

Alternativas de materiales sostenibles para la protección de estructuras de bambú en la construcción

Diana Denisse Abraján López¹, José Fidel Navarro Arellano¹, Gabriela Orozco Gutiérrez²

¹ Instituto Tecnológico Nacional de México Campus Colima. Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana. Av. Tecnológico No. 1, Villa De Álvarez, Col. C.P. 28976, Colonia Liberación.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Área de Investigación Forestal. Carretera Colima-Manzanillo km. 35, C.P. 28925, Tecomán, Col.

Resumen

Este artículo presenta investigación documental referente a la búsqueda de alternativas sostenibles cuyas características y propiedades sean determinantes para su utilización en la protección del bambú utilizado como elemento estructural en la construcción de cubiertas para viviendas. Se realizó una búsqueda de materiales que han sido utilizados en otros países como alternativas para la preservación del bambú contra agentes como el intemperismo, plagas de insectos, obteniendo como resultado tres tipos de recubrimientos que ayudan a la reducción del costo en comparación de los utilizados convencionalmente y de estos 2 utilizan recursos naturales que son producidos en México. También se mencionan tres aceites de semillas naturales utilizados como repelentes de insectos y plagas, son fáciles de cultivar y pueden darse en diferentes zonas del país esto ayuda a que la construcción de viviendas con bambú sea más económica y al cuidado del medio ambiente.

Abstract

This article presents documentary research regarding the search for sustainable alternatives whose characteristics and properties are decisive for their use in the protection of bamboo used as a structural element in the construction of roofs for houses. Search was carried out of materials that have been used in other countries as alternatives for the preservation of bamboo against agents such as weathering, pests and insects, as a result they were obtained three types of coatings that help to reduce the cost these compared to other materials used conventionally and of these two use natural resources that are produced in Mexico. Also three oils from natural seeds are mentioned, these are used as repellents for insects and pests, these are easy to grow and can be found in different areas of the country, this helps to make the construction of houses with bamboo more economical and to take care of the environment.

Palabras Clave: Aceites, bambú, guadua angustifolia, preservación, recubrimientos

Keywords: Oils, bamboo, guadua angustifolia, preservación, coatings

1. INTRODUCCIÓN

Existen diferentes tipos de materiales utilizados como recubrimientos en la construcción de cubiertas con estructura de bambú, sin embargo, la necesidad de contribuir con el desarrollo de nuevas tecnologías en la edificación de viviendas que mitiguen el impacto ambiental y ofrezcan a los usuarios una alternativa para acceder a una vivienda segura y de bajo costo. Para considerar un material como sostenible, debe involucrar los principios que lo caracterizan: que sean de bajo costo (economía), que la sociedad pueda involucrarse en su producción (social) y que no genere un impacto negativo en el medio ambiente (ambiental).

A excepción de Europa, en todos los continentes existen un total de 90 géneros y 1200 especies de bambúes, en América encontramos 41 géneros y 514 especies lo que representa casi la mitad existente a nivel mundial (Sánchez, Espuna y Roux, 2016). Los bambúes del Género Guadua son considerados como una excelente opción para reemplazar al acero en la construcción de viviendas, debido a sus propiedades físicas y mecánicas,

además de sus características que lo posicionan como material sostenible en la industria de la construcción y por lo que son considerados “el acero verde”.

Guadua angustifolia es una especie comercial posicionada dentro de las 20 mejores del mundo por sus excelentes propiedades, por su gran tamaño (altura de 6 hasta 30 metros y diámetro de 20-30 cm) y por su utilización en la industria de la construcción, pues su ligereza y su flexibilidad lo hacen un material considerado como sismorresistente (Barnet y Jabrane, 2018).

Pertenece a la tribu de los bambúes leñosos (Bambusodae) la etapa de crecimiento que es la recomendada para la utilización en la construcción es la Guadua madura que va de 4 a 5 años, cuando tiene un color verde claro, cenizo, aparición moderada de manchas blancas llamadas líquenes y pocas o nulas hojas caulinares en la base (Gálvez, 2017).

Las partes más utilizadas que conforman la planta del bambú son: rizoma, cepa, basa, sobrebasa y varillón señalados en la Figura 1. De los cuales la basa y la sobrebasa son las que regularmente se utilizan en la construcción por ser la parte con un mayor diámetro que es lo que caracteriza a los elementos estructurales por su comportamiento frente a esfuerzos de flexión por la corta distancia entre nudos. El aprovechamiento del bambú comienza con el corte justo en el primer nudo presente al ras del suelo el cual se realiza cuidadosamente para evitar astillamientos. Se deben utilizar herramientas adecuadas sobre todo si su diámetro es de gran volumen, lo recomendado es emplear una sierra lo que permite obtener un corte limpio y sano, el corte se efectúa al ras del primer o segundo nudo, otra recomendación es realizar el corte durante las estaciones más secas (Posada, 2015).

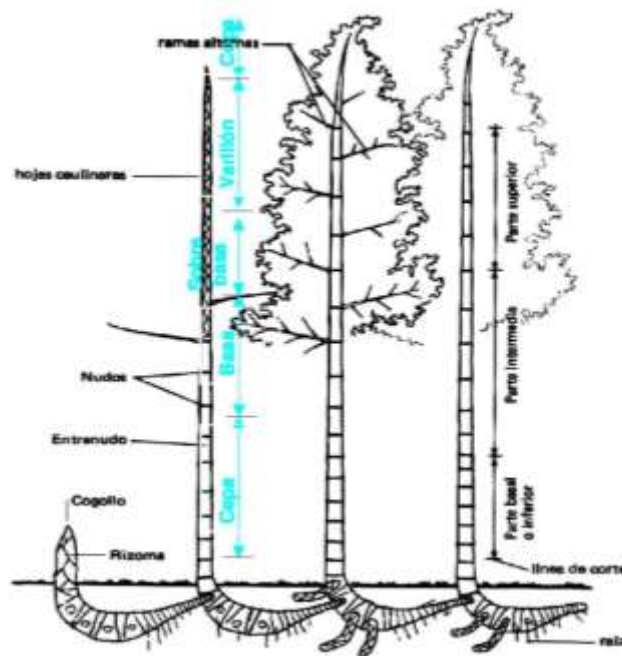


Figura 1. Sección longitudinal del culmo de bambú

Es importante realizar un proceso de preservado a la brevedad posible con la finalidad de reducir el deterioro y protegerlos de agentes como plagas y hongos. Existen métodos tradicionales y métodos químicos que se han utilizado a lo largo de la historia del material para su preservación.

Tradicionales

- Avinagrado: se colocan verticalmente, aislados del contacto directo con el suelo con piedras de 4 a 8 semanas. La savia de la planta produce un compuesto químico avinagrado que aleja los insectos (Carpio y Vásquez, 2016).
- Preservado en agua corriente: los tallos se sumergen en agua estancada o corriente por varias semanas procurando mantenerlos sumergidos colocando piedras encima (Batz, 2017).
- Preservado con humo: se acomodan los tallos en horizontal sobre carbones a una distancia adecuada para que no se prendan y se mantengan a baja temperatura durante 8 a 12 horas por 2 semanas (Soler, 2017).
- Preservado por calor: se llevan los tallos a fogatas hechas especialmente para poder calentar la parte del culmo de bambú o dentro de una cámara a temperaturas entre 120° y 150° Celsius durante un lapso de 20 minutos (Juarez, 2019).

Químicos

- Método de tanque abierto: Los tallos se sumergen en tanques con la solución preservadora (ácido bórico y bórax disueltos en agua) por varios días y así la solución penetra por difusión (De la Rosa y Vargas, 2019).
- Método de Boucherie: consiste en sustituir la sabia y los almidones con preservante (Ácido bórico, cloruro de zinc) se utiliza un sistema de ductos donde este se transfiere por gravedad desde un recipiente elevado (Galvez, 2017).
- Método de Boucherie modificado: con esta variante se reduce el tiempo de tratamiento, se logra aplicando presión al contenedor del preservante (ácido bórico y bórax) con una bomba o compresor para acelerar el proceso (Posada, 2015).
- Método de tanque abierto en frío y caliente: se sumergen los bambúes en un tanque con el preservante (ácido bórico y bórax), se calienta a fuego directo no más de 60°C, luego se deja enfriar. Otra forma es precalentar los bambúes para luego transferirlos a un tanque con el preservante frío (Galvez, 2017).

En cuanto a la protección de los fenómenos naturales como los rayos solares, la lluvia, entre otros se recubrimientos como:

- Teja de bambú: piezas de bambú divididas por la mitad, la primera capa se coloca con los bambúes derechos y juntos, con la parte interior hacia arriba, la segunda capa se coloca al contrario entre dos tejas de bambú de la primera capa. El techo necesita una inclinación mínima de 40 grados (Ordóñez, Mejía y Bárcenas, 2002).
- Cielo raso de caña chancada: se coloca la caña chancada con la parte lisa hacia el interior del ambiente (Morán, 2015).
- Tipo asfáltico sobre panel de madera: se ensamblan listones de madera transversales sobre la estructura, encima de los paneles se coloca el recubrimiento asfáltico (Morán, 2015).
- Tejas: el tipo de cubierta de teja es recomendada para climas templados y calientes. Las tejas de terracota son las más duraderas debido a su peso se debe tener en cuenta su carga adicional en la estructura se recomienda una inclinación mínima de 35 grados (Batz, 2017).
- Lámina: se recomienda en climas templados ya que no presentan aislamiento contra el frío y el calor. Se recomienda para usos industriales (Batz, 2017).

- Paja u hojas: la inclinación del techo debe ser de 45 grados para que el agua escurra, se recomienda que las vigas sean instaladas a no más de 60 centímetros de distancia para evitar que el techo se hunda (Sistemas de techos para construcciones en bambú, 2021).

2. METODOLOGÍA

El objetivo principal es encontrar materiales sostenibles que sean de bajo costo y amigables con el medio ambiente, cuyas características lo coloquen como alternativa para implementarse en la preservación del bambú utilizado como elemento estructural en la construcción de cubiertas.

El procedimiento metodológico para esta investigación consistió en el análisis bibliométrico y consultas de fuentes bibliográficas referidas a materiales con características aptas para ser utilizados como preservantes y recubrimientos para estructuras de bambú con la finalidad de ser implementados como una alternativa sostenible para la construcción de viviendas seguras y accesibles para personas de zonas rurales quienes en ocasiones tienen dificultades para acceder a materiales de alto costo. Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica en plataformas digitales.

Actualmente el uso de recursos naturales encontrados en diferentes regiones del país se ha ido potencializando en la búsqueda de un desarrollo sostenible es decir económico, social y ecológico logrando así un entorno humano amigable con el entorno natural y la disminución del deterioro del planeta

3. RESULTADOS

Después de realizar una búsqueda de información se describen 6 materiales (3 recubrimientos y 3 aceites) que se pretende puedan ser utilizados como alternativas para aumentar la vida del bambú en las construcciones, por sus características, propiedades y por ser recursos naturales al alcance de la población.

Recubrimientos

- Mortero con mucílago de nopal

El nopal (*Opuntia* spp.) es uno de los materiales bióticos significativos de la cultura en México debido a sus variados usos. La sustancia viscosa de los nopales es conocida como mucílago hidrocoloide. Se obtiene al dejar reposar restos de nopal en agua, esta se comienza a volverse espesa (Cervantes, 2020).

En el marco del 10° Coloquio de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro se presentó un proyecto donde se analizaron las propiedades del nopal en el mejoramiento de la durabilidad de materiales a base (morteros y concretos) donde se concluyó que la adiciones de este material hace que se mejore la durabilidad del mortero al disminuir el transporte del agua y aumenta su resistencia, también permitió la disminución de grietas causadas por el tiempo y degradación del acero (La adición de nopal a los materiales de construcción aumenta su durabilidad, 2017).

Por su parte en el Instituto Politécnico Nacional estudios de la mezcla de cemento, grava, arena, agua y *Opuntia*, demostraron la eficiencia de la durabilidad en la etapa de endurecimiento, que además demostró

tener mayor resistencia mecánica e impermeabilidad que el concreto tradicional y contribuye a la protección del acero de refuerzo (Mucílago de nopal mejora propiedades del concreto, 2018).

Las características de un mortero a base de baba de nopal (arena, arcilla y baba de nopal) que puesto a prueba y analizado se obtuvo que podía mejorar la impermeabilidad de las viviendas en la Ciudad de Otuzco, Perú, además de que al ser evaluado económicamente se concluyó ser beneficioso en la reducción de costos (Ac, 2016).

Por su parte Vilcas, 2020 desarrolló una investigación la cual se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) con adición de mucílago de nopal obtenido pedazos de 5cm x 5 cm de pencas jóvenes de nopal del tipo *Opuntia Ficus* en Chongos Bajo, y sumergiendolos en agua en una relación de peso 1:1 durante 72 horas como se muestra en la Figura 2 Obteniendo como resultado que las propiedades físicas y mecánicas de los BTC mejoraron con la adición de mucílago de nopal.



Figura 2. Obtención del mucílago de nopal

- Hormigón de cáñamo

Conocido como Hempcrete, “hemp” (cáñamo) y “concrete” (hormigón) se obtiene de la mezcla de las fibras de estopa rica en celulosa del cáñamo con cal y agua, el engrudo resultante se puede moldear y posee excelentes propiedades de aislamiento. La fibra del cáñamo mostrada en la Figura 3 se obtiene de la planta de *Cannabis Sativa*, su cultivo es fácil y es considerado uno de los que menos perjudica al medio ambiente ya que no necesita herbicidas, pesticidas, ni fertilizantes y tiene menor necesidad de agua a comparación de otras plantaciones con características similares. Según la empresa Zambeza (2016) a pesar de las grandes ventajas del cáñamo, no tiene la aceptación en varios países debido a las leyes sobre el cannabis. Dentro de las ventajas del hempcrete se tiene que es un material aislante, resistente en condiciones húmedas, tiene resistividad térmica, es un material pesado, interesante para diseñar edificios con estándares de arquitectura bioclimática, material de carbono negativo, debido a que el cáñamo es una de las plantas que más CO₂ es capaz de absorber durante su cultivo, resistente al fuego y las termitas, tiene propiedades antibacterianas y resistencia a los esfuerzos de tracción (Terreros y Carvajal, 2016).



Figura 3. Fibra de cáñamo

- Ferrocemento

Es una lámina de poco grosor conformada por mortero hidráulico con refuerzos como varillas o malla de acero de alambre fino. La diferencia con el concreto reforzado es que el ferrocemento tiene el refuerzo distribuido a lo largo de la sección transversal del elemento y se caracteriza por ser un material de poco espesor, flexible y fácil manipulación, compuesto por un mortero, refuerzo, aditivos y revestimientos.

Joseph Louis Lambot presentó la primera embarcación fabricada de mortero reforzado con varillas de acero y alambre en 1855 y también construyó artículos con un material que llamó “Ferciment” el cual menciona está sujeto a daños por el agua y la humedad. El ingeniero Nervi fue el primero en utilizar el material ferrocemento en edificios y otras construcciones se dice que él es el inventor del material como se conoce en la actualidad con las características de ser un material resistente, duradero, liviano y con fácil manipulación, compuesto de una malla de acero y mezclada con mortero de alta resistencia (Quiñones, Villacorta y C.B., 2019).

Dentro de las ventajas del hempcrete se encuentran su bajo costo y alta resistencia a la corrosión; sus características de incombustibilidad y alta impermeabilidad; proporciona seguridad y confort; tiene buena resistencia a la compresión, flexión y corte; y su gran aislamiento acústico (Ramirez, 2013).

En Guatemala se desarrolló un proyecto donde se presentó un modelo de cubierta novedosa y liviana utilizando recursos disponibles y materiales ecológicos con el fin de dar a las viviendas en zonas rurales y urbanas, un techo estructuralmente resistente. El diseño consiste de un sistema liviano de bambú-ferrocemento mostrado en la Figura 4 el cual demostró estabilidad y resistencia, soportando cargas mayores de dos veces los parámetros de diseños propuestos, por lo que es adecuado para la utilización en viviendas.

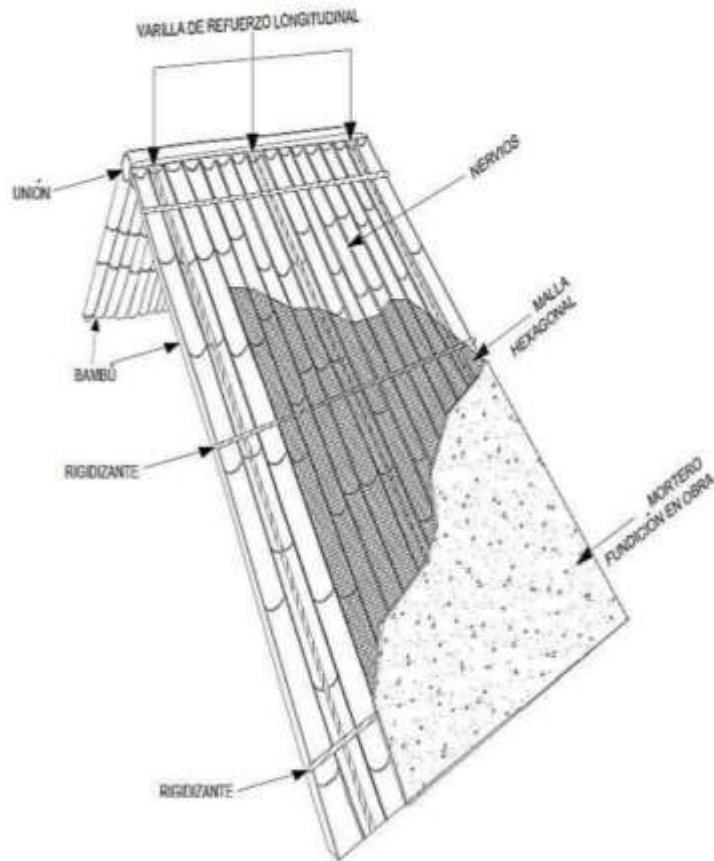


Figura 4. Esquema del sistema bambú-ferrocemento

Aceites

- Linaza

Se obtiene de las semillas de lino mostradas en la Figura 5, cultivadas de la planta *Linum usitatissimum*. Es utilizada comúnmente para el tratamiento y la conservación de la madera y la Guadua. Es una excelente alternativa en comparación a otros tratamientos que en ocasiones suelen ser tóxicos y poco respetuosos con el medio ambiente, ayudando a que evite la absorción de líquidos y humedad del ambiente, evita que insectos y otros animales pequeños la afecten y ayuda a repeler los rayos solares (Mannise, s.f.).

En la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias y los laboratorios del Programa de Cereales de la Facultad de Agronomía y de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) se realizó la producción de aceite de linaza cuya materia prima de obtuvo del Departamento de Cajamarca, en la Provincia de Cajabamba, en el distrito de Cachachi cuyo procedimiento fue primero la limpieza y selección de las semillas en buen estado mediante una criba de acero inoxidable, después se realizó la molienda a fin de quebrar las semillas utilizando 4 tipos de molinos (de discos artesanal, de martillos, de cuchillos y de discos de piedra), luego se realizó la extracción del aceite de la semilla mediante la operación de prensado utilizando 2 tipos (prensa hidráulica y de tornillo), por último el aceite obtenido fue

centrifugado para remover cualquier partícula extraña diferente al aceite que pudiera afectarla (Silva, Gallardo y Pascual, 2013).



Figura 5. Semilla de lino y aceite de linaza.

- Neem

El aceite de neem concentrado prensado en frío, proviene de las semillas de árbol *Azadirachta Indica* A.Juss y forma parte de la familia del caoba, se caracteriza por sus propiedades contra los insectos, además de ser considerado una alternativa ambientalmente segura ya que no se considera nocivo para el medio ambiente como los pesticidas sintéticos y generalmente tiene un precio bajo. Este aceite posee como agente activo la azadiractina, el cual funciona como insecticida natural (Ramirez y Ramirez, 2018).

Este producto natural es utilizado como alternativa para la preservación de maderas en Brasil por su ingrediente activo limonoide, azadiractina añadiendo aceite de ricino como propuesta de optimización del aceite de neem en la búsqueda de mejores propiedades anti-hongos y anti-bacterias (Gonçalves, Rocco y F.A., 2020).

En los laboratorios del área de química de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura se realizó la obtención de aceite de neem cuya materia prima se obtuvo de los árboles de dos zonas una de ellas el distrito de Tambogrande y la segunda fué la Universidad Nacional de Piura en el distrito de Castilla, el procedimiento comienza con la recolección de la materia prima (semilla con cáscara) mostrada en la Figura 6, lavado, despulpado y secado para después a la etapa del proceso de molienda usando un mortero de cerámica hasta obtener una especie de “torta”, se continuó con la extracción del aceite por solvente donde se remojó la “torta” en hexano por un periodo de 24 horas, luego se realizó la separación de la parte líquida y se colocó en un recipiente cerrado, por último se procedió a la separación del solvente por medio de un rotavapor al vacío (el líquido es colocado en un recipiente y se calienta a una temperatura mayor a 60° para la evaporación del solvente) quedando como residuo final en aceite de neem (Ramirez y Ramirez, 2018).



Figura 6. Semilla de neem recolectada del árbol Azadirachta Indica A.Juss.

- Cinamomo

Se obtiene de semillas cosechadas del árbol llamado Melia azedarach, cuyos frutos tienen propiedades insecticidas para el control biológico de plagas. Contiene aproximadamente cuatro compuestos activos de los cuales, azadiractina, salanina, meliantriol y nimbim son los principales y que han demostrado su acción insecticida. (Salle y Rech, 1999).

Provoca alteraciones fisiológicas, alterando el desarrollo y funcionalidad de diferentes tipos de insectos y plagas por su acción repelente.

Para obtener extracto de cinamomo se puede utilizar la hoja del árbol y dejarla reposar en agua durante 24 horas, en el laboratorio de fitopatología de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto se realizó la extracción de extracto de cinamomo con 150 gramos y 50 gramos de hoja seca por 1 litro de agua (Dávila, 2015).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En los últimos años es un hecho que uno de los problemas constantes y de mayor preocupación para la población, es el alto índice de contaminación que se presenta en el planeta y al ser de nivel global es necesario generar alternativas de solución para conseguir un menor daño en el ecosistema por la industria de la construcción y así disminuir los problemas que se generan diariamente al medio ambiente.

Los materiales analizados son alternativas innovadoras en investigación para el desarrollo de la construcción de viviendas con materiales sustentables como es el caso del bambú que en algunos países asiáticos es común encontrar edificaciones de este material con grandes propiedades, sin embargo, la falta de información y conocimientos generan la falta de popularidad e implementación en otros países del mundo.

Los materiales analizados no solo generan un menor impacto ambiental, sino que también pueden generar una reducción de costos debido a que se implementan materias primas que se pueden obtener de la naturaleza y ser producidas por los mismos habitantes de las regiones sobre todo en las zonas rurales, siempre y cuando se realicen de manera correcta y con los debidos requerimientos para obtener los resultados deseados.

REFERENCIAS

- [1] Ac, G. (2016). *Propuesta de Techo de bambú con ferrocemento para viviendas unifamiliares*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [2] Barnet, Y., Jabrane, F. (2018). *Diseño de proyectos con bambú en Lima como estrategia de difusión de un método constructivo alternativo y sostenible*. Revista Campus, 22(23).
- [3] Batz, M.A. (2017). *Cubiertas de techo utilizando cañas de bambú mampuestas de 2,5 metros de largo*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [4] Carpio, P.A., Vásquez, J.A. (2016). *Características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales*. Universidad Privada Antenor Orrego de Perú.
- [5] Cervantes, A.E. (2020). *Adobe orgánico elaborado con arcilla y mucílago de nopal, para construcción de centro ecoturístico en el Municipio de Acolman*. Instituto Politécnico Nacional de México.
- [6] Dávila, D. (2015). *Características y efecto biocida de productos vegetales para el control de pseudoperonospora cubensis, en el cultivo de pepinillo (cucumis sativus), en Lamas-San Martín*. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Perú.
- [7] De la Rosa, W.J., Vargas, W.X. (2019). *Identificación y análisis de patologías en la Guadua angustifolia kunth utilizada en la construcción*. Universidad Católica de Colombia.
- [8] Galvez, F.D. (2017). *Teoría, diseño y práctica con bambú, riesgo y sostenibilidad en San Antonio Suchitepéquez*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [9] Gonçalves, D., Rocco Lahr, F.A. (2020). *Deterioro y preservación de maderas mediante el uso de preservadores naturales de potencial interés en Brasil*. Bosque (Valdivia), 41(3), 213-220.
- [10] Juárez, D.A. (2019). *Uso y rentabilidad del Bambú como material estructural de Construcción*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [11] *La adición de nopal a los materiales de construcción aumenta su durabilidad*. (2017). Obtenida el 03 de diciembre de 2021, de la página electrónica: <https://iresiduo.com> 15.
- [12] Mannise, R. (n.d.). *Aceite de linaza para tratar la madera y las diferencias con el aceite de lino*. Obtenida el 17 de diciembre de 2021, de la página electrónica: <https://ecocosas.com>
- [13] Moran, J. (2015). *Construir con bambú (Caña de Guayaquil)*. Manual de Construcción. Perú.
- [14] *Mucílago de nopal mejora propiedades del concreto*. (2018). Obtenida el 03 de diciembre de 2021, Universidad Nacional Autónoma de México, de la página electrónica: <https://unamglobal.unam.mx>.
- [15] Ordoñez, V.R., Mejía, M.A., Bárcenas, G.M., (2002). *Manual para la construcción sustentable con bambú*. Zapopan (Jalisco, México): Comisión Nacional Forestal/Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico/Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología.
- [16] Posada, R.E. (2015). *Desarrollo de métodos alternativos de valoración de la calidad de la preservación, empleando sales de bórax en la Guadua Angustifolia kunth*. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- [17] Quiñones, O.J., Villacorta, C.B. (2019). *Impermeabilización de la cubierta de las casas de adobe en la ciudad de Otuzco caracterizando un mortero a base de baba de nopal en el año 2018*. Universidad Privada Antenor Orrego, Perú
- [18] Ramirez, C.M. (2013). *El ferrocemento como una alternativa de construcción viable*. Instituto Politécnico Nacional de México.
- [19] Ramírez, T., Ramírez, I. (2018). *Obtención y propuesta de producción por lotes de un repelente natural a base de aceite de neem*. Universidad de Piura, Perú.
- [20] Salles, L. L., & Rech, N. (1999). *Efeito de extratos de nim (Azadirachta indica) e cinamomo (Melia azedarach) sobre Anastrepha fraterculus (Wied.) (Diptera: Tephritidae)*. Current Agricultural Science and Technology, 5(3).
- [21] Sánchez, M.T., Espuna, J.A., Roux, R.S. (2016). *El bambú como elemento estructural: la especie Guadua amplexifolia*. Revista Electrónica Nova Scientia, 8(17), 657-677.
- [22] Silva, M.I., Gallardo, G., Pascual, G. (2013). *Caracterización físico-química del Aceite de Linaza (Linum usitatissimum L.) del Departamento de Cajamarca, Perú*. Infinitum., 3(2).
- [23] *Sistemas de techos para construcciones en bambú*. (2021). Obtenida el 12 de diciembre de 2021, de la página electrónica: <https://www.archdaily.mx>.
- [24] Soler, P. (2017). *Uso del bambú en la Arquitectura contemporánea*. Universitat Politècnica de València.

- [25] Terreros, L.E., Carvajal, I.L. (2016). *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo*. Universidad Católica de Colombia.
- [26] Villas, C.V. (2020). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de bloques de tierra comprimida con adición de mucílago de nopal en la ciudad de Huancayo, año 2019*. Universidad Continental de Perú.

Correo de autor de correspondencia: arqdenisseabrajan95@gmail.com