

# Ensayo sobre la deslignificación de Arundo donax en camino a la elaboración de materiales transparentes.

**Sessão Temática: ST04. Ambiente construído, tecnologia e sustentabilidade**

SUVIRE, Paula Marina, Estudiante de Arquitectura 5º año; Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de San Juan.

Paula.suvire@gmail.com

LU, Yichi; Estudiante de Arquitectura 4º año; Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de San Juan.

nome.sobrenome@provedor.brasil.br

SUVIRE Fernando D.; Dr. en Bioquímica; Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis

fsuvire@unsl.edu.ar

## Resumen

La crisis energética y la demanda de nuevos materiales sustentables, ecológicos y amigables con el medio ambiente nos enfrenta nuevamente al desafío de repensar los recursos tradicionales del entorno, los cuales combinados con nuevas tecnologías nos permiten evaluar nuevos usos para estas fuentes tradicionales. En esta ocasión, exploramos la potencialidad de la caña de Castilla, caña común o carrizo (*Arundo donax L.*) en la elaboración de nuevos materiales transparentes con alta resistencia mecánica, aislamiento térmico y buena transmisión lumínica. Para ello, analizaremos la capacidad de deslignificación de la caña, requisito indispensable previo a la inclusión en una matriz polimérica con un índice de refracción adecuado. Comparativamente se analizarán muestras de caña laminadas y con su cutícula silicea contra madera balsa y con o sin pretratamiento alcalino y luego la eliminación de lignina en baño de  $\text{HClO}_2$ .

**Palabras claves:** *Arundo donax*, deslignificación, material transparente.

## Abstract

The energy crisis and the demand for new sustainable, ecological and environmentally friendly materials once again confront us with the challenge of rethinking the traditional resources of the environment, which combined with new technologies allow us to evaluate new uses for these traditional sources. On this occasion, we explore the potential of Castilian cane, common cane or giant reed (*Arundo donax L.*) in the production of new transparent materials

with high mechanical resistance, thermal insulation and good light transmittance. To do this, we will analyze the delignification capacity of the cane, an essential requirement prior to inclusion in a polymeric matrix with an adequate refractive index. Comparatively, laminated cane samples will be analyzed with their siliceous cuticle against Balsa wood and with or without alkaline pretreatment and then the elimination of lignin in a  $\text{HClO}_2$  bath.

**Keywords:** Arundo donax, delignified, transparent materials.

## 1. Introducción

Las demandas energéticas asociadas a las edificaciones pueden llegar a representar entre el 30% al 40% del total generado (YUANYUAN LI, 2016). Si, además, se tiene en cuenta que tanto el consumo global como el regional se están incrementando a la par que el desarrollo económico, trae a consecuencia que, es de gran importancia reducir el consumo de energía en el ámbito edilicio. Así mismo, debemos considerar que la energía solar es atractiva en este contexto ya que es gratuita, inagotable y limpia. Los edificios permeables a la luz también pueden contribuir a reducir la demanda, ya que la luz artificial puede reemplazarse parcialmente por luz natural (IVÁN JAVIER SOLEDAD PINILLA, 2017).

La madera en primer lugar (NGUYEN HOC THANG, 2022) y también otras fuentes lignocelulósicas constituyen el material de construcción biológico más utilizado. A parte de constituirse como un recurso renovable, su uso generalizado se debe principalmente a la tradición constructiva, el costo competitivo y las buenas propiedades de los materiales. Estos incluyen baja densidad, alta resistencia, alta tenacidad y baja conductividad térmica. Pero estos compuestos naturales lignocelulósicos no son ópticamente transparentes, y para lograr esta característica, se requiere la adaptación de materiales a nanoescala para crear madera u otros compuestos transparentes. Para el diseño de materiales bionanocompuestos macromoleculares se incluye como estrategia central la remoción de lignina y la preservación de la estructura de fibras celulósicas (YOKO OKAHISA, 2011).

Se ha informado recientemente la obtención de madera ópticamente transparente para posibles aplicaciones de ingeniería, con una transmitancia óptica del 85 % y una neblina del 71 % la cual también muestra un excelente desempeño estructural debido a las nanofibras de celulosa orientadas en la pared celular. Por lo tanto, un material transparente con componentes de fibras vegetales es un candidato potencial para aplicaciones en edificios por ser livianos, de bajo costo y que transmiten luz y ventanas de celdas solares transparentes. Estudios semejantes se han realizado también sobre bambú.

Tengamos en cuenta que la celulosa y la hemicelulosa son ópticamente incoloras, la lignina se encuentra en las paredes celulares de la planta proporcionando rigidez, y también es la causante de la tonalidad y opacidad de la madera.

***Arundo donax L*** es una planta perenne geófito rizomatosa perteneciente a la familia de las Gramíneas. Presenta un crecimiento rápido y vigoroso, siendo sus tallos de 3 a 5 cm de diámetro y entre 3 a 10 metros de altura. Es una especie cosmopolita que crece en climas

templados, tropicales e intertropicales. Siendo por otro lado, muy eficiente en el control en la erosión del suelo. Es también resistente al fuego y como planta de cultivo posee un bajo costo de mantenimiento anual y una fácil mecanización de cosecha (TÖRÖK, 2019).

**Figura 1** *Arundo donax* o caña de Castilla



La producción de biomasa depende en gran parte de la disponibilidad de agua durante el período de crecimiento activo, donde pueden obtenerse productividades de 20 a 30 t/ha de materia seca (MS) con riego complementario, contándose con registros de producción de hasta 40 t/ha de MS. Posee una alta eficiencia en el uso del agua del orden de 100-170 litros de agua utilizada por kg de MS producida. Observándose que podrían obtenerse buenos rindes de MS en el sector semiárido argentino, clasificados como apto y muy apto, por su alta eficiencia en el uso del agua (FALASCA SILVIA, 2011).

Por ello, ante una necesidad crítica de materias primas alternativas, esta presentación se centra en estudiar el uso de un material relegado pero asequible, como *Arundo Donax* L (NOAMAN, 2018).

Resumiendo, *Arundo Donax* es una planta sostenible que provoca secuestro de CO<sub>2</sub>, reducción de la erosión del suelo, regulación del agua, crecimiento rápido, bajo uso de nutrientes, resiste la salinidad, la humedad y la presión del viento debido a que contiene un alto porcentaje de fibras, en los tejidos vegetales. Además, es una planta económica que se produce localmente y, por lo tanto, es de bajo costo y genera empleos locales e ingresos adicionales para los agricultores, con una amplia carpeta de potenciales usos diversificados. La caña y la madera comparten muchas características similares. Ambos tienen una estructura jerárquica altamente alineada y contenidos de componentes principales similares (es decir, contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa). Por lo tanto, la caña tiene el potencial de prepararse como un material transparente. En la fabricación de productos transparentes, la caña podría tener muchas ventajas sobre la madera, por ejemplo, menor costo de la materia prima, mejores propiedades mecánicas, etc. Sin embargo, la densidad de la caña madura suele ser alta (alrededor de 0,24 g/cm<sup>3</sup>), superior a la de la madera utilizada. Las materias primas que se utilizan actualmente para preparar compuestos transparentes son especies de madera de baja densidad, como balsa, tilo y álamo (alrededor 0,1 g/cm<sup>3</sup>).

Recapitulando, podemos señalar que a medida que las personas prestan más atención al medio ambiente, se utilizan y se demanda la utilización cada vez más materiales naturales en la producción industrial. Entre muchos materiales naturales, la caña de Castilla tiene un ciclo de crecimiento muy corto que hasta puede llegar a tres cortes anuales, mientras que la madera, como uno de los materiales industriales tradicionales, tiene un ciclo de crecimiento de 20 a 60 años. Por lo tanto, en comparación con la madera, *Arundo donax* tiene evidentes ventajas ambientales. Una enorme flexibilidad de cultivo y crecimiento. Además, la caña tiene buenas propiedades físicas y químicas, y sus propiedades mecánicas son excelentes. La resistencia a la tracción es mayor que la de la madera de la misma densidad. Además, tiene buena resistencia a la abrasión, al agua, a los insectos y al moho, por lo que se usa ampliamente en varios campos y podemos observar como referencia las construcciones de viviendas tradicionales y su uso agropecuario.

Comparativamente es necesario destacar que, en los últimos años, observamos un creciente interés en la modificación del bambú (*Bambusoideae*) como objeto de investigación para académicos en muchos países centrales y periféricos. Donde en resumidas cuentas se busca que, mediante ciertas modificaciones químicas del bambú, puede convertirse en un material compuesto de bajo costo, alta eficiencia y alto rendimiento, como materiales compuesto plástico / bambú, materiales compuesto verde o ecológicos de fibra de bambú, etc. De manera análoga podemos beneficiarnos de todo ese bagaje de conocimientos generados y aplicarlo a nuestra caña local con beneficios semejantes, pero locales.

El objetivo del presente trabajo es explorar la potencialidad de *Arundo donax* L. como posible proveedor de fibras celulósicas en la generación de materiales ópticamente transparentes para que sea una alternativa del vidrio en la industria de la construcción. Estos compuestos transparentes pueden tener las siguientes ventajas con respecto al vidrio: iluminación de interiores, resistencia al impacto y aislante térmico de edificaciones. Además, con un buen desempeño estructural, su funcionalidad estará también enfocada a sus ventajas estéticas y decorativas. La caña de Castilla tiene una tasa de regeneración mucho más rápida que la madera, pero su alta densidad y alto contenido extractivo dificultan la producción de productos transparentes. Este estudio presenta un enfoque simple y efectivo que podría abordar este desafío.

## 2. Método

El esquema general para obtener compuestos transparentes a partir de una fuente vegetal rica en fibras implica primeramente la remoción de la lignina y luego su inclusión en una matriz polimérica con un índice de refracción adecuado. En esta comunicación analizaremos algunas condiciones estudiadas en la primera etapa, o sea, al proceso de deslignificación (XUAN WANG, 2021 ).

La lignina es una clase de polímeros orgánicos complejos que forman materiales estructurales importantes en los tejidos de soporte de plantas vasculares. Las ligninas son particularmente importantes en la formación de las paredes celulares, especialmente en la madera y la

corteza, ya que aporta rigidez y no se pudren fácilmente. Químicamente las ligninas son polímeros fenólicos reticulados insolubles

La remoción de la lignina o más precisamente, la coloración aportada por ésta, es tratada mediante agentes oxidantes (usualmente peróxidos o cloritos) (CHENGZHI ZHOU, 2021) en condiciones tales que eliminen la tonalidad asociada sin afectar significativamente la estructura celulósica. Con el fin de modular la concentración del agente oxidante se evalúa también un pretratamiento que presenta un doble propósito; por un lado, mejorar la permeación del agente oxidante en el tejido vegetal y por otro, la solubilización de compuestos fenólicos de menor peso molecular que también aportan a la coloración y consumiría del oxidante. El pretratamiento se ensaya en medio alcalino con y sin la presencia de  $\text{NaSO}_3$  como cooperador de este proceso (WANG, 2020).

**Materiales:** Como control se empleó listones de madera balsa (*Ochroma pyramidale*) de 3mm adquirido en el comercio local y tallos de caña de Castilla recolectado en el departamento de Pocito en la provincia de San Juan, desecados a la sombra segmentados posteriormente en fragmentos de aprox. 1,5 cm por 5 cm una muestra fue laminada y llevada a 2mm de espesor con el fin de contar con muestras homogéneas, liberadas de su capa más externa rica en compuestos de silicio, los cuales podrían afectar la permeación de los agentes tratantes y con ello el resultado del estudio. Preparadas las muestras fueron desecadas en estufa a  $105^\circ\text{C}$  y preservadas en desecador.

**Reactivos:** Los reactivos utilizados para eliminar el contenido de lignina de la madera fueron: hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ , 99%), sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 99%) y clorito de sodio ( $\text{NaClO}_2$ , 80%), ácido acético glacial ( $\text{HC}_2\text{O}_2\text{H}_3$ ) y acetato de sodio ( $\text{NaC}_2\text{O}_2\text{H}_3$ ) y agua destilada.

Pretratamiento: Se establecieron tres conjuntos de observación, cada uno de ellos llevaba una muestra de madera balsa, caña laminada y fragmento de caña con su epidermis intacta; donde el conjunto 1 (C1) solo se agregó agua destilada, al conjunto 2 (C2) solución de  $\text{NaOH}$  (2M) por 100ml y el conjunto 3 (C3) recibió solución de  $\text{NaOH}$  (2M) y  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (0,4 mol/L) por 100ml.

Debido a que el proceso de extracción es mejorado con temperatura, ya que aumenta la cinética de la reacción. Por esta razón, se utilizó un baño termostático para calentar la solución a  $80^\circ\text{C}$ . Las muestras permanecieron en la solución extractora durante 24 horas.

Los bloques de la solución de extracción de lignina fueron lavados 3 veces en agua destilada caliente durante 5 minutos para remover la mayor parte de los productos químicos y preparar las muestras para el proceso de blanqueo.

**Deslignificación o blanqueo:** A continuación, se llevó a cabo la segunda etapa de deslignificación. Se preparó una solución blanqueadora de clorito de sodio ( $\text{NaClO}_2$ , 2%) diluido en agua destilada y solución amortiguadora de acetato de pH 4,6 (YAN WU, 2021). Se distribuyen en los conjuntos de bloques de 100 ml al igual que en la primera etapa del proceso.

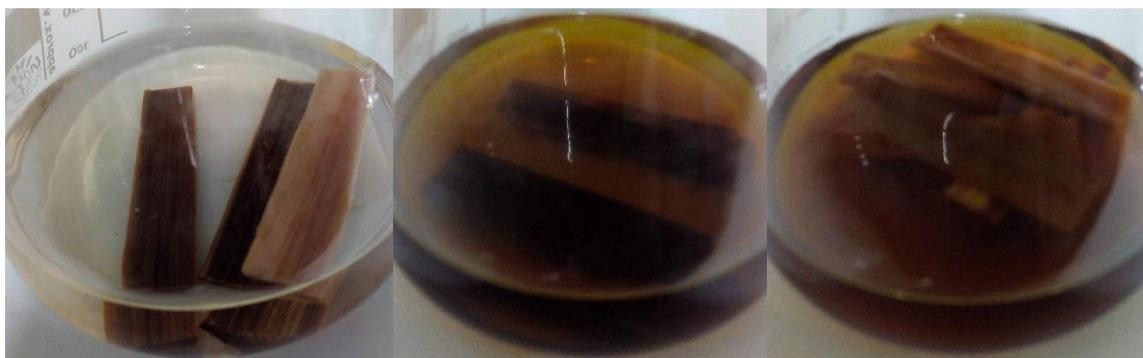
Permanecieron en el baño termostático a 80°C por 24hs y luego se lavaron 3 veces en agua destilada caliente.

### 3. Resultados

Los materiales sometidos a este estudio que fueron bloque de madera balsa, caña laminada y caña entera (con su epidermis) se agruparon en tres conjuntos con el fin de observar diferencias en el proceso de extracción de lignina.

Estos conjuntos consistían en los bloques solo en agua destilada C1, con solución de NaOH C2 y en solución alcalina con sulfito de sodio C3, sometidos a 80°C durante 24hs. El resultado obtenido se muestra en la figura siguiente.

**Figura 2** Conjuntos bajo estudio luego del pretratamiento



Descripción: a) C1 se observan claramente el bloque de caña laminada izquierda, caña entera al centro y madera balsa izquierda, mínima extracción de lignina. b) C2 conjunto tratado con NaOH el pardo de la solución indica buena extracción de lignina. c) C3 los bloques aquí tratados con solución de NaOH y  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  se observa una buena extracción de lignina.

En aquellos en los que se trató con un medio alcalino (NaOH) C2 y C3 se puede apreciar una buena extracción de lignina y otros compuestos fenólicos responsables de la coloración de estos materiales, no así en el conjunto C1 solo con agua destilada donde estos compuestos permanecen insolubles.

Lavados y reemplazada la solución ahora con clorito de sodio al 1% en medio amortiguador de acetato pH 4,6; se sometieron otras 24hs a 80°C obteniéndose los siguientes resultados.

**Figura 3** observación de las muestras trabajadas después del blanqueo.



Descripción: a) conjunto C1 se observa completa decoloración para la madera balsa (der), parcial para la caña laminada (izq) y deficiente para la caña entera (centro). b) esta muestra C2 solo con pretratamiento alcalino se distingue una deficiente decoloración para la caña entera (izq) y completa para los otros bloques. c) en este conjunto C3 se aprecia una completa decoloración en todas las muestras.

Del análisis visual de los resultados obtenidos se aprecia que el conjunto C1 pretratado solo con agua destilada, es suficiente para materiales porosos como las maderas de baja densidad (Fig. 3 a *der*) aunque insuficiente para materiales más densos como la muestra de caña donde el proceso de deslignificación no fue suficiente. Luego en el segundo conjunto de muestras C2 se observa que se consiguió una buena decoloración tanto en la muestra de madera balsa como en la caña laminada, pero no es suficiente para la caña entera (Fig.3 b *izq*) por lo que se puede deducir las propiedades de la cutícula protectora rica en sílice que reduce la permeabilidad hacia el parénquima de la misma, además se puede apreciar una excesiva degradación de la matriz celulósica por un medio extractivo demasiado energético, posible de ser modulado. Mientras que en el tercer procesamiento C3 cuyo pretratamiento consistió además de un medio alcalino por NaOH, contenía iones sulfito que, a la luz de los resultados, la completa pérdida de la coloración por todas las muestras permite deducir su papel como mejoradores de la permeabilidad, aún por la cutícula que recubre a la caña entera.

#### 4. Conclusiones

A partir de los resultados preliminares obtenidos nos permite en primer lugar considerar a *Arundo donax* como una fuente promisoría para la obtención de materiales ópticos transparentes quedando en claro dos caminos a transitar próximamente, avanzar en el proceso de inclusión de la estructura celulósica remanente en una matriz polimérica que conduzca al compuesto transparente y optimizar el proceso de blanqueo con mínimos requerimientos de energía y reactivos que aseguren la máxima deslignificación de las muestras.

#### 5. Referencias

- CHENGZHI ZHOU, I. J. S. W. S. H. C. M. L. A. Y. L. Transparent Bamboo with High Radiative Cooling Targeting Energy Savings. **ACS Materials Letters** , v. 3 , n. 6, p. 883-888, 2021.

- FALASCA SILVIA, F. M. N. Y. G. G. **¿PUEDE USARSE UNA ESPECIE INVASORA COMO ARUNDO**. INTA - CONICET. [S.I.]. 2011. (Doc BC-INF-07-11).
- IVÁN JAVIER SOLEDAD PINILLA, A. E. L. M. **ESTUDIO DEL MÉTODO DE OBTENCIÓN DE MADERA ÓPTICAMENTE**. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. Bucaramanga, Colombia: [s.n.]. 2017. p. 2326 2358.
- NGUYEN HOC THANG, N. T. B. H. Fabrication of Transparent Composites from Pinaceae Wood Packaging Residues. **Periodica Polytechnica Chemical Engineering**, v. 66, n. 1, p. 135–146, 2022. ISSN <https://doi.org/10.3311/PPch.18011>.
- NOAMAN, S. Usage of Arundo donax as a sustainable material in interior desing and achitecture. In: AL, C. E. **Cities' Identity Through Architecture and Arts**. London: Taylor & Francis Group, 2018. p. 201 - 209. ISBN ISBN 978-1-138-05409-7.
- TÖRÖK, A. J. A. Á. The Economics of Arundo donax—A Systematic Literature Review. **Sustainability**, n. 11, p. 4225, 2019. ISSN [doi.org/10.3390/su11154225](https://doi.org/10.3390/su11154225).
- WANG, Y. W. Y. W. F. Y. J. W. A. X. Study on the Properties of Transparent Bamboo Prepared by Epoxy Resin Impregnation. **Polymers**, n. 12, p. 863 - 875, 2020. ISSN [doi:10.3390/polym12040863](https://doi.org/10.3390/polym12040863).
- XUAN WANG, S. S. S. Q. S. Y. Z. L. C. A. L. M. S. Optically Transparent Bamboo with High Strength and Low Thermal Conductivity. **ACS Applied Materials & Interfaces** , v. 13 , n. 1, p. 1662-1669, 2021. ISSN DOI: 10.1021/acsami.0c21245.
- YAN WU, J. W. Y. W. A. J. Z. Properties of Multilayer Transparent Bamboo Materials. **ACS Omega** , v. 6 , n. 49, p. 33747-33756, 2021. ISSN DOI: 10.1021/acsomega.1c05014.
- YOKO OKAHISA, K. A. M. N. A. N. N. T. N. H. Y. Effects of delignification in the production of plant-based cellulose nanofibers for optically transparent nanocomposites. **Composites Science and Technology**, n. 71, p. 1342 - 1347, 2011. ISSN [doi:10.1016/j.compscitech.2011.05.006](https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2011.05.006).
- YUANYUAN LI, Q. F. S. Y. M. Y. A. L. B. Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template. **Biomacromolecules**, n. 17, p. 1358-1364, marzo 2016. ISSN <http://dx.doi.org/10.1021/acs.biomac.6b00145>.