

Desarrollo de panel sostenible de *Gynerium sagittatum* para interiores arquitectónicos a partir de los saberes ancestrales Zenú de Colombia

Development of a sustainable *Gynerium sagittatum* panel for architectural interiors based on the ancestral Zenú knowledge of Colombia

DOI: 10.17981/mod.arq.cuc.30.1.2023.07

Artículo. Fecha de Recepción: 27/9/2022. Fecha de Aceptación: 1/10/2022.

Pedro Arturo Martínez Osorio 

Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Sincelejo (Colombia)
pedroarturomartinezosorio@gmail.com

Alexandra Castellanos Tuirán 

Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Sincelejo (Colombia)

Paula Da Cruz Landim 

Universidade Estadual Paulista, Julio de Mesquita Filho, UNESP. Bauru (Brasil)

Tomás Queiroz Ferreira Barata 

Universidade Estadual Paulista, Julio de Mesquita Filho, UNESP. Bauru (Brasil)

Para citar este artículo:

Martínez, P., Castellanos, A., Da Cruz, P. y Ferreira, T. (2023). Desarrollo de panel sostenible de *Gynerium sagittatum* para interiores arquitectónicos a partir de los saberes ancestrales Zenú de Colombia. *MODULO ARQUITECTURA CUC*, 30, 191–210. <http://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.30.1.2023.07>

Resumen

Se presentan los resultados de una investigación en la que se desarrollaron materiales sustitutos a la madera con un enfoque sostenible, aplicables al diseño de interiores arquitectónicos, a partir de la reinterpretación de técnicas artesanales de las comunidades indígenas Zenú de Colombia. Siguiendo un método experimental, se desarrolló un material compensado elaborado con base en tiras de *Gynerium sagittatum* y adhesivo PVA. Se caracterizó de forma física y mecánica el material en 2 series: 3 500 psi y 4 500 psi de presión en frío. Los paneles de la serie 1, presentaron un mejor comportamiento en los ensayos, especialmente en las pruebas de resistencia, mostrándose en los análisis como un material resistente con un rango de densidad de 0.711 g/cm³; resultados para MOR 158.61 MPa y MOE 4912.72 MPa.

Palabras clave: Tableros compensados; *Gynerium sagittatum*; conocimiento indígena; sostenibilidad; espacios arquitectónicos

Abstract

The results of a research are presented, in which substitute materials for wood were developed with a sustainable approach, applicable to the design of architectural interiors, based on the reinterpretation of artisanal techniques of the Zenú indigenous communities of Colombia. Following an experimental method, a compensated material made from strips of *Gynerium sagittatum* and PVA adhesive was developed. The material was characterized physically and mechanically in 2 series: 3 500 psi and 4 500 psi of cold pressure. The panels of series 1, presented a better performance in the tests, especially in the resistance tests, showing in the analyzes as a resistant material with a density range of 0.711 g/cm³; results for MOR 158.61 MPa and MOE 4912.72 MPa.

Keywords: Plywood panels; *Gynerium sagittatum*; indigenous knowledge; sustainability; architectural space

INTRODUCCIÓN

Recientemente, la artesanía ha despertado el interés de los procesos industriales, debido a las prometedoras condiciones que ofrece para la innovación. Desde esta perspectiva se explora su potencial, con la posibilidad de generar un diálogo bidireccional entre artesanos y diseñadores (Tung, 2012; Andrade e Cavalcanti, 2017). En el conocimiento de las comunidades y pueblos es muy importante el acervo inherente a las técnicas tradicionales relacionadas con la artesanía. En la declaración de Río-92, este conocimiento, fuertemente arraigado en su relación con la cultura y el territorio, es fundamental en la perspectiva del desarrollo sostenible, y es también una forma de participación en la construcción de un futuro posible relacionado con las posibilidades e intereses de las comunidades. Los pueblos indígenas, así como otras comunidades locales, tienen un papel vital en la gestión y el desarrollo ambiental, en virtud de sus conocimientos y prácticas tradicionales. Se debe velar por su reconocimiento y estimular condiciones para que ese conocimiento haga parte efectiva en el desarrollo de acciones en busca del desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas-ONU, 1992).

Al día de hoy, 115 pueblos indígenas, completamente identificados, sobreviven en Colombia. Para el año 2018, se identificaron un total de 1 905 617 indígenas en el territorio colombiano, lo que constituye el 4.40% de la población (Departamento Administrativo Nacional de

Estadística-DANE, 2019). En la actualidad, el grupo étnico Zenú, está compuesto por 307.091 individuos, que constituyen el 16.11% del total de la población indígena de Colombia, asentados entre los departamentos de Córdoba y Sucre (DANE 2019). Los indígenas Zenú, a pesar de las limitaciones, sobreviven en condiciones muy precarias. Se dedican, principalmente, a actividades agrícolas y a la fabricación de artesanías con *Gynerium sagittatum* o caña flecha.

En este contexto de fuerte carga cultural, se desarrolló un estudio que cuestiona la contribución de las técnicas indígenas relacionadas con la producción artesanal, para la innovación en el desarrollo de métodos, procesos y productos, que utilicen estrategias de sostenibilidad, para ser aplicados en la generación de nuevos materiales. La visión a partir de estos desarrollos, es continuar procesos de transferencia tecnológica y codiseño, para la innovación de métodos y productos que activen el empoderamiento desde adentro, lo que estimule en estas comunidades, nuevas formas de vivir y estar con una mayor calidad de vida y dignidad.

En los últimos 20 años se han desarrollado diversas investigaciones centradas en las posibilidades que ofrece *Gynerium sagittatum* como material base para el desarrollo de productos innovadores que puedan ser una alternativa competitiva al uso de la madera. En ese sentido, las investigaciones desarrolladas por Contreras y Owen (1997) realizaron un aporte en la elaboración de un elemento estructural laminado, tipo *parallam*, con tiras de *Gynerium*

sagittatum y adhesivo fenol-formaldehído; ellos realizaron un procesamiento mecánico de los tallos para obtener tiras con espesor promedio de 3 mm, largo 3 100 mm y un ancho aproximado de 30 mm.

Estos autores encontraron valores inferiores a los requisitos del estándar utilizado como referencia. También observaron una relación entre la calidad de la línea de cola y los bajos valores obtenidos, considerando como negativo el bajo humedecimiento del adhesivo sobre las tiras cuando coincidían con la cutícula exterior impermeable de *Gynerium sagittatum* (Contreras y Owen, 1997).

Contreras y Owen (1997), también hablaron de problemas en la elaboración de esos elementos estructurales, debido a las grandes presiones internas observadas ante el proceso de construcción de las vigas. Entre las conclusiones de los investigadores se encuentra la sugerencia de desarrollar un estudio similar el cual elimine el factor negativo observado en la cutícula exterior, además de identificar la necesidad de diseñar otro encofrado y sistema de aplicación de presión en la preparación de las vigas para consolidar mejor los elementos.

Otro aporte en este campo fue la investigación de Contreras et al. (1999), en la que se desarrollaron paneles aglomerados con partículas de *Gynerium sagittatum* y adhesivo urea-formaldehído. Los autores desarrollaron pruebas con paneles con 10% y 13% de resina, consiguiendo mejor desempeño con 13% de resina; también observaron debilidades en el proceso de producción de

las partículas con las que fabricaban los paneles, relacionando la baja resistencia de los mismos con las características del molino y las cuchillas, lo que provocó que gran parte de las partículas se convirtieran en polvo, provocando una posible falta de cohesión entre las partículas para producir los paneles (Contreras et al., 1999).

Los mismos autores identificaron también debilidades en la composición física que *Gynerium sagittatum*, como determinante de baja resistencia, ya que en su estructura anatómica, la especie tiene dos áreas bien definidas, un parénquima interno y una cutícula esclerénquima externa, que define la calidad del material lignocelulósico de la caña (Contreras et al., 1999).

En otro estudio, Contreras et al. (2008) determinaron los niveles de sostenibilidad en el proceso de fabricación de tableros con *Gynerium sagittatum*. Los investigadores identificaron indicadores negativos en las etapas de adquisición del adhesivo, la transformación de tallos en partículas, tamizado y cribado de partículas, secado de partículas, encolado, moldeado de la placa por presión/calor y dimensionado final del panel.

Los autores sugirieron utilizar adhesivos más amigables con el medio ambiente para aplicar estándares de seguridad industrial en la etapa de conformación del colchón de partículas con el fin de reducir los riesgos de toxicidad para el operador; para el proyecto industrial, sugirieron que se utilizaran residuos de madera para alimentar las calderas en el proceso de secado de partículas (Contreras et al. 2008).

En investigaciones de [Diossa et al. \(2014\)](#), [Diossa \(2014\)](#) y [Diossa et al. \(2017\)](#), se propone el desarrollo de tableros de fibras de *Gynerium sagittatum* sin uso de adhesivos sintéticos. Los autores explican los usos potenciales de la lignina presente en *Gynerium sagittatum* para reemplazar adhesivos en los paneles y proponen procesos de pretratamiento, como ‘steam explosion’, para el desarrollo de tableros de fibras de alta densidad de *Gynerium sagittatum* prensados sin el uso de aditivos. Además, identificaron una relación entre los mejores resultados para las propiedades mecánicas y la severidad del pre tratamiento con explosión de vapor ([Diossa et al., 2014](#)).

En la investigación de [Diossa et al. \(2014\)](#), la reducción en el uso de adhesivos se observa como un aspecto positivo, pero se considera importante analizar la relación de consumo energético el cual implica el pretratamiento y posterior proceso de compresión térmica.

Por su parte, [Martínez \(2018\)](#) y [Martínez et al. \(2018a; 2018b; 2020; 2021\)](#) desarrollaron paneles de partículas de *Gynerium sagittatum* reinterpretao técnicas artesanales, las cuales son una alternativa viable para mejorar aspectos técnicos identificados en los trabajos precedentes con *Gynerium sagittatum*; los autores relatan poca resistencia de los paneles desarrollados, con relación a la norma técnica de referencia. Se adjudican esas deficiencias a los procesos de consolidación de las placas al ser producidas de forma artesanal en frío sin la utilización de prensa de platos calientes para consolidar mejor las partículas.

A partir de las investigaciones referenciadas, fue posible identificar aspectos a mejorar en relación a la sustentabilidad de los procesos productivos de productos forestales alternativos con *Gynerium sagittatum*. Aspectos relacionados con la superación de las debilidades derivadas de las características físicas inherentes al material, la transformación de las cañas, la conformación de los elementos ya sea en paneles o elementos estructurales, las características de diseño de la planta industrial, los tipos de adhesivos utilizados y Los tipos de recursos energéticos utilizados en el proceso productivo, son, entre otros, elementos a cuestionar en la búsqueda de la innovación basada en el diseño del Ciclo de Vida y el diseño para la sustentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de tipo experimental y proyectual desarrollada, se dividió en tres fases: la primera, de tipo exploratorio; la segunda, experimental; y la final, de tipo proyectual, correspondiente al diseño de productos. Los principales materiales utilizados en el estudio fueron: *Gynerium sagittatum*, recolectado en la ciudad de Agudos (SP, Brasil), y el poblado ‘Villa Rosita’ en la ciudad de Sincelejo (Sucre, Colombia); resina bi componente de poliuretano, con base de aceite de ricino AG201, adquirido de la empresa Khel polímeros® São Carlos (SP, Brasil); adhesivo con base en acetato de polivinilo CARPINCOL 2500, marca Pegatex Arteccla S.A.® (Cundinamarca, Colombia).

En la primera fase del estudio, se destaca la observación participativa, la cual permitió una aproximación a la comprensión de las técnicas tradicionales más importantes de los indígenas Zenú, asociadas con la producción de artesanías. Este ejercicio se realizó a partir de un trabajo de campo, mediante el cual se tuvo acceso a los procesos de producción de artesanías indígenas Zenú, en el poblado de Villa Rosita en Sincelejo y en el municipio de Tuchín en Córdoba.

Para la participación de la comunidad se desarrollaron talleres utilizando métodos de investigación y acción participativa, con la herramienta de cartografía social y un grupo focal de 20 participantes, con el objetivo de establecer colaborativamente las líneas de trabajo a abordar.

A partir de los talleres se desarrollaron entrevistas semiestructuradas con maestros artesanos. Para la selección de las personas, se utilizó la técnica de ‘bola de nieve’, desde la que se construyó una red de indicaciones sucesivas hasta la saturación. A través de la observación participante de sus procesos y técnicas, se hizo un acercamiento a la comprensión de cómo, a partir de su conocimiento ancestral, se reconstruye la memoria colectiva del lugar, los materiales, técnicas y su visión del universo. Toda la información recopilada fue grabada en video para posteriormente, procesarla en forma de texto y organizada en archivos, de acuerdo con los temas y las técnicas trabajadas. Las técnicas para la producción de artesanías, asimiladas a partir de la observación participante, fueron: recolección, procesamiento, tintura y tejido.

A partir de la comprensión de las técnicas tradicionales indígenas, se trabajó un proceso de exploración en laboratorio, con miras al desarrollo de métodos, materiales y procesos, aplicando estrategias de sostenibilidad tales como: enfocarse en el ciclo de vida del material; minimizar el desperdicio de recursos y energía durante la producción; permitir la producción de diseño sistémico en comunidades periféricas; preferencia por herramientas manuales de bajo costo que preserven el conocimiento tradicional; reciclabilidad de productos; reducción y desmaterialización de productos; utilizar solo el diseño de piezas esenciales; reemplazo de materiales peligrosos (resinas, pigmentos), por productos amigables con el medio ambiente.

En la fase experimental se trabajó la fabricación de paneles compensados de 5 capas con base en tiras de *Gynerium sagittatum*. Se realizó una exploración aplicando dos tipos de resinas y luego se trabajó solamente con adhesivo con base en acetato de polivinilo. Se realizó primero un ensayo preliminar para determinar aspectos por mejorar en el material.

Se realizó un ensayo experimental en 2 series: 3 500 psi y 4 500 psi de presión constante aplicada en frío. Se describen en la [Tabla 1](#) los métodos de producción de los paneles compensados de 5 capas de tiras de *Gynerium sagittatum*; en la [Tabla 2](#) las características de los paneles producidos para el ensayo experimental; y en la [Tabla 3](#) las especificaciones de las probetas para los diferentes ensayos atendiendo las normas brasileras.

TABLA 1. *Métodos de producción de panel compensado 5 capas de tiras de Gynerium sagittatum para ensayo experimental.*

Procesos	Actividades	Duración
Preparación inicial de tiras	Recolección, limpieza y corte preliminar de tallos.	N/A
	Corte transversal sierra manual de acuerdo a dimensiones del panel.	N/A
	Raspado capa exterior esclerénquima con cuchillo o lijadora.	N/A
	Corte longitudinal cuchillo estrella para producir tiras.	N/A
	Beneficiamiento para retirar núcleo lignocelulósico (Cuchillo o sierra de cinta).	2 min × 1 m ripa
	Inmunización con octaborato disódico tetrahidratado por inmersión. Protección de hongos aplicando agua con cloro por aspersión.	24 hrs.
	Secado preliminar.	30 días
	Proceso de beneficiamiento “raspado” con cepillo manual.	2 min × 1 m tira
	Secado de tiras.	60 días
	Corte transversal sierra de cinta definir dimensiones de las tiras de acuerdo a las dimensiones del panel.	N/A
Colado de tiras	Regularización dimensional de tiras en lijadora.	
	Aislamiento con película de aluminio. Fijación temporal con cinta adhesiva.	10 min
Prensado	Aplicación de adhesivo con pincel superponiendo las capas.	
	Prensado en prensa hidráulica 24131650,526 Pa y 31026407,819 Pa presión constante.	24 hrs.
Acabado	Regularización dimensional bordes con sierra de cinta y eliminación de imperfecciones de las capas externas en lijadora.	N/A

Fuente: Autores.

La caracterización física y mecánica fue dada por los ensayos de densidad, hinchamiento en 24 hrs, absorción de agua, contenido de humedad, tracción perpendicular y flexión estática. A partir del experimento transversal y los conjuntos de datos recopilados de las series 1 y 2, se definió un análisis estadístico utilizando ‘T de Student’ para muestras independientes con un nivel de confianza del 95%.

Las hipótesis se definieron para el estudio así: Ho– Los dos tipos de presión aplicada generan propiedades iguales, H1– Los dos tipos de presión aplicada NO generan propiedades iguales, tomando como referencia el resultado de valor $P < 0.05$.

Para el análisis “T Student”, se probó la normalidad por la cual se utilizó una prueba de kolmogorov-Smirnov para una muestra, para especificar la distribución normal de los datos, y prueba de Levene para determinar la igualdad de varianzas. La información también se verificó gráficamente utilizando histograma de normalidad, gráfico de dispersión para desviación estándar y varianzas, gráfico Q-Q para distribución de evidencia normal con la fórmula de proporción de De Blom. Finalmente, el análisis se realizó con una prueba ‘T de Student’ y la información se organizó en forma de gráficos.

En la etapa 3, el diseño del producto se llevó a cabo mediante el desarrollo del proyecto, de acuerdo con la metodología de diseño como solución a los problemas propuesta por el diseñador [Munari \(1983\)](#) con las siguientes

TABLA 2. *Descripción de los paneles producidos para las probetas en el ensayo experimental.*

Tipo	Numero	Serie	Presión	Dimensiones	Peso final
Panel compensado	01	1	3500 psi	45 cm × 45 cm × 1.5 cm	1744 g
Panel compensado	02	1	3500 psi	45 cm × 45 cm × 1.5 cm	1920 g
Panel compensado	03	1	3500 psi	45 cm × 45 cm × 1.5 cm	1847 g
Panel compensado	04	2	4500 psi	45 cm × 45 cm × 1.5 cm	2049 g
Panel compensado	05	2	4500 psi	45 cm × 45 cm × 1.5 cm	2206 g

Fuente: Autores.

TABLA 3. *Especificaciones de las probetas de paneles compensados con cinco capas de tiras de Gynerium sagittatum para ensayo experimental según norma ABNT.*

Caracterización física y mecánica	Largo mm	Ancho mm	Cantidad de CP	Norma observada
Densidad	50	50	10 cada serie	NBR 9485
Tracción perpendicular	50	50	10 cada serie	NBR 14810-2
Flexión estática	350	50	10 cada serie	NBR 9533
Humedad	50	50	10 cada serie	NBR9484
Hinchamiento	50	50	10 cada serie	NBR 9535
Absorción de agua	50	50	10 cada serie	NBR 9486

Fuente: Asociación Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, 2011a; 2011b; 2011c; 2011d; 2012; 2013.

fases: definición del problema, recolección de información, análisis, desarrollo de ideas, prototipado y verificación. El objetivo en esta etapa fue probar la aplicabilidad del material desarrollado con base a *Gynerium sagittatum* a partir de la reinterpretación de las técnicas tradicionales indígenas Zenú.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la primera fase, se destaca la gran variedad de recursos técnicos utilizados por los nativos, los cuales son parte de su cultura y forma de vida. Procesos con gran sensibilidad y respeto por el entorno natural, que constituyen un sistema que permite nuevas exploraciones e investigaciones, para su aplicación en diferentes desarrollos tecnológicos (Martínez et al., 2018a; Martínez et al., 2021).

La fase experimental, permitió observar aspectos importantes en los procesos artesanales, reinterpretados para el desarrollo de materiales sustitutos de la madera. Comparando los resultados obtenidos en las pruebas de caracterización física y mecánica de las series 1 y 2, se puede observar que las dos series ensayadas tuvieron un comportamiento normal y los registros fueron muy similares, con un mejor desempeño de la serie 1 en casi todas las pruebas.

Los resultados conseguidos en la prueba experimental para la serie 1: 3500 psi de prensado en frío se pueden ver en la [Tabla 4](#).

TABLA 4. Resultado ensayo experimental serie 1, panel compensado de tiras de *Gynerium sagittatum*.

Ensayo	Média	Desv. estándar	Coef. Var.	Mínimo	Máximo
Densidad	0.711 g/cm ³	34.47	0.048	0.666 g/cm ³	0.740 g/cm ³
Contenido de Humedad	10.428%	0.507	0.049	9.7%	11.2%
Hinchamiento 24 h	13.72%	3.378	0.246	8.55%	18.63%
Absorción de agua	35.80%	2.234	0.062	33.8%	38.8%
Tracción perp	0.4972 MPa	0.2011	0.4045	0.2025 MPa	0.8331 MPa
Flexión estática MOR	158.61 MPa	18.407	0.116	129.3 MPa	190.74 MPa
Flexión estática MOE	4912.72 MPa	714.909	0.146	3778.13 MPa	6165.09 MPa

Fuente: Autores.

TABLA 5. Resultado ensayo experimental serie 2, panel compensado de tiras de *Gynerium sagittatum*.

Ensayo	Média	Desv. estándar	Coef. Var.	Mínimo	Máximo
Densidad	0.744 g/cm ³	25.88	0.035	0.695 g/cm ³	0.775 g/cm ³
Contenido de Humedad	10.618%	0.234	0.022	10.246%	10.985%
Hinchamiento 24 h	21.01%	4.530	0.216	15.99%	26.54%
Absorción de agua	36.29%	2.721	0.075	32.6%	39.6%
Tracción perp.	0.4471 MPa	0.1214	0.2717	0.2782 MPa	0.6753 MPa
Flexión estática MOR	121.35 MPa	15.724	0.130	88.84 MPa	137.22 MPa
Flexión estática MOE	3900.61 MPa	563.865	0.145	2872.34 MPa	4676.49 MPa

Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos en la prueba experimental para la serie 2: 4500 psi de prensado en frío se pueden ver en la [Tabla 5](#).

Buscando comparaciones en la literatura, en cuanto a densidad, se observa que las probetas elaboradas por [Contreras y Owen \(1997\)](#) para elementos estructurales laminados en *Gynerium sagittatum* consiguieron una densidad similar a los registros de 0.72 g/cm³ densidad media entre la serie 1 y la serie 2, obtenida en los ensayos de placas compensadas con *Gynerium sagittatum* en este estudio.

También se pueden encontrar registros de densidad promedio similares a los obtenidos, como por ejemplo, los alcanzado por [Pereira y Beraldo \(2008\)](#) para BLC (0.79 g/cm³); [Mendes et al. \(2007\)](#) para OSB (0.70 g/cm³); y [Dias y Lahr \(2005\)](#) para especímenes de paneles compensados (0.81 g/cm³); así como para los tableros de partículas desarrollados por [Azambuja et al. \(2018\)](#) (0.67 g/cm³ - 0.75 g/cm³).

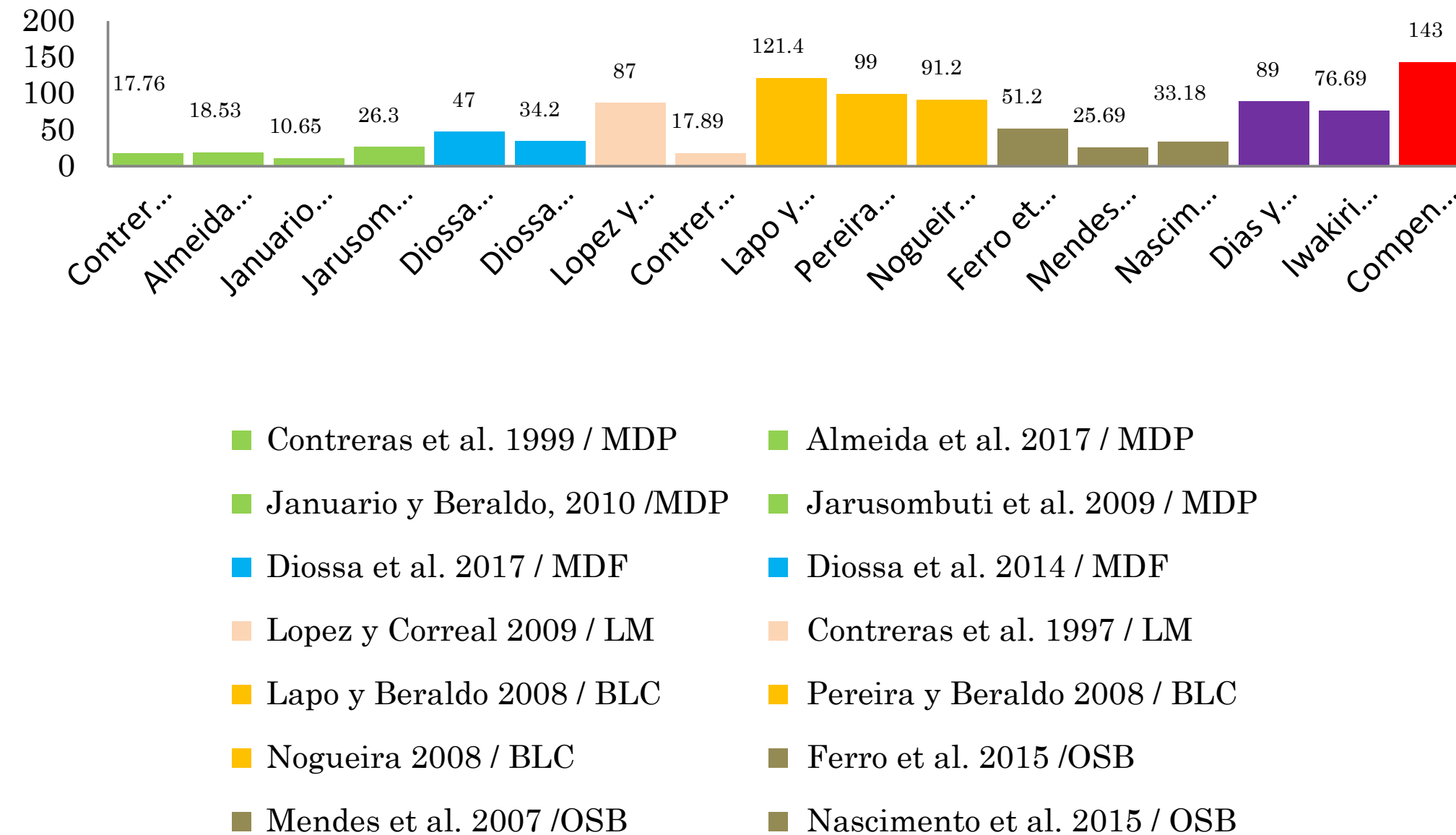
Para el contenido de humedad, se observó que los resultados del promedio de 10.42% de contenido de humedad obtenido para el compensado de *Gynerium sagittatum*, se comporta de manera similar a registros de investigaciones con materiales similares, por ejemplo, los resultados de [Dias y Lahr \(2005\)](#) para paneles de madera contrachapada (11.4%); y mucho menor a los registros de [López y Correal \(2009\)](#) para paneles de bambú laminado (12%); y [Ferro et al. \(2015\)](#) para OSB (12%).

Para la absorción del agua en las 24 horas, se observó que los resultados del promedio de absorción del 36% en 24 horas obtenidos para el compensado de *Gynerium sagittatum*, se comporta mejor que los registros de [Ferro et al. \(2015\)](#) para paneles OSB (64%); [Nogueira \(2008\)](#) para BLC (48.87%); y muy similar a los registros de [Lapo \(2008\)](#) para paneles BLC (37%).

Para los registros de hinchamiento en 24 hrs, los resultados promedio de 17.36% para las probetas del compensado de *Gynerium sagittatum*, se observó que están levemente por encima de los registros obtenidos por [Nogueira \(2008\)](#) para BLC (14.7%); y los conseguidos por [Iwakiri et al. \(2002\)](#) para tableros contrachapados producidos con *Pinus oocarpa* (14.88%). También se observaron registros inferiores a los obtenidos en probetas de paneles OSB por [Ferro et al. \(2015\)](#) y [Nascimento et al. \(2015\)](#).

En cuanto a los resultados de la prueba de resistencia a tracción perpendicular, los resultados del promedio de 0.47 MPa para cuerpos y prueba de paneles compensados de *Gynerium sagittatum*, se observó que este registro es levemente mejor que los resultados de [Contreras et al. \(1999\)](#) para especímenes de tableros de partículas *Gynerium sagittatum*, y mucho menor que los registros de laminados de bambú de [López y Correal \(2009\)](#) para laminados de bambú (1.8 MPa).

FIGURA 1. Comparativo resultado resistencia flexión estática MOR - MPa.



Fuente: Autores.

Para los registros obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión estática, específicamente el módulo de ruptura MOR ([Figura 1](#)), el promedio de 143 MPa para probetas de paneles compensados con *Gynerium sagittatum*, se observó que estos eran mucho mayores al compararlos con los resultados del ensayo para paneles compensados realizados por [Dias y Lahr \(2005\)](#) con 89 MPa, y a los de [Iwakiri et al. \(2002\)](#) con 76.69 MPa; y también a los paneles BLC de [Pereira y Beraldo \(2008\)](#) con 99 MPa, [Nogueira \(2008\)](#) con 91.2 MPa, y relativamente similar a los resultados de [Lapo \(2008\)](#) con 121.4 MPa.

Para los registros obtenidos en el módulo de elasticidad MOE ([Figura 2](#)), con un promedio de 4491 MPa, se observó que los resultados fueron mucho menores en relación a los otros paneles compensados, como por ejemplo los desarrollados por [Iwakiri et al. \(2002\)](#) con 12 169.3 MPa, [Dias y Lahr \(2005\)](#) con 11 406 MPa, también menor en comparación con los paneles BLC de [Lapo \(2008\)](#) con 18 400 MPa, [Pereira y Beraldo \(2008\)](#) con 13 600 MPa, y solo similar a los resultados para paneles OSB de [Nascimento et al. \(2015\)](#) con 4 928 MPa.

En general se observa como los resultados obtenidos en la presente investigación están bien posicionados en comparación con estudios similares, teniendo en cuenta que el material desarrollado tiene características propias, las cuales lo diferencian de los materiales existentes.

En los resultados de la prueba ‘T Student’ para muestras independientes, el análisis estadístico sobre el efecto de la fuerza de presión en dos series, sobre la variable de resistencia a la tracción perpendicular *TP* indicó que $P > 0.05$ lo que indica la no ocurrencia de un efecto significativo relacionado a las variables en cuestión, así:

En la variable *TP* se asume como verdadera:

H_0 ($t = 0.699$ con $P > 0.512$).

El análisis estadístico sobre el efecto de la fuerza de presión en dos series, sobre la variable de hinchamiento en 24 h indicó que $P < 0.05$, indicando la ocurrencia de un efecto significativo relacionado con las variables en cuestión, de la siguiente manera:

Se asume que para el hinchamiento es verdadera:

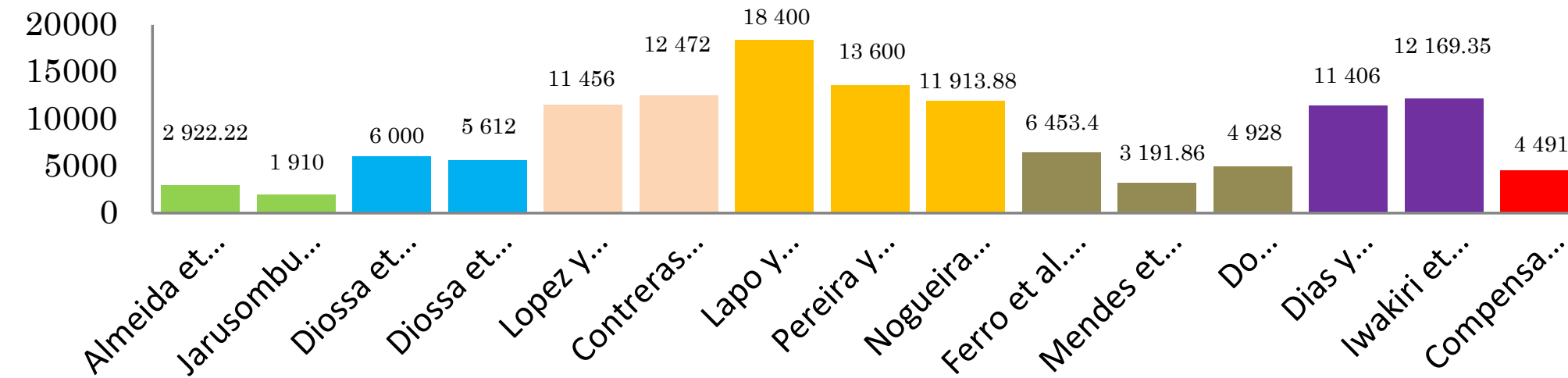
H_1 ($t = -4.081$ con $P < 0.001$).

En el análisis sobre el efecto de la fuerza de presión en dos series, sobre la variable absorción de agua, se indicó que $P > 0.05$ acusando la no ocurrencia de un efecto significativo relacionado con las variables en cuestión, así:

Se asume para la absorción de agua debe ser verdadera.

H_0 ($t = -0.448$ con $P > 0.660$).

FIGURA 2. Comparativo resultado resistencia flexión estática MOE - MPa.



- Almeida et al. 2017 / MDP
- Jarusombuti et al. 2009 / MDP
- Diossa et al. 2017 / MDF
- Diossa et al. 2014 / MDF
- Lopez y Correal 2009 / LM
- Contreras et al. 1997 / LM
- Lapo y Beraldo 2008 / BLC
- Pereira y Beraldo 2008 / BLC
- Nogueira 2008 / BLC
- Ferro et al. 2015 / OSB
- Mendes et al. 2007 / OSB
- Do Nascimento et al. 2015 / OSB
- Dias y Rocco 2005 / COMP
- Iwakiri et al. 2002 / COMP
- Compensado Gynerium sagittatum

Fuente: Autores.

En el análisis sobre el efecto de la fuerza de presión en dos series, sobre la variable de contenido de humedad *U*, se verificó que $P > 0.05$ indicando la no ocurrencia de un efecto significativo relacionado con las variable en cuestión, así:

U se supone que es verdadera.

H_0 ($t = -1.079$ con $P > 0.295$).

El análisis estadístico sobre el efecto de la fuerza de presión en dos series, sobre la variable densidad *D* demostró que $P < 0.05$, indicando la ocurrencia de un efecto significativo relacionado con la variable en cuestión, de la siguiente manera:

D: Se asume que H_1 es verdadera.

($t = -2.433$ con $P < 0.026$).

El análisis estadístico sobre el efecto de la fuerza de presión en dos series, sobre el módulo de ruptura de la variable resistencia a flexión estática MOR mostró que $P < 0.05$ indicando la ocurrencia de un efecto significativo relacionado con la variable en cuestión, de la siguiente forma:

MOR: se supone como verdadera.

H_1 ($t = 5.184$ con $P < 0.001$).

Finalmente, el análisis estadístico sobre el efecto de la fuerza de presión en dos series, sobre el módulo de elasticidad en la variable resistencia a flexión estática MOE mostró que $P < 0.05$ indica la ocurrencia de un efecto significativo relacionado con las variables en cuestión, de la siguiente manera:

MOE: es se supone como verdadera.

H1 ($t = 3.719$ con $P < 0.001$).

De los resultados obtenidos se puede inferir que no existen diferencias significativas entre las dos series del panel de tiras de *Gynerium sagittatum* con respecto a las variables resistencia a la tracción perpendicular, absorción de agua 24 hrs y contenido de humedad.

También se puede inferir que existen diferencias significativas entre las dos series del panel de tiras de *Gynerium sagittatum* en cuanto a las variables hinchamiento, densidad, resistencia a la flexión estática MOR, resistencia a la flexión estática MOE.

Los principales aspectos que intervienen en las diferencias encontradas en el hinchamiento, densidad, MOR y MOE en la serie 1 y serie 2, pueden deberse a uno o más de los siguientes factores: una mayor fuerza de presión la cual comprime las tiras dejando menos espacios en la núcleo del panel o una fuerza de presión mayor que destruye las fibras que componen las tiras; cuando se aplica una mayor presión y se rompen las fibras de las tiras, las capas se vuelven menos resistentes a los esfuerzos.

FIGURA 3. Panel sostenible de *Gynerium sagittatum*:
a. Prototipo panel aplicable a pisos y revestimientos interiores;
b. Prototipo panel aplicado a diseño de mobiliario.



Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede decir que las dos series analizadas tienen características físicas similares, excepto por la densidad, que en las placas producidas en la serie 2 son un poco mayores, lo cual es una característica normal, entendiendo que las tiras se encuentran más comprimidas entre sí.

También se puede decir que en las dos series analizadas, la serie 1 tiene mejores características mecánicas al presentar mayor resistencia en la prueba de flexión estática MOR y MOE, a pesar de tener resultados similares en la prueba de tracción perpendicular para las dos series.

Al analizar la información, se creó un proceso de diseño para producir diferentes productos aplicables al diseño interior de espacios arquitectónicos utilizando conceptos de sustentabilidad.

El diseño de los productos se desarrolló con base a dos importantes fases articuladas, relacionadas con los procesos de prototipado y verificación: el diseño del objeto y el diseño del producto. En cada fase se consideraron varios criterios y aspectos que ayudaron como guía en el diseño de los modelos y la producción del prototipo final.

Se exploraron criterios formales, funcionales y técnicos que ayudaron a identificar y comprender los aspectos técnicos de los materiales utilizados y su potencial. En los prototipos finales se atendieron y resolvieron los problemas identificados en los modelos, comprobando la posibilidad de desarrollar objetos de diseño interior para arquitectura y mobiliario con criterios de sostenibilidad aplicando las técnicas, materiales y procesos desarrollados (Figura 3).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados en las diferentes etapas de la investigación, fue posible validar que el conocimiento de las comunidades de artesanos indígenas en Colombia representa una gran fuente de técnicas interesantes con potencial para ser reinterpretadas y aplicadas en los procesos de producción de materiales sustitutos de la madera. Estas técnicas permiten el desarrollo de procesos con mínimo gasto energético, pocos contaminantes, además de una amplia variedad de alternativas que ofrecen un valor agregado a los productos basados en el enfoque del diseño para la sostenibilidad.

Con base en los resultados obtenidos en la prueba experimental sobre las dos series evaluadas, se pudo verificar que, si bien las dos series tienen características físicas similares, la serie 1 tuvo mejores resultados en el ensayo de resistencia a la flexión, en el MOR y MOE, mostrándose como un material más eficiente y resistente.

Al comparar con la literatura existente, de materiales similares, es posible observar un gran potencial en los materiales y métodos desarrollados, para ser aplicados en diferentes usos en diseño de producto, arquitectura, interiorismo, moda, etc., por lo que se sugiere para continuar este estudio:

- Analizar modelos de una planta semi-industrial para la producción de paneles de tiras *Gynerium sagittatum* en comunidades indígenas, con enfoque en la sostenibilidad y el ciclo de vida del producto.
- Analizar las características físicas y mecánicas de los paneles compensados de tiras de *Gynerium sagittatum* mediante una prensa de platos en caliente y adhesivo PVA.
- Analizar las características físicas y mecánicas de los paneles de tiras de *Gynerium sagittatum* tomando como variables los tipos de resinas aplicadas, el origen del material recolectado, las partes del tallo y la edad de los tallos en la producción de las probetas.
- Realizar pruebas de microscopía electrónica de barrido, rayos X y micro tomografía de las muestras en diferentes series para confirmar la influencia de la fuerza de presión en la configuración de las tiras.
- Analizar diferentes métodos mecánicos para la producción de tiras de *Gynerium sagittatum* tomando como referencia el procesamiento manual utilizado.
- Desarrollar otros productos de diseño con enfoque sostenible a partir de la aplicación del conocimiento indígena que fue reinterpretado en esta investigación.

Se prevén aspectos positivos en relación con el desarrollo del material compensado con base en tiras de *Gynerium sagittatum*, el cual puede ser aplicado en la fabricación de diferentes productos, utilizando estrategias de sostenibilidad. Materiales y procesos que se toman como base para la continuidad del estudio, con un enfoque en la Descolonización de Tecnologías ([Abdulla, 2014](#); [Ansari et al., 2016](#); [Schultz, 2018](#); [Schultz et al., 2018](#); [Castellanos y Martínez, 2020](#)), que permiten nuevas formas de relaciones, en un contexto de gran riqueza ambiental y cultural.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue desarrollado con el apoyo de Colciencias, a través de la beca para estudio doctoral, mediante convocatoria 678 de 2014 para la formación de capital humano de alta calidad en el departamento de Sucre, Colombia. Los autores también agradecen el uso de las instalaciones y el apoyo de los técnicos de los laboratorios: Laboratório Didático de Materiais e Protótipos – LDMP; Ateliê de Tecelagem, FAAC y Laboratório de Engenharia Civil FEB, UNESP, Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, Bauru, São Paulo, Brazil. Y Laboratorio Alex José Bracamonte Miranda Ingeniería Geotécnica S.A.S, Barrio La Merced, Sincelejo, Colombia.

REFERENCIAS

- Abdulla, D. (2014, June 12-14). A Manifesto of Change or Design Imperialism? A Look at the Purpose of the Social Design Practice [Conference session]. 5th STS Italia Conference, Milán, Italia. http://ualresearchonline.arts.ac.uk/10297/1/A_Manifesto_of_Change_or_Design_Imperial.pdf
- ABNT. (2013). Painéis de partículas de media densidade – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. [NBR 14810-2 de 12/2018]. ABNT. <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/21911/nbr14810-2-paineis-de-particulas-de-media-densidade-parte-2-requisitos-e-metodos-de-ensaio>
- ABNT. (2012). Compensado – Determinação da resistência á flexão estática. [NBR 9533]. <https://www.adnormas.com.br/anuncie/normas-tecnicas/38239/abnt-nbr9533-compensado-determinacao-da-resistencia-a-flexao-estatica>
- ABNT. (2011a). Compensado – Determinação inchamento - Método de ensaio. [NBR 9535]. <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/3923/nbr9535-compensado-determinacao-do-inchamento-metodo-de-ensaio>
- ABNT. (2011b). Compensado – Determinação de teor de umidade. [NBR 9484]. <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/3918/abnt-nbr9484-compensado-determinacao-do-teor-de-umidade>
- ABNT. (2011c). Compensado – Determinação da massa específica aparente. [NBR 9485]. <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/3919/nbr9485-compensado-determinacao-da-massa-especifica-aparente>
- ABNT. (2011d). Compensado – Absorção de água. [NBR 9486]. <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/3922/nbr-9486-compensado-determinacao-da-absorcao-de-agua>
- Andrade, A. e Cavalcanti, V. (2017). Design e artesanato: a experiência do laboratório de design O Imaginário. Em: A. de Oliveira, C. Franzato. e C. del Gaudio. (Eds.), *Ecovisões projetuais: pesquisas em design e sustentabilidade no Brasil* (pp. 295–306). Blucher. <https://doi.org/10.5151/9788580392661-23>

- Ansari, A., Abdulla, D., Canli, E., Keshavarz, M., Kiem, M., Oliveira, P., Prado, L. & Schultz, T. (2016, June 27). Editorial Statement. *Decolonising Design*. <http://www.decolonising-design.com/statements/2016/editorial/>
- Azambuja, R., De Castro, V., Trianoski, R. & Iwakiri, S. (2018). Recycling wood waste from construction and demolition to produce particleboards. *Maderas*, 20(4), 681–690. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2018005041401>
- Castellanos, A. & Martínez, P. (2020). Educação em Arquitetura: Transições para o Desenvolvimento Sustentável. *Processos Urbanos*, 7(1), 1–11. <http://doi.org/10.21892/2422085X.493>
- Contreras, W. y Owen, M. (1997). Elaboración de un elemento estructural laminado, tipo parallam, con tiras de caña brava Gynerium sagittatum y adhesivo fenol-formaldehído. *Revista Forestal Venezolana*, 41(1), 29–36. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24264>
- Contreras, W., Cloquell, V. y Owen, H. (2008). Determinación de los niveles de sostenibilidad del proceso de fabricación de tableros de caña brava (Gynerium Sagittatum), a partir del método ACV-Coclowen. *Revista Forestal Venezolana*, 52(1), 47–59. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/29085>
- Contreras, W., Owen, M., Garay, D. y Contreras, Y. (1999). Elaboración de tableros aglomerados de partículas de Caña Brava (Gynerium sagittatum) y adhesivo urea-formaldehído. *Revista Forestal Venezolana*, 43(2), 129–135. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24194>
- Dias, F. y Lahr, F. (2005). Fabricación y caracterización de tablero compensado con adhesivo poliuretano a base de aceite de ricino. *Revista de Ciencia y Tecnología (RCyT)*, 7(2), 42–48. <https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/444>
- Diossa, G. (2014). Tableros sin aditivos a partir de caña flecha (Gynerium sagittatum) [Trabajo de conclusión de curso, Universidad Pontificia Bolivariana. Repositorio Institucional UPB. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3148>
- Diossa, G., Velásquez, J. y Quintana, G. (2014). Tableros sin aditivos a partir de Gynerium Sagittatum. *Revista investigaciones aplicadas*, 8(2), 101–112. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6804>
- Diossa, G., Velásquez, J., Quintana, G. y Gómez, V. (2017). Efecto de la presión de prensado y la adición de lignina kraft en la producción de tableros aglomerados auto enlazados a partir de Gynerium sagittatum pre tratada con vapor. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(4), 525–538. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2017005001201>
- Ferro, F., Icimoto, F., de Souza, A., de Almeida, D., Christoforo, A. e Lahr, F. (2015). Produção de painéis de partículas orientadas (OSB) com Schizolobium amazonicum e resina poliuretana à base de óleo de mamona. *Scientia Forestalis*, 43(106), 313–320. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr106/cap07.pdf>

- Iwakiri, S., Silva, J., da Silva, J., Alves, C. e Puehringer, C. (2002). Produção de compensados de Pinus taeda L. E Pinus oocarpa Schiede com diferentes formulações de adesivo uréia formaldeído. *Revista Árvore*, 26(3), 371–375. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000300013>
- Lapo, L. (2008). *Bambu laminado colado “blc”*, *Notas de estudo de Desenho Industrial* []. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). <https://www.docsity.com/pt/bambu-laminado-colado-blc/4729199/>
- López, L. y Correal, J. (2009). Estudio exploratorio de los laminados de bambú guadua angustifolia como material estructural. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 11(3), 171–182. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2009000300001>
- Martínez, P. (2018). Técnicas tradicionais indígenas para o desenvolvimento de produtos de Design sustentável com Gynerium sagittatum. [*Tesis doctoral*, Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho]. Repositorio Institucional UNESP. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191335>
- Martínez, P., Landim, P. & Barata, T. (2021). Processo de produção de painel compensado a partir de ripas de gynerium sagittatum e painel compensado resultante [*Brazil Patent*, B32B 21/06; E04C 2/24]. Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto Nacional da Propriedade Industrial. <https://patentimages.storage.googleapis.com/5c/6d/52/4446a2ec3d2af0/BR102019019518A2.pdf>
- Martínez, P., Landim, P. y Barata, T. (2020). Gynerium sagittatum, una especie para la innovación y el desarrollo en el Departamento de Sucre. En J. Machado, D. Cardona, S. Hoyos, D. Suárez, O. Ríos, J. González, D. Cardona, J. del Río, A. Gómez, M. Sierra, P. Martínez, I. García, L. Fortich, R. de La Hoz, M. García, A. Aguilera, C. García, P. Martínez Osorio, P. Landim. y T. Barata (Eds.), *Innovación en la Región Caribe de Colombia: aportes teóricos y buenas prácticas* (pp. 203–222). Editorial CECAR. <https://doi.org/10.21892/9789585547858.10>
- Martínez, P., Landim, P. y Barata, T. (2018a). Procesos artesanales para la producción sostenible de tableros de caña flecha (Gynerium sagittatum). *Mix Sustentável*, 4(2), 59–70. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2018.v4.n2.59-70>
- Martínez, P., Landim, P. e Barata, T. (2018b). Conhecimento indígena e processos para o desenvolvimento de produtos de design sustentável com Cana-flecha (Gynerium Sagittatum). In A. Arruda, P. Ferroli. e L. Librelotto, *Design, Artefatos e Sistema Sustentável* (pp. 247–266). Blucher. <https://dx.doi.org/10.5151/9788580392982-12>
- Mendes, S., Mendes, L., Chaves, M., Mori, F., Silva, J. e Trugilho, P. (2007). Utilização de resinas alternativas na produção de painéis OSB de clones de Eucalyptus spp. *Cerne*, 13(3), 257–263. <https://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/313>

- Munari, B. (1983). *Cómo nacen los objetos*. GG.
- Nascimento, M., Bertolini, M., Panzera, T., Christoforo, A. e Lahr, F. (2015). Painéis OSB fabricados com madeiras da caatinga do nordeste do Brasil. *Ambiente Construído*, 15(1), 41–48. <https://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212015000100005>
- Nogueira, C. (2008). Painel de bambu laminado colado estrutural [*Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo]. USP. <https://doi.org/10.11606/D.11.2008.tde-30052008-143617>
- ONU, *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, del 14 de junio de 1992. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- Pereira, M. e Beraldo, A. (2008). *Bambu de corpo e alma*. Canal 6 Editora.
- República de Colombia. DANE. (2019). *Población indígena de Colombia. Resultados del censo nacional de población y vivienda 2018*. DANE. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/grupos-etnicos/presentacion-grupos-etnicos-2019.pdf>
- Schultz, T. (2018). Mapping Indigenous Futures: Decolonising Techno-Colonising Designs. *Strategic Design Research Journal*, 11(2), 79–91. <https://doi.org/10.4013/sdrj.2018.112.04>
- Schultz, T., Abdulla, D., Ansari, A., Canli, E., Keshavarz, M., Kiem, M., Martins, L. & Oliveira, P. (2018). What Is at Stake with Decolonizing Design? A Roundtable. *Design and Culture*, 10(1), 81–101. <https://doi.org/10.1080/17547075.2018.1434368>
- Tung, F. (2012). Weaving with Rush: Exploring Craft-Design Collaborations in Revitalizing a Local Craft. *International Journal of Design*, 6(3), 71–84. <http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/1077>
- Pedro Arturo Martínez Osorio.** Corporación Universitaria del Caribe, CECAR. Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura, Programa de Arquitectura (Sincelejo, Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-9024-0918>
- Alexandra Castellanos Tuirán.** Corporación Universitaria del Caribe, CECAR. Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura, Programa de Arquitectura (Sincelejo, Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-3423-8714>
- Paula Da Cruz Landim.** Universidade Estadual Paulista, Julio de Mesquita Filho, UNESP. Facultad de Arquitectura, Artes y Comunicación, Programa de Posgrado en Design (Bauru, Brasil). <https://orcid.org/0000-0002-1510-7738>
- Tomás Queiroz Ferreira Barata.** Universidade Estadual Paulista, Julio de Mesquita Filho, UNESP. Facultad de Arquitectura, Artes y Comunicación, Programa de Posgrado en Design, Laboratorio didáctico de Materiales y Prototipos (Bauru, Brasil). <https://orcid.org/0000-0002-1573-5590>