en la unión, pero pierde la orientación de las extremidades. Así lo evidencian estudios de madera entera y madera de reacción, donde se especifica que en las bifurcaciones se reconoce la continuidad de la fibras entrelazada en la zona bifurcada para alcanzar la resistencia que requiere una rama proyectada en ángulo de un árbol en pie (Dénou et al., 2020). Distintos ángulos y configuraciones de la bifurcación modifican la resistencia de las extremidades (Özden et al., 2017).

## Madera entera y la incorporación de vapor

El Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (Dubor et al., 2019), trabaja con madera entera cortada transversalmente con sierras de banda incorporadas a un brazo robótico; con esto consiguen piezas estructurales recortadas siguiendo las deformaciones naturales de la madera. Para esto se escanea cada pieza y programa el brazo robótico de manera de guiarlo por la topografía de la madera de reacción o con defectos. Se obtienen partes y piezas de una estructura geoméricamente compleja con una pérdida mínima de material. Las láminas las secan inyectando vapor y en el proceso analizan el comportamiento de las deformaciones producto de las tensiones internas después del corte transversal. Estos resultados dejan planteado un potencial aporte en el proceso de secado, incorporando vapor, lo que evidencia alteraciones naturales en madera entera recortada a lo largo de su eje axial. A partir de la tecnología de curvado con vapor utilizada por Michael Thonet en 1850, un grupo de investigadores de Michigan elaboran una estructura de madera vaporizada, con escisiones longitudinales, doblada con brazos robóticos para conseguir elementos tridimensionales con el menor número de uniones. La estructura se construye y monta con uniones entre extremos y segmentos tangenciales de cada elemento, para configurar un tejido estructural con espesor. (Bard et al., 2012). Esta estructura, si bien no es de madera entera, integra principios de configuración espacial que, por las características cilíndricas de la madera entera, podrían ser relevantes para la configuración de elementos tridimensionales.

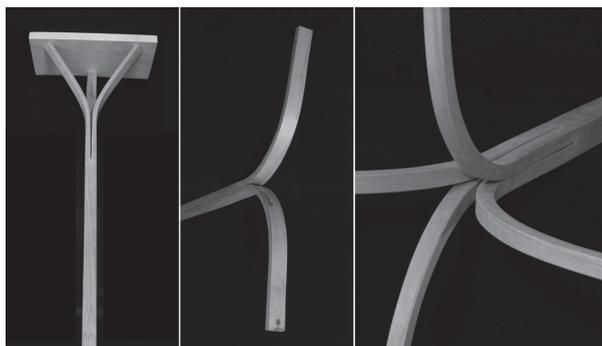
La configuración de una estructura funicular es modelada digitalmente para determinar la posición de piezas restringidas por calidad, específicamente madera aserrada con curvatura de canto, retazos cortos, en general madera de residuo. Cada segmento se une con otro para convertirse en una pieza mayor, relacionada con la estructura total, que es un pequeño espacio a escala habitable (Baber et al., 2020). La definición paramétrica de la ubicación y tallado de uniones entre piezas de madera entera que configuran una estructura recíproca, permite evadir las diferencias y los defectos de cada pieza de madera entera, utilizando el brazo robótico para orientar con referencia virtual la distancia, ángulos y profundidad entre los cortes, independientemente de la topografía de cada pieza. (Geno et al., 2022).

Utilizar ramas naturales bifurcadas como componentes de estructuras considerando como reto la programación parametrizada entre control y coincidencia, permitir resolver que la madera no necesita ser transformada para utilizarla en estructuras, pudiendo aprovechar la estructura natural para la configuración de estructuras con nuevas lógicas espaciales. (Allner & Kroehnert, 2019).

## Aproximaciones en investigación en desarrollo

Un primer proyecto de investigación aplicada, al alero de la Universidad de Los Lagos (García-Alvarado, 2016), presenta alternativas de bifurcaciones simples y múltiples utilizando cortes parciales y longitudinales en madera sólida vaporizada, para deformar y secar controladamente piezas en hormas o plantillas que permiten la estandarización de

las formas configuradas. Este sistema se utilizó para el diseño y construcción de patas de mesas de madera, con el objetivo de aumentar y ampliar los puntos de apoyo de una pieza de madera, capaz de sostienen la superficie de cubierta. Pruebas de normalización para objetos funcionales demostraron la efectividad del sistema al reducir los esfuerzos en cada unión (Fig. 1).



**Fig. 1.** Piezas de madera de Lengua, Bifurcaciones simple y múltiples.

Fuente: Proyecto FONDEF CA10i 10383.

Un segundo proyecto de investigación aplicada al alero de la Universidad de Los Lagos (García-Alvarado, 2016), se exploró alternativas de diseño y construcción para la especie *Amomyrtus* en bajas secciones de madera, utilizando la técnica del vaporizado para conformar piezas funcionales homogéneas. Esta técnica se presenta como alternativa para la diversificación productiva del bosque nativo, con un trabajo dialógico entre los investigadores y las comunidades propietarias de bosque nativo que cuentan con *Amomyrtus*. La experiencia parte por identificar las cualidades de la madera en pie, con las comunidades propietarias de bosque nativo en San Juan de La Costa, en la Región de Los Lagos (Fig. 2). Se extraen de manera selectiva individuos de sección aproximada a los 10 cm de diámetro, describiendo desde su entorno próximo, ubicación georeferenciada, las características morfológicas, aparición de la copa, bifurcaciones, entre otras. Se divide el fuste en secciones cada metro, describe el ahusamiento y desarrollan pruebas de resistencia a la flexión y compresión paralela a fibra, para ejecutar ejercicios de vaporizado y curvado con matrices simples que logran manejar sin problemas los habitantes locales (Fig. 3).



Fig. 2. Bosque Amomyrtus, Región de Los Lagos, Comuna San Juan de la Costa. Proyecto. Fuente: Archivo proyecto FONDEF ID16i 10303.



Fig. 3. Curvado de madera entera de Amomyrtus por vaporizado. Trabajo dialógico con comunidad de Casa de Lata, San Juan de La Costa Región de Los Lagos. Fuente: Proyecto FONDEF ID16i 10303.

## Amomyrtus

El manejo del bosque nativo prioriza las maderas reconocidas como aserrables, considerando la madera de Amomyrtus como parte de la madera que se ralea para despejar el bosque, relegando su uso al consumo combustible, especialmente carbón o simplemente se abandona para la degradación en el bosque manejado. Otros usos tradicionales valoran las características resistentes de esta especie, identificando los tiempos en que puede ser fácilmente trabajable con herramientas básicas. Tradicionalmente se ha utilizado para

mangos de herramientas, ejes de carreta, estacas, y especialmente el “wiño” o bastón para jugar el Palín original de la cultura Mapuche, que también es conocido y comparado con la “Chueca” de origen español. Cada uno de estos usos consideran el tamaño del árbol en el proceso de crecimiento, con una sección máxima aproximada de 15 cm de DAP (diámetro a altura de pecho; 130 cm de altura). Esta madera culturalmente es trabajada con un alto contenido de humedad que permite el uso de herramientas manuales, considerando que la dureza que alcanza seca, dificulta tal proceso. *Amomyrtus meli* y *Amomyrtus luma*, son parte del bosque templado del sur de América. Cuenta con antecedentes de uso tradicional campesino, que valora la eficiencia funcional de la pieza de madera antes que la regularidad de la forma. *Amomyrtus meli* (Melí) es un árbol que alcanza hasta los 20 metros de altura, de copa piramidal. Su tronco es recto de hasta 60 cm de diámetro, corteza lisa, blanco-cenicienta, decorticante en placas irregulares, de ramas rectas y ascendentes. Endémico de Chile se encuentra desde la Provincia de Arauco hasta la Provincia de Chiloé, en ambas cordilleras. Crece en lugares húmedos a orilla de cursos de agua o bajo el dosel de otras especies (Rodríguez, 1983). *Amomyrtus luma* (Luma), es un árbol de hasta 20 metros de altura, ramoso, de tronco recto, de hasta 50 cm de diámetro; corteza lisa, pardo clara o grisácea, decorticante en placas redondeadas. Ramas numerosas y ascendentes. Habita en sitios húmedos, generalmente a orillas de los cursos de agua. Especie secundaria de los bosques sureños y australes, crece asociada especialmente a otras Mirtáceas. Se encuentra desde el Maule hasta Aisén en Chile y desde Neuquén hasta Chubut en los Andes de Argentina. (Rodríguez, 1983).

## Conclusión

Exploraciones constructivas con madera entera buscan un máximo aprovechamiento de la materia prima para conservar el volumen sin pasar por procesos de aserrío o escuadrado, buscan maximizar las características resistentes en la conservación de la continuidad de las fibras sin cortarlas longitudinal ni transversalmente. Como trabajo de tesis de doctoral en la Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, se avanza en la determinación de un sistema constructivo en base a madera entera deformada, que pretende analizar potencialidades de la materia prima madera, desde su condición de árbol en un sitio y contexto específico, considerando las cualidades que condicionan su hábitat y de quienes se beneficiarían de su existencia, tanto como ecosistema como producto que permite la subsistencia. Proponer reducir el ciclo del proceso de construcción de piezas, incorporando técnicas de transformación de la madera entera en el lugar de extracción, agregando valor al recurso y promoviendo la diversificación productiva del bosque nativo para las comunidades. Promover los ciclos productivos del bosque pertinente con la demanda de piezas incorporando valor al producto. Las bifurcaciones naturales o construidas se presentan como oportunidad para estructuras espaciales colaborativas. Sumar segmentos de madera entera de baja sección y alta resistencia presente en la especie *Amomyrtus*, permitiría preguntarse desde el paradigma de la sustentabilidad, si la madera entera bifurcada es

una alternativa viable para el diseño de estructuras colaborativas, considerando técnicas artesanales apropiables por las comunidades propietarias de bosque nativo, como actores relevantes en proceso productivo.

## Referencias

- Allner L., Kroehnert, D., (2019). *Natural complexity. An introduction to structural design with tree forks*. Digital Wood Design. DOI: 10.1007/978-3-030-03676-8\_29
- Baber, K., Burry, J., Chen, C., Gattas, J., Bukauskas, A. (2020) *Inventory constrained desing of a timber funicular structure*. SN Applied Sciences <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03314-9>
- Bukauskas, A., Mayencourt, P., Shepherd, P., Sharma, B., Mueller, C., Walker, P., & Bre-gulla, J. (2019). *Whole timber construction: A state of the art review*. In *Construction and Building Materials* (Vol. 213, pp. 748–769). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.043>
- Bukauskas, A. (2015). *New Structural Systems in Small-Diameter Round Timber*. Submitted to the Department of Architecture in partial fulfillment of de requiriments for the degree of Bachelor of Science in Architecture. MIT June 2015.
- Dénou, C., Restrepo, D., Slater, D. (2020). Demystifying Tree Forks: Vices and virtues of forks in arboriculture. *Journal of Botany Research*. Vol 3. DOI 10.36959/771/566
- Dubor Alexandre, Bielicki Filip, Alois Dackiw Jean-Nicolas, Krenmuller aimund, Garivani Soroush, & Kumarji Sujay. (2019, January 9). *BANDSAWN CURVED LUMBER*. IaaC Institute for Advanced Architecture of Catalonia. <https://www.iaacblog.com/projects/bandsawn-curved-lumber-2/>
- García-Alvarado, M. (2016). *Intersecciones Deformaciones múltiples*. Intersecciones PUC.
- García-Alvarado, M. (2019). *Fondef ID 16i 10303 2017-2019*.
- Geno, J., Goosse, J., van Nimwegen, S., & Latteur, P. (2022). *Parametric design and robotic fabrication of whole timber reciprocal structures*. Automation in Construction, 138, 104198. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104198>
- Hill, C., Kymäläinen, M., & Rautkari, L. (2022). Review of the use of solid wood as an external cladding material in the built environment. *Journal of Materials Science*, 57(20), 9031-9076.
- Kalin Arroyo, M. T., & Humaña, P. (1999). *Breeding systems of two endemic rainforest species in southern Chile: Amomyrtus meli (Phil.) Legr. et Kaus.* (Myrtaceae) and Luzuriaga polyphylla (Hook.) Macbr. (Philesiaceae). [Sistema reproductivo de dos especies endemicas del bosque lluvioso del sur de.
- Mankouche, S., von Bülow, P., & Vliet, K. (2018, July 12). *Citation: Limb, a Fantastical Take on Timber Construction*. 2018 R+D AWARDS. [https://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/citatio-limb-a-fantastical-take-on-timber-construction\\_o](https://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/citatio-limb-a-fantastical-take-on-timber-construction_o)
- Mollica, Z. (2016). *Tree Fork Truss: An Architecture of Inherent Forms*. In *Design & Make*. <https://zacharymolli.ca/project/tree-fork-truss/>

- Mayo, J. (2015). *Solid wood: case studies in mass timber architecture, technology and design*. Routledge.
- Muller, C. (n.d.). *Los ingenieros del MIT construyen estructuras de carga utilizando horquillas para árboles en lugar de juntas de acero*. Retrieved May 10, 2022, from <https://www.dezeen.com/2022/05/05/tree-forks-mit-digital-structures-architecture/>
- Özden, S., Slater, D., & Ennos, R. (2017). *Fracture properties of green wood formed within the forks of hazel (Corylus avellana L.)*. *Trees*, 31(3), 903–917. <https://doi.org/10.1007/s00468-016-1516-0>
- Rodríguez, R., Matthei, O., Quezada, M. (1983). *Flora arbórea de Chile*. Ed. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Soto Figueroa, P. C. (2004). *Reproducción vegetativa por estacas en Amomyrtus luma (Luma), Amomyrtus meli (Meli) y Luma apiculata (Arrayán) mediante el uso de plantas jóvenes y adultas*. [Tesis].

---

**Abstract:** The background information presented in this paper explores a productive alternative for the temperate forest of Chile and Argentina. The abundance of the *Amomyrtus* species, invisibly by the timber industry, presents, for peasant inhabitants and owners of native forests, an alternative of economic sustenance as fuel material and some “other uses” for the daily work coming from the traditional cultural knowledge and the structural resistance characteristics of the wood.

The work, in development within the framework of the doctoral thesis and results at laboratory level and project of research, development and innovation (R+D+i), allows to see constructive alternatives that propose the sustainable use of *Amomyrtus* wood as structural raw material, produced in the peasant context in a dynamic dialogue between design and cultural knowledge of the inhabitants of the forest and favors the productive diversification of the temperate native forest of the southern austral region.

**Keywords:** Productive diversification - dialogic design - *Amomyrtus* wood - temperate forest.

**Resumo:** O histórico a ser apresentado neste documento explora uma alternativa produtiva para as florestas temperadas do Chile e da Argentina. A abundância da espécie *Amomyrtus*, invisibilizada pela indústria madeireira, apresenta, para camponeses e proprietários de florestas nativas, uma alternativa de sustento econômico como matéria-prima combustível e alguns outros usos, para o trabalho cotidiano derivado do conhecimento cultural tradicional e da força estrutural características da madeira.

O trabalho, em desenvolvimento no âmbito da tese de doutoramento e resultados ao nível laboratorial e projetos de investigação, desenvolvimento e inovação (I+D+i), permite vislumbrar alternativas construtivas que propõem a utilização sustentável da madeira

Amomyrtus como material estrutural premium, produzida no contexto camponês numa dinâmica dialógica entre o design e o saber cultural dos habitantes da floresta que favorece a diversificação produtiva da floresta nativa temperada da região austral do sul.

**Palavras-chave:** diversificação produtiva - desenho dialógico - madeira de Amomyrtus - floresta temperada

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por su autor]

---