

Construir con guadua: Tendencias en estudios a nivel de Latinoamérica

Jaime Gonzalo Yacelga Díaz¹

gonzaloyd77@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-8783-3826>

Investigador independiente

Quito – Ecuador

Juan Carlos Nolivos Valiente

jcnolivos@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-4750-4240>

Investigador independiente

Quito – Ecuador

RESUMEN

Formalizar el uso de materiales como la caña guadua en el sector de la construcción es una meta que aunque ha avanzado más lentamente en relación al acero u hormigón se ha podido lograr, gracias a la contribución de importantes aportes brindados en centros de educación superior y otras vertientes. En este trabajo, se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones realizadas sobre el uso de la caña guadua como material de construcción con énfasis en el área latinoamericana. El objetivo, conocer el interés dado desde la academia por presentar trabajos de investigación relacionados al uso constructivo de la guadua en proyectos de tesis de grado u otras publicaciones partir del año 2010. Para el efecto, se ejecutó un estudio bibliográfico de tipo documental y carácter descriptivo. Se fundamentó el trabajo en análisis de contenido, revisión documental, análisis y síntesis de fuentes documentales, escogiendo una muestra de 30 trabajos que reflejen y fundamenten el objetivo por alcanzar. Las conclusiones logradas, indican que el avance de los estudios a pesar de no tener una continuidad o tendencia regular en cuanto a cantidad han sido muy útiles, contribuyendo al establecimiento y actualización de normas de construcción en guadua en diferentes países de la región.

Palabras clave: construcción; guadua; bambú; material de construcción.

¹ Autor Principal

Building with guadua: Trends in studies at the Latin American level

ABSTRACT

Formalizing the use of materials such as guadua cane in the construction sector is a goal that, although it has advanced more slowly in relation to steel or concrete, has been achieved, thanks to the contribution of important contributions provided in higher education centers and other aspects. In this work, a bibliographic review of research conducted on the use of bamboo cane as a construction material was carried out with emphasis on the Latin American area. The objective to be achieved, to know briefly about the interest given to the subject of use of guadua in construction in thesis projects or other publications from 2010. For this purpose, a bibliographic study of documentary type and descriptive character was executed. The work was based on content analysis, documentary review, analysis and synthesis of documentary sources, choosing a sample of 30 works that reflect and substantiate the objective to be achieved. The conclusions reached indicate that the progress of the studies despite not having a continuity or regular trend in terms of quantity have been very useful, contributing to the establishment and updating of construction standards in guadua in different countries of the region.

Keywords: building; guadua; bamboo; construction material.

Artículo recibido 01 abril 2023

Aceptado para publicación: 15 abril 2023

INTRODUCCIÓN

La mejora e innovación de los sistemas constructivos con materiales tradicionales como hormigón, acero y madera han sido y son constantes en el ámbito académico y con el aporte de profesionales independientes relacionados al campo de la arquitectura e ingeniería. Por otra parte, investigaciones orientadas a los materiales denominados ancestrales como el adobe, la caña entre otros, aunque existen no alcanzan niveles similares.

Sobre esta base, ya sea por considerarlos obsoletos, poco seguros o por falta de estudios o normativa, estos materiales quedan relegados a un segundo plano al momento de establecer o configurar proyectos de construcción aunque sean de baja envergadura. Incluso en procesos de restauración de edificios históricos se incluye elementos estructurales de acero u hormigón como sistemas de refuerzo, reduciendo en mayor o menor grado la esencia original de las edificaciones, muchas consideradas patrimoniales por su arquitectura y materiales constructivos (Paucar y Benavidez, 2019).

Ahora bien, resaltando la importancia que implica conservar estas estructuras y conjugar tecnología antigua con la nueva para conseguir dicho propósito, no es menos cierto que se debería profundizar en cómo mejorar el uso de los materiales constructivos originales tomando como base ese patrimonio de conocimientos primigenio y llevarlo más allá, no relegándolo como algo del pasado sino traerlo al presente y de ser posible proyectarlo al futuro mediante más estudio y propuestas.

Así también, frente a la alta demanda de vivienda en especial de interés social, el uso de materiales no convencionales pero ya utilizados aunque en la mayoría de casos de manera informal, requiere de propuestas, regulaciones y ante todo socialización para que a nivel de los entes políticos y de la sociedad dejen de ser considerados como signos de pobreza, marginación o anticuados.

En tal sentido, este trabajo propone como objetivo realizar una búsqueda bibliográfica relacionada con los estudios sobre el uso de la caña guadua como material de construcción con énfasis en Ecuador y países latinoamericanos en un rango temporal de 11 años a partir de 2010, año en el que fue presentado el trabajo de titulación en ingeniería civil de los autores de este artículo. Se busca generar un criterio acerca del grado de interés que se ha presentado en cuanto a trabajos de investigación referentes al

empleo de materiales alternativos como la caña guadua en construcción en el mencionado lapso temporal.

La caña guadua es un recurso natural que cuenta con una gran cantidad de aplicaciones, desde las más elementales hasta innovadoras en áreas tales como la construcción, decorado, cuidado ambiental por mencionar algunas. Es considerada como una opción para reducir los efectos del cambio climático y ayudar a los países a alcanzar objetivos de desarrollo sostenible. (Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, 2020).

Actualmente, aun con los grandes avances tecnológicos que buscan mejorar los sistemas constructivos y diseños en materiales como hormigón o acero principalmente, la caña guadua sigue teniendo un espacio, aunque posiblemente marginado pero no por ello menos importante considerando que su uso como material de construcción tiene historia (Nolivos y Yacelga, 2010).

Dentro de este marco, importantes profesionales en el área de la construcción han presentado sus aportes al brindar sustancial información acerca del uso de este material en la historia americana. Se puede mencionar a Jorge Morán Ubidia de la Universidad de Guayaquil con su trabajo "Usos tradicionales y actuales del Bambú en América Latina, con énfasis en Colombia y Ecuador" y a Jorge Enrique Robledo, de la Universidad Nacional sede Manizales, con su libro "Cien años del bahareque en el viejo Caldas" (Montoya, 2016).

La guadua es una planta de la subfamilia del bambú siendo a nivel de América el género más importante, endémico de este continente y formado por unas 30 especies (Bambusa, 2022). Se desarrolla geográficamente entre los 0 a 2000 metros sobre el nivel del mar, en zonas con temperaturas de 17° a 26° C, precipitaciones de 1200 a 2500 mm/año, humedad relativa de 80 – 90% , suelos con fertilidad moderada y buen drenaje (Fernández, 2018).

Esta especie (la guadua) a pesar de tener cierto parecido con los maderables, presenta propiedades mecánicas completamente diferentes a estos, en virtud de su anatomía, morfología, proceso de crecimiento, siendo algunas de éstas superiores a la madera o equivalentes según algunos criterios

incluso al acero (Mendoza y Rosales, 2014). En términos generales, características a resaltar de este material son:

- Gran ductilidad y poco peso gracias a su interior hueco (Nolivos y Yacelga, 2010).
- Alta resistencia a la tracción paralela a la fibra. Propiedad particularmente presente en la pared externa debido a la presencia de una mayor cantidad de fibras e incrustaciones de lignina, sílice y cutina (Mendoza y Rosales, 2014).
- No presenta problemas significativos de inestabilidad por pandeo flexotorsional al ser un elemento tubular cerrado con gran inercia (Takeuchi, 2004).
- Su sección tubular le permite ser altamente resistente ante torsión (Takeuchi, 2004).

En contraparte, como en todo material existen desventajas:

- A diferencia de la madera, la guadua tiene fibras longitudinales fuertes pero carece de fibras radiales generando una reducida resistencia a tracción perpendicular a la fibra (Takeuchi, 2004).
- Presenta una menor resistencia a compresión paralela a la fibra en relación a la tensión pues al aplicar cargas verticales se presentan fuerzas radiales que tienden a separar las fibras. Esto se da por ausencia de radios medulares y cambium que por otra parte es propio de la madera (Mendoza y Rosales, 2014).
- En cuanto a flexión se presentan fallas en la zona de los nudos frente a tensión paralela a la fibra (Mendoza y Rosales, 2014).
- Su resistencia a la compresión perpendicular a la fibra (aplastamiento) es baja en particular ante la ausencia de nudo (Takeuchi, 2004).

En síntesis, la guadua es muy apta para estructuras livianas y espaciales en donde prevalecen fuerzas axiales (Nolivos y Yacelga, 2010). Sin embargo esto no debe convertirse en una limitación sino por el contrario en un desafío para buscar las alternativas que permitan solventar las debilidades del material.

METODOLOGÍA

En el presente artículo se realizó una revisión bibliográfica, de tipo documental y carácter descriptivo, enfocado en la revisión sistemática de documentos con énfasis en trabajos de titulación o artículos científicos en las áreas de arquitectura e ingeniería civil en el contexto de la región latinoamericana. Se fundamentó en análisis de contenido, revisión documental, análisis y síntesis lo cual facilitó la localización y recuperación de material en repositorios del ciberespacio.

Para cumplir con tal fin, se empleó como base de datos Google Académico, SciELO, Redalyc y repositorios digitales de centros de estudio superior. El espacio temporal escogido para la revisión de información es 2010 – 2021. El propósito, fue investigar acerca de las propuestas de investigación presentadas posterior al trabajo de titulación de los autores de este trabajo. Se emplearon palabras clave como: guadua en construcción, usos de la caña guadua, la caña guadua como material de construcción, elementos estructurales de caña guadua, propiedades mecánicas de la caña guadua, conexiones en estructura de caña guadua.

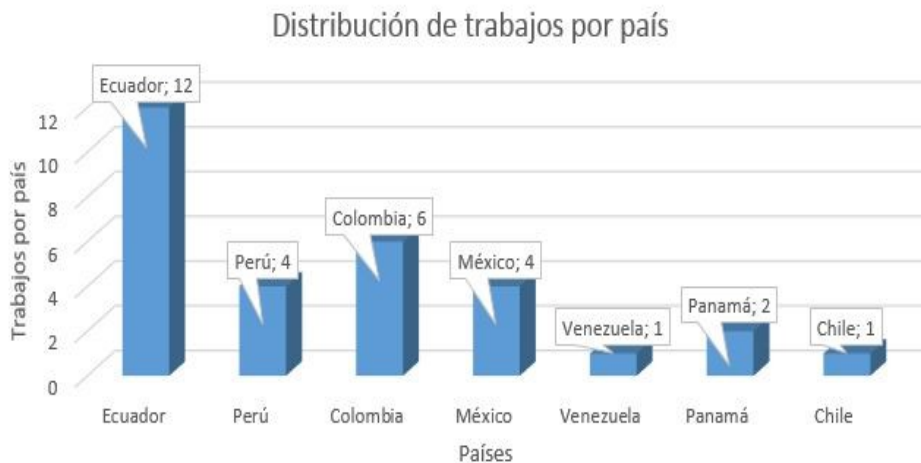
De este modo, a partir de las fuentes investigadas se escogieron 30 trabajos para ser descritos en el artículo y cumplir con el objetivo declarado. Los criterios de inclusión empleados fueron: pertinencia del tema planteado a partir del título del trabajo, disponibilidad del documento, claridad y correlación entre los objetivos y conclusiones alcanzadas. Se excluyeron literaturas que pese a tratar acerca del bambú o en específico la caña guadua, presentaban enfoques orientados a ramas distintas a la construcción como elaboración de muebles, decorados y demás.

Finalmente, para lograr un correcto análisis de los trabajos bibliográficos seleccionados se consideró los criterios expuestos por Severino (2007), el mismo que propone un análisis textual, análisis temático, análisis interpretativo, problematización y síntesis personal como etapas óptimas para alcanzar una experiencia de lectura enriquecedora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1, muestra la cantidad de trabajos seleccionados por país. El mayor número corresponde a Ecuador con 12, seguido de Colombia con 6, México y Perú con 4, Panamá con 2 y finalmente Chile y Venezuela con 1.

Figura 1. Distribución de trabajos por país



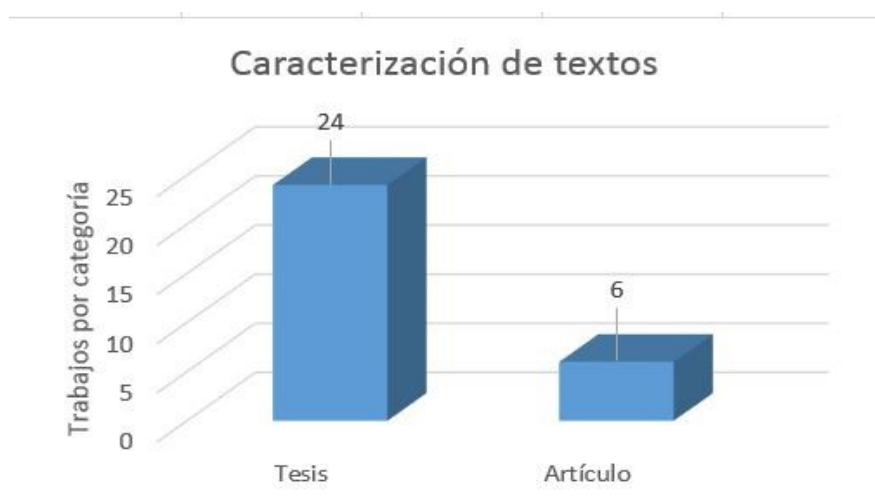
Por otra parte, la figura 2 muestra la distribución de trabajos por año. La mayor cantidad corresponde a los años 2018 y 2019 con 7 y 6 publicaciones respectivamente. Esto revela que en el nivel de producción no existe tendencia en aumento o disminución progresiva pues posterior a esto se redujeron nuevamente las publicaciones y previo a los años mencionados tampoco existió una tendencia clara.

Figura 2. Distribución por año



En cuanto a la caracterización o tipo de texto, la mayor cantidad corresponde a tesis de grado con 24 trabajos y 6 artículos científicos.

Figura 3. Caracterización de textos



Finalmente, los temas planteados en las investigaciones son variados, razón por la cual no se los ha agrupado en función de parámetros específicos. Lo común en todos es el destacar los beneficios del material por parte de los autores y la recomendación hacia una mayor propuesta investigativa que permita reforzar y actualizar los conocimientos adquiridos.

Las tablas 1 a 7 detallan los trabajos seleccionados en la investigación. Se realiza una descripción del título del trabajo, autor o autores y año de publicación, objetivo general a alcanzar y la o las conclusiones alcanzadas en función de los mismos.

Tabla 1:

Trabajos realizados en Ecuador

Título de la investigación	Autor(es)	Objetivo planteado	Conclusión
Estudio de conexiones entre elementos estructurales de caña guadua sometidos a carga axial	Nolivos Juan Yacelga Jaime 2010	Realizar un estudio experimental, aplicando en un ejemplo práctico las técnicas investigadas acerca de conexiones en guadua, con el fin de obtener conclusiones de lo observado	En los ensayos se observa que las fallas se dieron en el material antes que en la conexión propiamente dicha, demostrando que los medios de conexión propuestos se comportaron adecuadamente ante las cargas aplicadas.

Desarrollo de losas con caña de guadua angustifolia y análisis comparativo estructural y económico con los sistemas de losas tradicionales utilizados en nuestro medio	Narváez Luis 2013	Desarrollar una investigación acerca de losas con caña de guadua angustifolia, y realizar un análisis estructural y económico de los diferentes tipos de losas utilizados en nuestro medio.	Como sistema constructivo de losas se puede definir que el más económico y factible sin dejar de lado la seguridad es el sistema que emplea caña guadua a diferencia de la losa con placa colaborante y hormigón armado.
Uso de la caña guadua en la vivienda modular	Mendoza José Rosales José 2014	Desarrollar alternativas de utilización de la caña guadua en la construcción modular	Los sistemas constructivos con caña guadua se han basado en el conocimiento empírico dando como resultado limitaciones en su aprovechamiento y subexplotación de las bondades estructurales del material.
Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña Guadua Angustifolia Kunth del Ecuador	Córdova Pedro 2014	Obtener las propiedades mecánicas y estructurales de la caña angustifolia del Ecuador a través de ensayos de laboratorio, para poder emplear los resultados como referencia para el cálculo estructural	Para futuras investigaciones se debe tomar en cuenta un análisis estadístico de las propiedades geométricas de la caña guadua.
Análisis de la caña guadua y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto	Cuji Irene 2016	Diseñar una viga con elementos alternativos estructurales (caña guadua y bambú) para medir la resistencia a flexión del concreto.	La guadua y el bambú al ser utilizados como material de refuerzo no presentan una adecuada resistencia a la flexión.
Estudio de las propiedades físicas de la caña guadua y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe	Bonilla David Merino José 2017	Realizar de ensayos en un muro de adobe reforzado con caña guadua y otro sin refuerzo para comparar el comportamiento de cada modelo.	En los ensayos realizados la capacidad de carga del muro de adobe reforzado con guadua fue aproximadamente cuatro veces superior a la del muro sin refuerzo.

<p>Estudio del comportamiento sismo-resistente en una estructura espacial de caña guadua sometida a carga lateral con inversión, utilizando una modificación de la conexión Simón Vélez</p>	<p>Herrera Jonathan Viteri Luis 2018</p>	<p>Realizar un ensayo de carga lateral con inversión (cíclica cuasi-estática) aplicada a un modelo físico práctico, para definir el comportamiento sismo-resistente de la estructura en función de la conexión propuesta.</p>	<p>El modelo ensayado presentó un adecuado comportamiento sismo-resistente con la conexión propuesta. Experimentalmente se ha podido comprobar que el cortante basal se encuentra dentro del rango elástico de la curva de capacidad.</p>
<p>Análisis y diseño estructural de una “cubierta tipo” de bambú, para canchas de uso múltiple mediante el uso de los programas revit, robot y etabs.”</p>	<p>Vásquez Juan 2018</p>	<p>Realizar el diseño y análisis estructural de una Cubierta Tipo (cimentación estructura y cubierta) de bambú para canchas de uso múltiple de un área de 19x32 m. que cumpla con la normativa establecida en el código NEC-SE-GUADUA y el código NSR-10 Capítulo G.12 Estructuras de Guadua</p>	<p>La caña guadua angustifolia Kunth (GaK) es la especie adecuada para elaborar una composición estructural. Actualmente el código NEC-SE-GUADUA posee los valores de esfuerzos admisibles empleados en el diseño de los elementos estructurales de cubierta</p>
<p>Análisis y diseño estructural de viviendas sismo resistentes, construidas con caña guadua, sustentado en la NEC-SE- GUADUA y la NRS-10 título G”</p>	<p>García Inés Philco, Pierre 2018</p>	<p>Analizar y diseñar una vivienda sismo resistente, construida con caña guadua, sustentado en la NEC-SE- GUADUA y en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente – título g – estructuras de madera y estructuras de guadua (NSR–10).</p>	<p>Los resultados experimentales obtenidos mediante la elaboración de ensayos de laboratorio basados en la MTE INEN 2, para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la caña guadua, cumplen con los requisitos impuestos por la normativa NEC–SE–GUADUA y el código colombiano de la construcción, titulo G, de manera que el uso de caña guadua como material estructural es aceptable.</p>

<p>Análisis del comportamiento estructural del bambú del tipo “guadua angustifolia kunth” como material de construcción en sustitución del hormigón armado</p>	<p>Paola Aguilar 2019</p>	<p>Analizar el comportamiento estructural del bambú como material de construcción, respecto a resistencia, rigidez y sismoresistencia frente al hormigón armado, en una estructura aporticada de un módulo de ocho departamentos ubicado en el Cantón Atacames, Provincia de Esmeraldas, para conocer su comportamiento ante cargas gravitacionales y cargas dinámicas</p>	<p>Los elementos de bambú como vigas y columnas han demostrado que pueden trabajar eficientemente bajo la aplicación de cargas gravitacionales y sísmicas. Además en caso que las secciones prediseñadas no soporten los esfuerzos a los que están siendo sometidas, es posible incluir uno o más elementos adicionales que unidos de forma correcta se comporten como una sola sección y mejoran la capacidad de resistencia del elemento.</p>
<p>Estudio del comportamiento sismo-resistente de una estructura espacial hexagonal de caña guadua reforzada con ladrillos artesanales, sometida a carga lateral con inversión y utilizando una modificación de la conexión Simón Vélez</p>	<p>Jaramillo Singrid Torres Verónica 2020</p>	<p>Desarrollar un estudio técnico experimental, mediante ensayo de carga lateral con inversión (cíclica cuasi-estática) aplicada a un prototipo físico, para determinar si la mampostería de ladrillo incide en la disminución de las derivas de la estructura.</p>	<p>El modelo ensayado presenta buen comportamiento sismo-resistente gracias a la favorable interacción entre la estructura de caña guadua y la mampostería de ladrillo artesanal</p>
<p>Determinación de la resistencia del bambú, como biomaterial de construcción</p>	<p>Chiluisa Julia 2020</p>	<p>Determinar las propiedades físicas, mecánicas y ecológicas del bambú para el uso en construcción civil.</p>	<p>La caña guadua es viable para su uso en construcción ya que demostró ser mucho más resistente que otras maderas utilizadas para diferentes actividades constructivas.</p>

Tabla 2: Trabajos realizados en Perú

Título de la investigación	Autor(es)	Objetivo planteado	Conclusión
Diseño de un sistema constructivo con Bambusa Vulgaris en un centro comunal múltiple, en la localidad de Shucushyacu - Yurimaguas 2018	Dávila María 2018	Diseñar un sistema constructivo con Bambusa Vulgaris en un centro comunal múltiple, en la localidad de Shucushyacu- Yurimaguas 2018.	El bambú de la especie Bambusa Vulgaris es un material con alto potencial en el campo estructural ya que cuenta con numerosas ventajas sobre diversas especies maderables en lo relativo a sus propiedades mecánicas.
Uso y Rentabilidad del bambú como material estructural de construcción	Juárez Diego 2019	Investigar sobre los usos del bambú para la construcción de pórticos y estructuras de viviendas de uno o dos pisos	Al ser un material de bajo peso, durante un movimiento sísmico (típico en la costa peruana) se tendría un menor peligro en comparación a construcciones de adobe o albañilería, pues estas al ser de mayor masa generan mayores fuerzas a la estructura. Además, para la construcción de una vivienda simple de un piso el bambú como material estructural es un 35% más rentable que los materiales tradicionales.
Uso del bahareque de guadua con mortero en muros, y su influencia en la impermeabilidad de viviendas de bajo costo al clima lluvioso de la ciudad de Satipo Junín al 2019	Ramos Aliconi 2019	Determinar el nivel de influencia del uso del bahareque de bambú con mortero en la impermeabilidad de viviendas de bajo costo en el clima lluvioso de la ciudad de Satipo Junín	En un 35% de las muestras no se evidencio la penetración de la humedad hacia el interior
Guadua angustifolia como material estructural en puentes peatonales de la zona rural del distrito de Pichanaqui	Oré Kevin 2021	Evaluar el efecto del uso de la Guadua Angustifolia como material estructural en puentes peatonales de la zona rural del distrito de Pichanaqui	Existe un efecto positivo de la Guadua Angustifolia como material estructural para puentes peatonales, debido a las propiedades físico mecánicas que posee el material

Tabla 3: Trabajos realizados en Colombia

Título de la investigación	Autor(es)	Objetivo planteado	Conclusión
Estado del arte de la guadua como material alternativo para la construcción sostenible	Buildes Tatiana Giraldo Carolina 2011	Identificar la guadua como material alternativo para la construcción sostenible mediante la investigación de su uso en diferentes construcciones con el fin de mostrar los beneficios que se han obtenido en su utilización.	Se hace necesario continuar desarrollando tecnologías constructivas que simplifiquen y universalicen el uso de este material como elemento de construcción, ya que además de ser natural, renovable, de rápido crecimiento y fácil manejo, se presta para múltiples usos y es manejable arquitectónicamente
Unión metálica para estructuras en guadua	Gómez Leydi Díaz William 2017	Proponer una unión que solucione la patología de corte de la guadua que se genera en el área de la conexión por la perforación en la pared del canuto, cuando se somete a esfuerzos de compresión y tensión.	La unión evita que la guadua falle por corte paralelo a la fibra, soportando una carga de dos toneladas, no alcanzo la resistencia propuesta por la unión tipo Simón Vélez 3000 kg que es la que está normalizada (boca de pescado)
Diseño de proyecto de la guadua como material alternativo para la construcción de viviendas sustentables en el km 10 vía al Mirador Restrepo Meta	Mónica Dulfay Contreras Mamby Jorge Andrés Vaglianti Bernal 2018	Realizar un diseño que utilice la guadua como material alternativo para la construcción de viviendas sustentables en el km 10 vía al Mirador Restrepo Meta.	De acuerdo con las más modernas tendencias arquitectónicas, una casa de bambú tiene resistencia, es liviana y tiene buena capacidad de ahorro de energía. Las construcciones no requieren herramienta especializada Es apto para construcciones sismo resistentes debido a su rigidez y elasticidad que evitan su ruptura al curvarse.

<p>Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de guadua angustifolia en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie</p>	<p>Castiblanco Luis Torres Henry 2019</p>	<p>Realizar la investigación de la guadua como material alternativo en la construcción y hacer un análisis de un método de preservación de la intemperie para mayor durabilidad y resistencia.</p>	<p>Se comprobó que la guadua angustifolia kunth es un material apto en el uso constructivo, pero que al ser expuesto a la intemperie sufre diferentes daños en su estructura reduciendo sus características de durabilidad. Es por esta razón que se debe aplicar un método de inmunización que no tenga efectos secundarios con la misma estructura o el medio ambiente, y que garantice mejorar sus propiedades físico-mecánicas y durabilidad.</p>
<p>Análisis del comportamiento del guadua “BAMBU” sometido a postensado</p>	<p>Granados María Bohórquez Roberto Barrientos Ender 2019</p>	<p>Conocer el comportamiento de las propiedades de bambú sometido a postensado.</p>	<p>La guadua al ser sometida a postensado sin maduración no resistió igual que la guadua madura, ya que sus propiedades mecánicas no son las mismas.</p>
<p>Estrategia para el uso alternativo del bambú como material sustentable para la construcción de viviendas verdes en Colombia</p>	<p>Dalal Andrea 2021</p>	<p>Formular una propuesta del uso del bambú como alternativa de material de construcción para viviendas verdes en Colombia.</p>	<p>El bambú es un material ligero, pero igualmente resistente que logra desarrollar estructuras livianas y de fácil transporte facilitando la construcción de viviendas es zonas apartadas.</p>

Tabla 4: Trabajos realizados en México

Título de la investigación	Autor(es)	Objetivo planteado	Conclusión
Potencial estructural del bambú Guadua aculeata y su integración a un sistema constructivo para la vivienda unifamiliar. Caso de estudio: Estado de Veracruz.	Hernández Álvaro Mexico Unam 2018	Proponer un sistema constructivo con bambú Guadua aculeata, a partir de los valores estructurales determinados en el sistema de uniones, en condiciones reales, aplicado a cubiertas, entresijos y muros en la vivienda unifamiliar rural.	El uso de materiales alternativos de baja emisión de contaminantes y alta resistencia mecánica para su uso en la construcción es posible a través del conocimiento profundo de su comportamiento. Los resultados del estudio confirman que, su uso se fue olvidando, no por pérdida de propiedades, sino por el cambio de paradigma en cuanto a los esquemas constructivos.
El bambú en México	Valdiviezo Alberto Castillo Jaime 2011	Panorama del uso del bambú en México enfocado hacia la construcción de viviendas, desde la época prehispánica hasta nuestros días, además, de cómo se encuentra la promoción de este material en nuestro país, y las especies para construir más importantes.	A pesar su uso desde tiempos remotos, es la población indígena la que aún conserva el uso del bambú en construcción y reconocen además sus cualidades ambientales
Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (Guadua aculeata)	Zaragoza Idalia Ordoñez Víctor Bárceñas Guadalupe Borja Amparo Zamudio Francisco 2015	Estudiar las propiedades físicas y mecánicas del culmo de guadua aculeata. Material recolectado en el predio "Las Margaritas", Hueytamalco, Puebla, México	Los resultados de este trabajo, reflejan que los culmos de guadua aculeata son un material estructural que se puede usar con éxito en la construcción.
La construcción de una casa de bambú y su análisis	Castilla Dulce 2016	Realizar una comparación entre la construcción de una vivienda con material constructivo biodegradable, bambú Guadua Angustifolia Kunth, y una del mismo proyecto con material tradicional	El resultado obtenido en el trabajo es un 18% menos en costo de la construcción de la vivienda con el bambú en relación, a la construcción con el material tradicional; además de lograr significativos beneficios ambientales.

Tabla 5: Trabajos realizados en Panamá

Título de la investigación	Autor(es)	Objetivo planteado	Conclusión
Perspectivas del uso del bambú como material alternativo en la industria de la construcción en Panamá	Pinto Milagros 2013	El uso del bambú como material alternativo para la construcción	Se espera realizar estudios que mediante ensayos, permitan establecer valores confiables de capacidad de soportar cargas laterales de módulos de adobe y bambú, comparar parámetros mecánicos que permitan predecir una adecuada proporcionalidad de los materiales y contribuya en el diseño de estructuras con <i>Guadua Angustifolia</i>
Material alternativo como elemento estructural: “cerchas con bambú”	Águila Oliver Cruz Mario Caballero Karen 2019	Estudiar la capacidad resistente del bambú a compresión y tensión, como elemento estructural para soportar techos	El bambú puede llegar a soportar cargas considerables al formar parte de una cercha. En tal sentido podría ser integrado como un elemento dentro de la construcción de ciertos elementos que no demanden gran capacidad de resistencia.

Tabla 6: Trabajos realizados en Venezuela

Título de la investigación	Autor(es)	Objetivo planteado	Conclusión
El bambú como recurso sustentable para construcción de viviendas de bajo costo	Echezuría Heriberto 2018	Analizar el uso del bambú especie <i>guadua</i> como un recurso sustentable para ser utilizado como material de construcción en vivienda de bajo costo	La explotación sustentable de <i>guadua</i> ha permitido en algunos países americanos, aportar materia prima de primera calidad para la erección de viviendas. En países asiáticos se ha demostrado que la explotación del bambú permite realizar desarrollos industriales rentables generando importantes fuentes de empleo.

Tabla 7: Trabajos realizados en Chile

Título de la investigación	Autor(es)	Objetivo planteado	Conclusión
Tenso-estructuras en bambú; estudio y aplicación del “colihue” como elemento resistente.	Busquets Daniel 2011 Artículo Chile	Estudiar las propiedades físico-mecánicas del bambú chileno “colihue” (Chusquea culeou), para generar estrategias de diseño que permitiesen utilizarlo como elemento resistente en estructuras arquitectónicas	El bambú chileno tiene las características necesarias para ser utilizado bajo esfuerzos de tracción paralela, con esto es posible abrir un campo de aplicación completamente nuevo para este recurso y proponer nuevas investigaciones para incorporarlo en el campo formal de la construcción.

CONCLUSIONES

La especie bambú es una de las plantas cuyo origen y propiamente su uso tiene una larga historia. Excelentes propiedades mecánicas han permitido que sea empleado como material en diferentes elementos constructivos como paredes, techos, pisos, puentes, entre otros. Según Torres et al. (2019) se estimaría que alrededor de mil millones de personas en el mundo viven en casas que emplean el bambú y concretamente la especie guadua como elemento de su estructura en mayor o menor grado.

Sin embargo, a pesar de poseer una larga tradición de uso, el material no es considerado con frecuencia en el paradigma de la construcción moderna por lo menos en lo que corresponde a las zonas urbanas.

Sin embargo, en la ruralidad se pueden apreciar aplicaciones importantes en particular para estructuras destinadas al negocio turístico brindando ambientes atractivos tanto en lo visual como en su nivel de ingeniería.

Es este contexto, los estudios realizados al respecto han brindado valiosos aportes al mejoramiento del diseño tanto en lo relacionado al conocimiento de las propiedades estructurales del material como de su conservación, punto en el cual la guadua presenta debilidades frente a factores tales como el fuego, la humedad u otros agentes biológicos. En algunos casos la ausencia de códigos que reglamenten la construcción ha sido un potencial obstáculo para ingenieros y arquitectos al usar este material así como también una normativa que regule y estandarice sus procesos de producción y tratado a fin de tener

homogeneidad en características físicas y mecánicas. Sin embargo, esta situación si ha tenido avances en el tiempo.

En el caso concreto de Ecuador, es el año 2017 cuando se presenta por parte del MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda) el código NEC-SE-GUADUA que permite tener una reglamentación en firme del uso de la caña guadua como material de construcción. Este cuerpo legal tomó como referencia normas y estándares internacionales vigentes como la Norma Técnica E 100 Bambú del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú y la norma NSR-10 Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente que se encuentran alineados a las reglamentaciones del INBAR (Organización Internacional del Bambú y el Ratán). Además, son citados también fuentes de repositorios académicos de distintas universidades tanto ecuatorianas como de otras nacionalidades.

Por lo expresado anteriormente, se comprueba la importancia que conlleva la realización de investigaciones para lograr el fortalecimiento de los conocimientos requeridos para un trabajo adecuado con la caña guadua al ser considerado un material de construcción. En los estudios seleccionados se puede observar como algunos son continuación de otros precedentes lo cual contribuye a su enriquecimiento con nuevas ideas innovadoras e incluso el lograr pasar de la teoría a la práctica.

Como puede inferirse, estos aportes brindados como trabajos de tesis de grado o artículos científicos a pesar de no contar con una constante producción en el tiempo o igual cantidad en un país u otro han sido fuente de consulta para generar como fue el caso de Ecuador una norma que permita dar seguridad a los profesionales de la construcción al momento de trabajar con guadua en sus proyectos.

REFERENCIAS

- Aguilar, P. (2019). *Análisis del comportamiento estructural del bambú del tipo "Guadua Angustifolia Kunth" como material de construcción en sustitución del hormigón armado* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17760>
- Águila, O., Cruz, M., & Caballero, K. (2019). Material alternativo como elemento estructural: “cerchas con bambú”. *Revista de Iniciación Científica*, 5(2), 72-76. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2507/3302>
- Bambusa. (2022). <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>

- Bonilla, D. & Merino, J. (2017). *Estudio de las propiedades físicas de la caña guadua y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17267>
- Builes, T. & Giraldo, C. (2011). *Estado del arte de la guadua como material alternativo para la construcción sostenible* [Tesis de pregrado, Universidad EAFIT]. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5451/Tatiana_Builes_Carolina_Giraldo_2011.pdf?sequence=10
- Busquets, D. (2011). Tenso-estructuras en bambú; estudio y aplicación del “colihue” como elemento resistente. *EKOTECTURA* 2011, 71. <https://urbanitta.com/wp-content/uploads/2021/12/El-libro-azul-arquitectura-sostenible.pdf#page=73>
- Castiblanco, L. & Torres, H. (2020). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de Guadua angustifolia en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/25180>
- Castilla, D. (2016). *La construcción de una casa de bambú y su análisis* [Tesis de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/1827>
- Córdova, P. (2014). *Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la caña Guadua Angustifolia Kunth del Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1423>
- Cuji, I. (2016). *Análisis de la caña guadua y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23506>
- Chamba, M. & León, O. (2020). El bambú y su importancia como un material estructural para la construcción. *Bosques Latitud Cero*, 10(1), 57-68. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/719>

- Chiluisa, J. (2020). *Determinación de la resistencia del bambú, como biomaterial de construcción* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6650>
- Dalal, A. (2021). *Estrategia para el uso alternativo del bambú como material sustentable para la construcción de viviendas verdes en Colombia* [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América]. <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8735>
- Dávila, M. (2018). *Diseño De Un Sistema Constructivo Con Bambusa Vulgaris En Un Centro Comunal Múltiple, En La Localidad De Shucushyacu-Yurimaguas 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30718>
- Echezuría, H. (2018). El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo. *Tekhné*, 21(2). <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/3673>
- Fernández, S. (2018). *Estudio estructural de una vivienda hecha de bambú caña guadua* [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8415>
- Gómez, L. & Díaz, W. (2017). *Unión metálica para estructuras en guadua* [Tesis de pregrado, Universidad La Gran Colombia]. <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3375>
- Granados, M., Bohórquez, R. & Barrientos, E. (2019). Análisis del comportamiento de la guadua “BAMBU” sometido a postensado. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 10(2 (2019)), 49-55. <http://revistas.unitecnar.edu.co/index.php/sth/article/view/19>
- Hernández, A. (2018). *Potencial estructural del bambú Guadua aculeata y su integración a un sistema constructivo para la vivienda unifamiliar” Caso de estudio: Estado de Veracruz* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2018/agosto/0778052/0778052.pdf>
- Herrera, J. & Viteri, L. (2018). *Estudio del comportamiento sismo-resistente en una estructura espacial de caña guadua sometida a carga lateral con inversión, utilizando una modificación de la conexión Simón Vélez* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19798>

- Jaramillo, S. & Torres, V. (2020). *Estudio del comportamiento sismo-resistente de una estructura espacial hexagonal de caña guadua reforzada con ladrillos artesanales, sometida a carga lateral con inversión y utilizando una modificación de la conexión Simón Vélez* (Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21123>
- Juárez, D. (2020). *Uso y rentabilidad del bambú como material estructural de construcción* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15946>
- Mamby, M. & Bernal, J. (2010). *Diseño de proyecto de la guadua como material alternativo para la construcción de viviendas sustentables en el km 10 vía al mirador Restrepo meta* [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6368/8/2018_diseno_proyecto_gadua.pdf
- Mendoza, J. & Rosales, J. (2014). *Uso de la caña guadua en la vivienda modular* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5218>
- Ministerio de agricultura y ganadería del Ecuador. 23 de noviembre 2020, <https://www.agricultura.gob.ec/cana-gadua-cultivo-con-potencial-para-un-desarrollo-sostenible-de-las-naciones/>
- Montoya, D. (2016). *Estudio de la composición y las propiedades mecánicas de los elementos de unión elaborados en guadua para estructuras poliédricas de puentes y otras aplicaciones* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira] <https://repositorio.utp.edu.co/items/54357ea9-60a2-40cb-919b-df40e32b19af>
- Narváez, L. (2013). *Desarrollo de losas con caña de guadua angustifolia y análisis comparativo estructural y económico con los sistemas de losas tradicionales utilizado en nuestro medio* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Ejército]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6857>
- Nolivos, J. & Yacelga, J. (2010). *Estudio de conexiones entre elementos estructurales de caña guadua sometidos a carga axial* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional] QUITO/EPN/2010). <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2651>

- Oré, K. (2021). *Guadua Angustifolia Como Material Estructural en Puentes Peatonales de la Zona Rural del Distrito de Pichanaqui* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. http://www.repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3290/T037_70770893_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paucar, M. & Benavides, A. (2019). Transición a la sostenibilidad de la arquitectura ecuatoriana contemporánea a través del uso de materiales naturales. *Eidos*, (14), 45-53. <https://congresoturismo.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/606>
- Pinto, M. (2013). Perspectivas del uso del bambú como material alternativo en la industria de la construcción en Panamá. *Mente & Materia*, 4(1), 18-19. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/mente-y-materia/article/view/337/pdf>
- Ramos, A. (2019). *Uso del bahareque de guadua con mortero en muros, y su influencia en la impermeabilidad de viviendas de bajo costo al clima lluvioso de la ciudad de Satipo Junín al 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Continental] <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9224>
- Severino, A. (2017). *Metodologia do trabalho científico*. Cortez editora. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uBUpDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT16&dq=severino+a.+j&ots=aIu2fx-XYy&sig=qwLcH_QkWOivpIrTx4UtRqCLbdQ#v=onepage&q=severino%20a.%20j&f=false
- Takeuchi, C. (2004). Comportamiento estructural de la guadua angustifolia. Uniones en guadua. *Ingeniería e investigación*, 24(2), 3-7. <https://www.redalyc.org/pdf/643/64324201.pdf>
- Torres, B., Segarra, M., & Bragança, L. (2019). El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 5, 389-400. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/view/3787/3414>
- Vásquez, J. (2019). *Análisis y diseño estructural de una "cubierta tipo" de bambú, para canchas de uso múltiple mediante el uso de los programas Revit, Robot y Etabs* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29778>

Valdiviezo, A. & Castillo, J. (2011). El bambú en México. *arq. urb*, (6), 223-243.

<https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/317/287>.

Zaragoza, I., Ordóñez, V., Bárcenas, G., Borja, A. & Zamudio, F. (2015). Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(3), 505-516.

<https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718->

[221X2015005000045&script=sci_arttext&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2015005000045&script=sci_arttext&tlng=en)