



Calidad de la vivienda de caña guadúa en Ecuador: Área rural vs área urbana

Quality of bamboo cane housing in Ecuador: rural area vs. urban area

Qualidade da habitação em cana de bambu no Equador: zona rural vs. zona urbana

Jéssica Lizbeth Cachiguango Llumiquinga ¹
jessica.cachiguango95@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0893-0734>

Correspondencia: jessica.cachiguango95@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de noviembre de 2022 * **Aceptado:** 12 de diciembre de 2022 * **Publicado:** 18 de enero de 2023

- I. Ingeniera Civil, Magíster en Ingeniería Civil, mención Construcción de Vivienda Social, Becaria de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación Investigadora Independiente, Ecuador.

Resumen

La caña guadúa, desde tiempos prehispánicos ha sido utilizada para la construcción de viviendas antisísmicas, pero ahora con técnicas más especializadas de la arquitectura y de la ingeniería las edificaciones son obras de arte estructural, otorgando una nueva oportunidad en su confort y calidad de vida, tanto las construidas en las ciudades como en el campo. Por ello, este artículo tiene como propósito primordial analizar la calidad de la vivienda de caña guadúa en Ecuador en su área urbana y rural. Es una investigación de revisión, de tipo documental y descriptiva. La calidad de la construcción, inicia con la selección de las cañas que se emplearan, para lo cual se debe contar con asesoría técnica especializada, siendo imprescindible regirse por la normativa en Estructuras de Guadúa (NEC-SE-GUADÚA, 2016). La calidad de las viviendas de guadúa disminuyen un poco en la zona rural, debido a la falta de servicios, pero existe la ventaja que los espacios son abiertos, y existen muchas alternativas sostenibles que se pudiesen poner en práctica, como la captación, almacenamiento y aprovechamiento de agua de lluvia, o con paneles fotovoltaicos, sistemas de cogeneración o generadores eólicos. Muchas de esas construcciones son hechas con material de mala calidad así como el sistema constructivo sin tener ninguna capacitación para realizarlo, sin tomar en cuenta normativas, ni controles de calidad, y por ello, muchas de las veces las personas ven a la caña guadúa como un material que denota pobreza y no como un material antisísmico óptimo para la construcción de viviendas.

Palabras Clave: caña guadúa; viviendas de calidad; diseño arquitectónico; sistema estructural; normativas.

Abstract

The guadúa cane, since pre-Hispanic times, has been used for the construction of anti-seismic houses, but now with more specialized techniques of architecture and engineering, the buildings are works of structural art, granting a new opportunity in their comfort and quality of life. both those built in the cities and in the countryside. Therefore, this article has the primary purpose of analyzing the quality of bamboo cane housing in Ecuador in its urban and rural areas. It is a review research, documentary and descriptive. The quality of the construction begins with the selection of the reeds that will be used, for which specialized technical advice must be available, being essential to abide by the regulations on Guadúa Structures (NEC-SE-GUADÚA, 2016). The quality of bamboo houses decreases a bit in rural areas, due to the lack of services, but there is the advantage

that the spaces are open, and there are many sustainable alternatives that could be put into practice, such as collection, storage and use of rainwater, or with photovoltaic panels, cogeneration systems or wind generators. Many of these constructions are made with poor quality material as well as the construction system without having any training to carry it out, without taking into account regulations or quality controls, and for this reason, many times people see bamboo cane as a material that denotes poverty and not as an optimal anti-seismic material for housing construction. **Keywords:** bamboo cane; quality housing; architectural design; structural system; regulations.

Resumo

A cana de guadúa, desde tempos pré-hispânicos, tem sido utilizada para a construção de casas anti-sísmicas, mas agora com técnicas de arquitetura e engenharia mais especializadas, os edifícios são obras de arte estrutural, concedendo uma nova oportunidade no seu conforto e qualidade de vida, tanto os construídos nas cidades como no campo. Portanto, este artigo tem como objetivo principal analisar a qualidade das habitações de cana de bambu no Equador em suas áreas urbanas e rurais. Trata-se de uma pesquisa de revisão, documental e descritiva. A qualidade da construção começa na seleção das palhetas que serão utilizadas, para as quais deve contar com assessoria técnica especializada, sendo imprescindível o cumprimento da normativa de Estruturas Guadúa (NEC-SE-GUADÚA, 2016). A qualidade das casas de bambu diminui um pouco na zona rural, pela falta de serviços, mas tem a vantagem de os espaços serem abertos, e existirem muitas alternativas sustentáveis que poderiam ser colocadas em prática, como coleta, armazenamento e uso de água da chuva, ou com painéis fotovoltaicos, sistemas de cogeração ou geradores eólicos. Muitas dessas construções são feitas com material de baixa qualidade e o sistema construtivo sem nenhum treinamento para realizá-lo, sem levar em conta normas ou controles de qualidade, por isso muitas vezes as pessoas veem a cana de bambu como um material que denota pobreza e não como um ótimo material anti-sísmico para a construção de moradias.

Palavras-chave: cana de bambu; habitação de qualidade; projeto arquitetônico; sistema estrutural; regulamentos.

Introducción

Actualmente, el crecimiento poblacional, la alteración medioambiental y la carencia de viviendas en buenas condiciones, afectan la calidad de vida residencial de los seres humanos. Archdesk (2021), revelan que el sector construcción es uno de los que más contaminan al planeta, contribuyendo en un 23% de la contaminación atmosférica, 40% de la contaminación del agua potable, y 50% de residuos en los vertederos. Del mismo modo, declara Sostenibilidad para Todos (2019), que a nivel mundial se consumen en construcciones el 50% de los recursos naturales y el 40% de la energía, siendo la energía empleada para la fabricación de materiales de construcción, necesitando en un promedio más de 2 toneladas en materia prima por cada metro cuadrado de construcción de una obra civil.

Desde hace unos años, muchos profesionales de la construcción se han preocupado por la conservación del entorno donde se habita y deben percibirlo como un medio seguro, siendo deber humano mantenerlo en buenas condiciones y preservarlo para el futuro de nuevas generaciones. Vanga et al. (2021), explican que surge la construcción de viviendas utilizando materiales naturales, como una alternativa considerada del medio ambiente y de las edificaciones, para aprovechar de la mejor manera los recursos naturales disponibles en una región, y reducir en un porcentaje el impacto negativo de otras construcciones.

Por lo que se necesitan de medidas contundentes para disminuir este conjunto de problemáticas, para solventar con la escasez de viviendas, que contribuyan a la preservación del medio ambiente y a su vez con el ahorro energético, al desarrollo de la región y beneficiar en la disminución de costos en la construcción de estas.

Por lo anteriormente descrito, erigir empleando recursos naturales, renovables y sustentables, es tendencia; por lo que hay que verlo como materiales alternativos en armonía con el medio ambiente y para la construcción de viviendas. Uno de los materiales más utilizados en este tipo construcción es la madera, por sus diversas ventajas, entre ellas están: óptima relación peso/rendimiento por su ligereza, seguridad estructural en cuanto a los sismos, estructura porosa e impermeable, resistente ante corrosión, agradable a la vista y siempre original (Cedeño, 2013).

En la República del Ecuador, el material abundante que se encuentra en estado silvestre y en mayor cantidad es la caña guadúa (*Guadúa angustifolia* Kunth), considerada como uno de los mejores bambúes del planeta para la construcción, por sus excelentes características botánicas y físicas (Balseca et al., 2017). El uso de la caña guadúa en el país, se remonta desde la época prehispánica y de acuerdo a estos mismos autores, aún hay personas que la considera como “un material que

expresa pobreza” (p.581). Sin embargo, actualmente es muy utilizada porque es apreciada como un sistema constructivo ecológico, y sencillo, cuyo material es obtenido en la zona. Según Cárdenas y Rincón (2016), es respetada por los ingenieros y arquitectos como un material potencial para ser reconocida “como el material de construcción más sostenible del planeta” (p.1).

Ahora bien, el diseño arquitectónico y el sistema constructivo con caña guadúa que se está implementando en el Ecuador, es la conjugación articulada de técnicas ancestrales y convencionales contemporánea (Rivera, 2018). Con la finalidad de construir viviendas de bajo costo, amigables con el medio ambiente, saludables para los seres humanos, que sus diseños sean sismoresistentes y perdurables, porque estarán expuestas a una variedad de desastres e impactos ambientales, riesgos y cambios climáticos constantes.

Este tipo de viviendas bioconstruidas como la denominan Vanga et al. (2021), pueden estar construidas en una zona urbana o una rural, que no se encuentre en un terreno de riesgo no mitigable, área protegida, en un lugar patrimonial o arqueológico. En la región urbana, la densidad poblacional es alta, las características generales de las viviendas es que generalmente están construidas verticalmente (edificios) o adosadas (bifamiliares o multifamiliares), poseen infraestructura y servicios mejor preparados de actividades diarias continua, cual es muy escaso ver una casa de caña guadúa en el casco central de una ciudad muy poblada. En la zona rural, estas viviendas son construidas en amplios terrenos, donde los diseños basados en el clima local funcionan de una mejor manera, por las propiedades amplias, de sano esparcimiento y menor contaminación.

No obstante, las viviendas de caña guadúa como otra cualquiera deben ser construida siguiendo los estándares más altos, y de acuerdo a las normativas vigentes de construcción de Ecuador, para que sea una edificación de calidad, indiferentemente en la zona donde sea construida. Por ello, es que surge la necesidad de analizar la calidad de la vivienda de caña guadúa en Ecuador en su área rural y urbana.

Metodología

Este artículo de revisión, es un estudio de tipo documental, fundamentado en la recopilación bibliográfica sobre la calidad de la vivienda con Guadúa *Angustifolia* Kunth (Gak) y donde son construidas, si en las ciudades o en el campo. La información recolectada fue obtenida desde una diversidad de fuentes con enfoque cuantitativo a partir de artículos científicos, libros, leyes y normas, documentos, publicaciones periodísticas, entre otras. Del mismo modo, la investigación

se fundamenta en la modalidad descriptiva (Palella y Martins, 2017), ya que describe la vivienda de caña guadúa como edificación de calidad, por los que los resultados son adquiridos de investigaciones anteriores y luego analizadas.

Resultados

La Caña Guadúa, un recurso natural de calidad

La caña guadúa es una especie de bambú, que se han identificado en el mundo como una de las 1200 especies existentes (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2016). Además es parte del grupo de gramíneas que se han adaptado mejor a diversos tipos de suelos y ambientes, ideal para formar bosques extensos (Cevallos, 2020). De las 24 provincias del territorio ecuatoriano, en 16 de ellas se encuentran de manera abundantes, esto se debe por las condiciones edafoclimáticas, que benefician su desarrollo en circunstancias naturales. En la siguiente tabla, el área abarcada se distingue por provincias.

Cuadro 1

Áreas con presencia de bambú en Ecuador

Provincia	Hectáreas	%
El oro	4.370	0,7
Esmeraldas	68.546	11,4
Guayas	43.825	7,3
Los Ríos	80.763	13,5
Manabí	145.529	24,3
Santa Elena	11.872	2,0
Santo Domingo de los Tsáchilas	44.126	7,4
Bolívar	6.754	1,1
Cotopaxi	19.047	3,2
Imbabura	7.702	1,3
Pichincha	26.581	4,4
Morona Santiago	42.806	7,1
Napo	22.245	3,7
Orellana	24.879	4,1
Pastaza	23.467	3,9
Sucumbíos	27.515	4,6
Total	600.025	100%

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Mesa Sectorial del Bambú, Red Internacional del Bambú y el Ratán, 2018.

Como se puede apreciar en la tabla 1, este bambú se manifiesta principalmente en las provincias costeras y en algunas zonas de la Sierra ecuatoriana, siendo la provincia de Manabí donde más se concentra el crecimiento de esta gramínea. No obstante, Mercado y Molina (2015) afirman que, la caña guadúa es muy empleada en esta región para la construcción de casas, pero que lamentablemente no hay muchas plantaciones y que los campos naturales han sido manejados incorrectamente y sobreexplotados.

Por otro lado, a partir de unos años, productores de las zonas se han organizado y han formado microempresas para el cultivo, centros de acopios, centros de producción e incluso escuelas de capacitación artesanal, para la siembra, cuidado, manejo y comercialización de las mismas, pero son muy pocas (USAID Ecuador, 2005). Estos espacios donde son plantados estos bambúes se encuentran en las zonas agrícolas, en los mejores terrenos para ser cultivados y alcanzar los mejores renglones de calidad para que sean empleadas en la construcción de obras civiles. El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial Santo Domingo de Los Tsáchilas (2017), señala que a pesar del valor agregado que tiene la caña guadúa, pocos productores le dan su debida importancia, porque solo se enfocan en el cultivo y no en el proceso posterior como es el secado, preservado para su comercialización, resaltando que solo el 89% es utilizado en la construcción de viviendas. García (2013), define 3 tipos de productores de caña guadúa: los que no poseen criterio técnico, que solo se benefician de las gramíneas, tal como las consiguen en la naturaleza y trabajan sin ningún conocimiento técnico; los productores con criterio técnico, que se encuentran en el reglón de pequeños, medianos y grandes productores que han permitido la asistencia técnica por parte de Organizaciones No Gubernamentales (ONG) para capacitarse e interesados en la producción, conservación, manejo y comercialización de la gramínea; y están los empresarios que son escasos, pero se han dedicado al cultivo de la caña guadúa gigante, manteniendo en todo momento estándares altos de calidad, ya que tienen expertos que gerencian y adiestran continuamente al personal para que el producto sea el mejor.

Es importante resaltar lo que expresa Morán (2015), que la calidad de la construcción, inicia con la selección de las cañas que se emplearan. Para ello se debe contar con asesoría técnica de expertos, primeramente para la preparación del suelo donde se cultivaran las guadúas, los ideales son los de texturas gruesas y medias, que se mantengan húmedos y a su vez con buen drenaje por lo deben ser areno-limosos, francos, franco-arenoso o franco-limosos y preferiblemente estar ubicados entre 0 y 1800 metros sobre el nivel del mar, la temperatura del sitio de plantación debe oscilar entre

20°C y 30°C y con humedad entre 75% y 80%, deben regarlas constantemente o estar en una zona con precipitaciones de 2000 a 2500 mm anual; para su siembra, es aconsejable hacerlo luego del invierno y en distancias de cada 5 metros (Mercado y Molina, 2015).

En cuanto a la fertilización, considera Benítez (2017), que el mejor método es analizando los suelos y haciendo un estudio foliar, para agregar la dosis exacta de fertilizante, también pueden necesitar la colocación de urea una vez al año. En relación a la recolección, asevera Martínez (2015), que debe ser selectiva, es decir, que si se trata de especies monopodiales se deben cortar solamente las maduras, en el caso de otras especies la recolección selectiva se hace cada 2 - 4 años cortando hasta un 30% del cultivo. Estos procesos se hacen en otoño o en invierno.

Morán (2015), propone que para alcanzar la calidad de construcción en las viviendas con bambú, se debe procurar que las cañas no tengan ningún tipo de fisuras, sin deformaciones o conicidad alta, evitar los huecos, los entrenudos muy largos y muy importante es que no posea pudrición o síntomas de enfermedad. La cosecha se debe hacer cuando el bambú haya llegado a su madurez, y el proceso debe hacerse con mucho cuidado. Para realizar los cortes, también hay que asegurarse hacerlo adecuadamente, es necesario el arreglo del tocón luego del corte para prever la regeneración natural de la planta y así asegurar la sostenibilidad de la producción.

Posteriormente del corte, a las cañas se les realiza un proceso de inmunización o curado, es cual se refiere a la expulsión de la sabia, para evitar que los insectos invadan la caña luego de cortada y aumentar la calidad del producto (EcoCiencia – INBAR, 2021). Seguidamente, se realiza el secado, bien sea por el método tradicional o comercial. Efectuados estos procesos están listas las cañas para ser transportadas al centro de acopio, despacho y comercialización.

Marco normativo de construcción de edificaciones con *Guadúa angustifolia* Kunth

En Ecuador, para la construcción de viviendas en caña guadúa, es imprescindible regirse por la normativa en Estructuras de Guadúa (NEC-SE-GUADÚA, 2016) y por supuesto, se deben considerar todos los aspectos técnicos de las Norma Ecuatoriana de la Construcción compuestas por: NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas) (2014); NEC-SE-DS: Peligro sísmico y requisitos de diseño sismoresistente (2015); NEC-SE-RE: Riesgo sísmico, evaluación, y rehabilitación de estructuras (2015); NEC-SE-GC: Geotecnia y diseño de cimentaciones (2014); NEC-SE-HM: Estructuras de hormigón armado (2014); NEC-SE-AC: Estructuras de acero (2014); NEC-SE-MP: Estructuras de mampostería estructural (2014); NEC-SE-MD: Estructuras de madera (2014); NEC-

SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m (2014); NEC-DR-BE: Viviendas de bahareque encementado de uno y dos pisos (MIDUVI,2016).

No indica que, todas las normativas se vayan a emplear para una vivienda de caña guadúa, solo las que se necesiten y de acuerdo al diseño de estas. De acuerdo a la provincia o cantón se debe adicionar las normas de permisos de construcción en donde se edificará y considerando que se encuentren en la zona urbana o rural. Sin embargo, estas normas ecuatorianas de la construcción son imperativas que se cumplan en todo el territorio nacional y considerado en todos los procesos constructivos para que alcancen la calidad constructiva, es decir, que la vivienda alcance la durabilidad en la construcción y que sea funcional.

Propiedades de la caña guadúa para la construcción de viviendas

Para medir la calidad de la caña guadua para la construcción de viviendas, es indispensable conocer sus propiedades físicas y mecánicas. Entre sus cualidades físicas, es que los tallos de las cañas están formados por 0,25 mm de espesor, que la hace densa, a su vez contiene una cantidad del 10% de sílice, superior a otras maderas, siendo de una mayor resistencia, como un acero superficial. Por esta característica de rigidez de la caña guadúa, la hace un material constructivo excepcional antisísmico (Bonilla y Merino, 2017).

Las cañas tienen una alta resistencia debido a la relación que tiene de acuerdo a su sección transversal y su peso, es decir, son cañas casi redondas, huecas y con tabiques transversales rígidos, que evitan que al momento de curvarse se rompan (Cevallos, 2020). Por otro lado, la textura de la vara hace que el corte longitudinal sea fácil, con simples herramientas de mano se puede realizar; también tiene pocos desperdicios y no posee corteza que descartar. Luego de curadas, almacenadas adecuadamente, la apariencia visual es lisa, dura y limpia con un color llamativo.

Otra característica física del Gak, es el contenido de humedad presente, porque dependiendo de su grado va a depender el comportamiento mecánico como miembro estructural, haciéndola vital dentro de la edificación (Moreno y Cendales, 2018). Ya que a mayor contenido de humedad en la guadúa, la durabilidad es menor, afectando su resistencia y su esfuerzo admisible ante cargas solicitadas (peso muerto y vivo, viento, sismo, entre otras). Según la Norma Técnica de Construcción en Caña Guadúa (2016), el contenido de humedad debe ser menor del 12%, por lo que es imprescindible que el secado debe ser óptimo.

La densidad del bambú, también es esencial para que el material sea de calidad constructiva, para ello debe estar en el rango entre 700 y 800 kg/m, el cual va a estar en función de la humedad, siendo

una propiedad importante porque va a establecer relaciones necesarias para los esfuerzos flectores que determinan el diseño estructural de la vivienda (Bello y Villacreses, 2021).

Entre las propiedades mecánicas de la Gak, se encuentra la resistencia a la flexión, la cual determina someténdolas a una carga si las fibras se fragmentan o no, sin embargo, esta característica excelente que tiene este material las fibras no sufre daño alguno, y puede soportar cargas comunes de las viviendas. Además las cañas se comportan de manera elástica. Por otro lado, las membranas de su sección transversal son muy fibrosas, lo que hace es que la resistencia a la compresión sea elevada. Moreno y Cendales (2018), explican que los esfuerzos cortantes son más grande en el centro, haciéndolas nulas en sus extremos. Por lo que, para la construcción de edificaciones es conveniente el diseño a tracción y compresión, siendo sus mejores propiedades, por supuesto, tiene que cumplan con la Norma Técnica de construcción en caña guadúa (2016).

Otra propiedad importante es analizar, es el módulo de elasticidad-E, que de acuerdo a Soler (2017), el coeficiente debe estar en la compresión en 1,84 KN/cm, en la tracción en 1,79 y en la flexión en 2,07 KN/cm, destacando que estos valores doblagan al de la madera. Estas cualidades de resistencia y versatilidad, lo hace un material idóneo para estructuras sismoresistentes y en el caso de colapsar, menciona García (2013), existen pocos daños y su reconstrucción es rápida y sencilla.

La Caña Guadúa como material de construcción de viviendas

Sin importar la zona en la cual se construya, en ciudades o en el medio rural, se deben considerar algunos aspectos, destacados por Vanga et al. (2021): la superficie donde se edifica la vivienda no debe encontrarse en zona de riesgo, y deben cumplir con las exigencias mínimas desarrolladas por MIDUVI (2018), como se observa en la figura 1. Otro aspecto primordial es que disponga con los servicios públicos, siendo esta un requisito imprescindible para las urbes, ya que muchas ocasiones los habitantes originan desordenados asentamientos humanos, donde no consideran los servicios básicos.

Figura 1

Construcción de viviendas de caña guadúa en San Vicente, Manabí

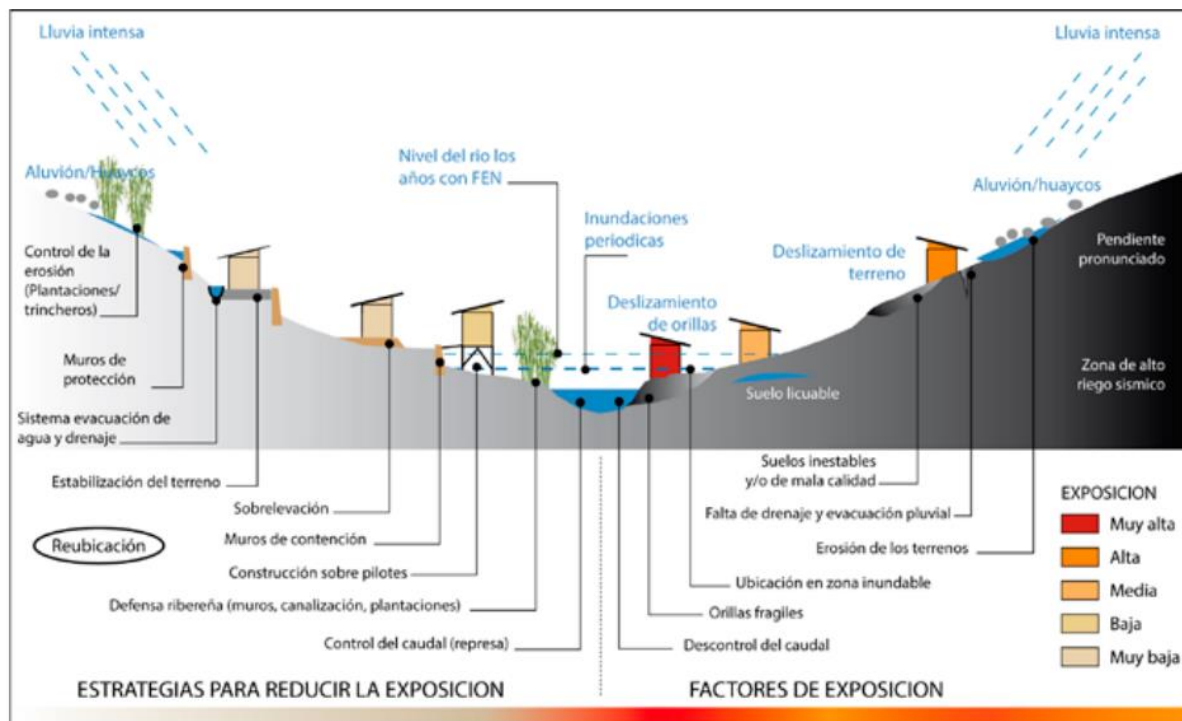


- Fuente: Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (2022).

Continuando con la idea, en el caso de encontrarse en las ciudades, es importante que la parcela a construir esté consolidada el área amanzanada. Del mismo modo, se debe revisar que la zona no se encuentre en una región sísmica, o amenazada por actividad volcánica, que no esté en cauce de ríos o área inundable o de deslizamiento, y que el suelo sea estable lejos de suelos inseguros, rellenados o dispuestos a la licuación (Morán, 2015), como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Estrategias para reducir la exposición del terreno y factores de exposición por evitar



Fuente: Morán, 2015.

Otro aspecto a considerar en la construcción de vivienda es la condición en la cual se encuentran los materiales a emplear, porque estos deben alcanzar la más alta calidad para garantizar las mejores condiciones de seguridad, así como la salud de sus residentes. Para ello, la selección de las cañas debe ser la idónea, es decir, que no tengan ningún detrimento, ni deformaciones, sin grietas, ni perforaciones, nada de arrugas, sin ningún tipo de enfermedad (Vanga et al., 2021).

En las zonas rurales, comenta Yann (2020), que se utiliza muchas veces culmos de calidad baja y sin ningún tipo de tratamiento, esto lo hacen recurridas veces para economizar, por ello es que las viviendas se dañan muy rápido. Para evitar estos inconvenientes, es recomendable comprobar la procedencia del material y condiciones. En cuanto la existencia del material, las guadúas se cultivan en el campo, y se comercializan en la zona, por tanto, el costo de transporte en el área rural resulta menos costoso, al contrario de cuando se construye en las ciudades, los precios son elevados, por estar establecidos esos gravámenes por kilómetro recorrido, por la región y el tipo de material a transportar.

Diseño arquitectónico y estructural de las viviendas con Caña Guadúa

El diseño arquitectónico de cualquier vivienda es imprescindible ya que a partir de él se distribuyen los ambientes, adaptándolo a las necesidades de los habitantes, y buscar el mejor beneficio para

todos. Por supuesto, este proyecto lo debe hacer un profesional (arquitecto), para entender, desarrollar y potenciar el espacio y cumplir con las normativas vigentes. Todo dependerá del número de habitantes de la vivienda para no sentir hacinamiento, pero generalmente la distribución de una vivienda es la siguiente: 3 habitaciones, 2 baños, Sala/Comedor, Cocina, 1 patio y 1 porche. Además considerar en el diseño, una buena iluminación y ventilación natural, para que sus habitantes tengan un buen confort dentro de la estructura.

Arcum Ingeniería (2023), sostienen que una vivienda edificada a partir de un diseño arquitectónico, aumenta el valor de la propiedad y por ende la calidad de los espacios, distintamente que estén en la ciudad o en el campo. Los diseños de las viviendas con caña guadúa pueden ser de 1 o 2 planta como se observa en la figura 3, dependiendo de las exigencias o requerimientos del cliente. Por otra parte, todo proyecto de una vivienda con Gak, señalan Loor y Véliz (2022), deben tener una adecuación cultural, es decir, que estén vinculadas estrechamente con sus costumbres y tradiciones con el fin de permitir a sus moradores desarrollar sentido de pertenencia.

Figura 3

Diseño de vivienda urbana totalmente industrializado y sostenible en Ecuador



Fuente: Muenala y Álvarez, 2020.

En cuanto al diseño estructural de la vivienda, se debe determinar mediante softwares estructurales para el cálculo y simulación de la misma, para establecer los esfuerzos actuantes admisibles sobre vigas y columnas, según las normas actuales (Espinoza y Guerrero, 2016). Y posteriormente, realizar el análisis de Precios Unitarios para calcular el presupuesto final. En este diseño estructural y tomando en consideración las excelentes propiedades físicas y mecánicas de la caña, la estructura debe soportar un terremoto, como el ocurrido en la provincia de Manabí, de magnitud 7.8 grados,

el 16 de abril de 2016, es decir, ser un diseño antisísmico, por tanto, el esqueleto debe ser sólido, simétrico, análogo y estable (Guevara et al., 2020).

Proceso de construcción de la vivienda de Gak, como elemento de calidad

Después de haber determinado adecuadamente el terreno de construcción, siendo el criterio más importante ya que hace a la vivienda segura, y los cimientos deben estar ubicados en una zona libre de inundaciones, y a pesar de ello, el terreno debe estar rellenado correctamente, con una mínima altura para evitar estar afectados por lluvia o por humedad (Morán, 2015). También hay que considerar que el sitio de la construcción debe estar libre de maleza o cualquier capa orgánica. Y realizar el replanteo, el cual va a indicar los límites perimetrales de la edificación, y donde se colocaran los elementos constructivos como vigas, columnas y paredes.

Para las cimentaciones, se recomiendan realizar un estudio previo del tipo de suelo, y de acuerdo a esto, realizar los cálculos, los cuales las fundaciones pueden ser de concreto simple, ciclópeo o armado, de acuerdo a las normas establecidas. Después, se construye el sobrecimiento, el cual puede ser de concreto o de bloques prefabricados, la altura mínima es de 20 cm, no obstante, esto va a depender de la zona, si es lluviosa o no, también debe poseer un canal donde las aguas de lluvia drenen a un lado y no entren en contacto directo con las bases de la estructura (Morán, 2015). En la base, se deben colocar elementos metálicos para asegurar las columnas de guadúa y conectar las paredes, tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Varillas de acero para conectar una columna y un panel de pared



Fuente: Morán, 2015.

Seguidamente, se continúa con el vaciado del piso, para ello, se debe hacer primeramente una capa de piedra, se hidrata y apisona la superficie natural para que compacte, y posteriormente se ubican los tubos correspondientes a las instalaciones sanitarias y eléctricas también anticipadamente calculadas. De acuerdo a Morán (2009), el piso debe estar 20 cm por encima del suelo natural. Otro elemento importante del diseño arquitectónico de las viviendas es construir accesos a personas con requerimientos especiales como sillas ruedas, pasillos, baños, entre otras.

Luego de la construcción del sobrecimiento, se procede a construir la estructura portante, es decir, la edificación de las vigas, columnas, viguetas, entre otras; las que soportan las cargas y estabilizan la estructura. En cuanto los paneles y las paredes pueden ser recubiertas por otro material distinto o simplemente dejarlas naturalmente, solo con pintura especial para protegerla del sol, de la humedad y de insectos (Morán, 2009).

Toda vivienda para que sea de calidad debe estar dotada internamente de instalaciones eléctricas y de instalaciones sanitarias, y es que son necesarias porque son servicios básicos ya que con electricidad se logra la comodidad, el confort y la conectividad con el resto de las personas, en cuanto a las instalaciones sanitarias, es esencial para el desarrollo saludable de los seres humanos, ya que es el agua potable y la evacuación de las aguas residuales domiciliarias. En la figura 5, arquitectos e ingenieros diseñaron una vivienda de 64 m², ubicada en la periferia noroeste de Guayaquil, donde se demuestra que las edificaciones de este tipo, se pueden construir en una urbe.

Figura 5

Vivienda de caña guadúa provista de servicios básicos



Fuente: El archivo digital arquitectura Panamericana, 2020.

Ahora bien, las ciudades están bien organizadas y generalmente los gobiernos ofrecen estos servicios, sin embargo, actualmente las urbes están creciendo muy rápido, esto se debe reiteradamente por el aumento de la población rural que se desplaza en busca de nuevas oportunidades, originando que los asentamientos humanos en las ciudades sean desordenadas, invadiendo las periferias desprovistas de cualquier servicio básico y levantando casas sin ningún control de calidad (Poveda et al. 2016). En la zona rural, también es más propenso a tener estos problemas (figura 6), sin embargo, por la amplitud del campo se pueden resolver a partir de otras alternativas, como almacenamientos de agua de lluvia, construcción de un biodigestor, paneles solares, entre otras.

Figura 6

Vivienda rural de caña guadúa desprovista de servicios básicos



Fuente: Vanga et al, 2019.

Otro elemento que se deben tomar en cuenta para que las viviendas con caña guadúa perduren son los techos, los cuales deben ser impermeables con distintos materiales, capaces de soportar las precipitaciones y el sol. Y finalmente, para su proceso constructivo, hay que tomar en consideración, el acabado final, tanto para incrementar la durabilidad, como por el valor estético, aumentando el confort y la calidad, para ello las viviendas de Gak, deben estar en mantenimiento periódico, mucho más que la madera (Moran, 2009).

Canelo e Hidrovo (2004), manifiestan que lo más importante para alcanzar la calidad en la construcción de viviendas con caña guadúa, es que la mano de obra para dicha construcción sea calificada, para ello es imprescindible vigilar y comprobar el trabajo que efectúan las personas que trabajar con este material. La mayoría de mano de obra calificada tanto para el cultivo, para el

corte, curado, almacenamiento de la caña guadúa y luego para la construcción y mantenimiento de viviendas con este material se encuentran en la zona rural, ya que en las ciudades están son los expertos en construcción en material convencional, como el concreto y el acero.

Calidad de la Vivienda en caña Guadúa en la zona urbana y rural

Como se ha visto, toda vivienda debe albergar a seres humanos que cumpla con requerimientos de confort y comodidad, también debe cumplir con estándares de calidad. En el siguiente cuadro se mostrará según la ONU-Habitat (2022), parámetros en los cuales se cumplen en las zonas urbanas o en zonas rurales.

Cuadro 2

Calidad de vivienda en caña Guadúa

<i>Ítems</i>	<i>Zona Urbana</i>	<i>Zona Rural</i>
Seguridad de la Tenencia - El propietario debe tener los documentos que lo acredita como dueño	Generalmente se cumplen	No siempre se cumple
Disponibilidad de servicios públicos	Regularmente hay servicios públicos	Escasos servicios públicos
Disponibilidad de materiales	No se encuentran en la zona	Disponible en la zona
Asequibilidad	Inversión económica pública o privada	Inversión económica pública o privada
Habitabilidad - Hacinamiento	Diseño arquitectónico de acuerdo al número de personas	Diseño arquitectónico de acuerdo al número de personas
Habitabilidad - Tipología	Adecuación cultural urbana	Adecuación cultural rural
Habitabilidad - Materialidad	Material resistente y sostenible	Material resistente y adecuado
Habitabilidad - Mantenimiento	Periódico	Periódico
Habitabilidad - Acondicionamiento lumínico y de ventilación	Servicio eléctrico	Escasos servicio eléctrico – Diseño arquitectónico bioclimático
Accesibilidad	Acorde a las necesidades de los habitantes	Acorde a las necesidades de los habitantes
Ubicación	Parcela propia o terrenos MIDUVI, que cumpla con las condiciones urbanas	Parcela propia o terrenos MIDUVI, que cumpla con las condiciones rurales.
Adecuación cultural	Diseño arquitectónico urbano	Diseño arquitectónico rural

Fuente: ONU-Hábitat (2022).

Desde el punto de vista de diseño arquitectónico e independientemente donde se ubique la vivienda, debe cumplir con las normas mínimas de espacios descritos en los lineamientos arquitectónicos

para viviendas de interés social de MIDUVI (2019), las cuales tendrán 2 o 3 dormitorios, contarán con un lado mínimo de 2.20 m, y uno de las habitaciones con lado mínimo de 2.70m, con respecto al área de cocina deberá tener suficiente espacio para la refrigeradora, lavaplatos, un lugar para manipulación de alimentos y estufa.

En el mismo orden de ideas, los pisos deben ser antideslizantes. En relación a los baños, el material de recubrimiento del piso será de cerámica o similar, el área de la ducha deben ser las paredes de material cerámico y el resto con recubrimiento con mortero de arena –cemento, para garantizar la privacidad; el resto de la vivienda el recubrimiento puede variar con tableros prensados de bambú o de cualquier otro material, con caña picada o con latillas de culmos de caña guadúa. En el cuadro 2, se explica que la forma y diseño de la vivienda debe ser de acuerdo a la adecuación cultural; el acondicionamiento lumínico y la ventilación deben ser suficientes para alcanzar el debido confort de los residentes.

Para finalizar, es importante indicar que, indistintamente donde se ubique la vivienda, si en la ciudad o en el campo, tiene que constar con un buen diseño arquitectónico y estructural, además de estar bien construida porque ella va a ser el foco de la convivencia familiar, de desarrollo social, con seguridad constructiva, contando con los servicios básicos necesarios, saludable y cómoda.

Conclusión

- La caña guadúa es un material idóneo para la bioconstrucción de viviendas, por ser amigable con el entorno, seguro, saludable, sismoresistente y económico, pero para que sean utilizadas como elementos de construcción es indispensable que desde el cultivo, corte, curado y almacenamiento sean tratadas con el mas sumo cuidado por expertos en la materia, ya que de ello, dependerá de la calidad del material y por ende, la calidad de la vivienda.
- La construcción de viviendas con Gak, en las regiones urbanas como en la rurales, son un poco distintas en cuanto a los diseños arquitectónicos, ya que los espacios o parcelas a construir son diferentes, por lo que incluye una adecuación cultural en ella, en las ciudades hay mucha contaminación, por lo que también el mantenimiento de la vivienda debe ser en menor plazo que la construida en el campo.
- La calidad de las viviendas de guadúa disminuyen un poco en la zona rural, debido a la falta de servicios, pero existe la ventaja que los espacios son abiertos, y existen muchas alternativas sostenibles que se pudiesen poner en práctica, como la captación, almacenamiento y

aprovechamiento de agua lluvia, o para la electricidad: paneles fotovoltaicos, sistemas de cogeneración o generadores eólicos.

Es importante indicar, que muchas de las construcciones de caña guadúa son hechas con mala calidad, tanto en los materiales que se emplean, como en el sistema constructivo utilizado. Muchas son personas del campo que han inmigrado a las ciudades agrupándose en las periferias de la ciudad, sin ningún control territorial, edificando en cualquier parte sin tomar en cuenta normativas, ni controles de calidad, construyendo con cualquier dimensión, afectando la rigidez, la torsiones y deformaciones del elemento, sin continuidad estructural y con una configuración estructural desordenada, por ello, muchas de las veces las personas ven a la caña guadúa como un material que denota pobreza y no como un material óptimo para la construcción de viviendas.

Referencias

1. Archdesk (2021). ¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente?. <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/>
2. Arcum Ingeniería (2023). La Importancia de un Diseño Arquitectónico. <https://arcumingenieria.com/importancia-de-diseno-arquitectonico/>
3. Asociación de Municipalidades Ecuatorianas - AME (2022). San Vicente: Municipio y Save The Children capacitarán sobre edificaciones seguras. <https://ame.gob.ec/2018/05/03/san-vicente-municipio-save-the-children-capacitaran-edificaciones-seguras/>
4. Benítez, E. (2017). Evaluación técnico-económica para la implementación del centro de acopio y producción industrial del bambú, guadua angustifolia Kunth, en la provincia de santo domingo de los Tsáchilas. 2016. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3f1bc0b6-d6fc-4265-ac8b-79852d7197ac/content>
5. Balseca, L.; Solórzano, S. y Bustamante, H. (2017). Producción y comercialización de la caña guadua en la provincia de El Oro. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/download/194/166/317>

6. Bonilla, D. y Merino, J. (2017). Estudio de las propiedades físicas de la caña guadúa y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17267>
7. Canelo, P. e Hidrovo, P. (2004). “EL ACERO VEGETAL” Una alternativa para la construcción y la promoción turística del Ecuador. <https://estudioeconomicos.bce.fin.ec/index.php/RevistaCE/article/view/249>
8. Cárdenas, C. y Rincón, C. (2016). La caña guadua como material de construcción sostenible. <https://www.numbersmagazine.com/articulo.php?tit=la-ca%C3%B1a-guadua-como-material-de-construccion-sostenible>
9. Cedeño, A, (2013). La madera. ¿Una alternativa para proteger el medioambiente?. <https://www.redalyc.org/pdf/1251/125130521012.pdf>
10. Cevallos, C. (2020). La caña guadua y su uso en la arquitectura: Intervención en la arquitectura vernácula y la arquitectura contemporánea en varios cantones de la Provincia de Manabí, Ecuador. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/4438>
11. EcoCiencia – INBAR (2021). COSECHA Y PRESERVADO DE LA CAÑA GUADÚA. Proyecto veedurías comunitarias para el monitoreo socioambiental en el Territorio Étnico Waorani. http://ecociencia.org/wp-content/uploads/2021/06/Manual_bamboo_Inbar_EcoCiencia.pdf
12. El archivo digital arquitectura Panamericana. (2020). CASA GLORIA: Vivienda social inclusiva con bambú. <https://arquitecturapanamericana.com/casa-gloria-vivienda-social-inclusiva-con-bambu/>
13. Espinoza, I. y Guerrero, J. (2016). "Diseño de una vivienda de dos plantas, sismorresistente con Caña Guadua. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/96361/D-CD70165.pdf>
14. García, C. (2013). Estudio de comportamiento de demanda para el uso de caña guadua y bambú gigante en Ecuador. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6595>
15. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial Santo Domingo de Los Tsáchilas (2017). Proyecto “Contribuir al fortalecimiento de la cadena agroproductiva de la

- caña guadua en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas”.
<http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/PROYECTO-FOMENTO-PRODUCTIVO-CA%C3%91A-GUADUA-05-04-2017.pdf>
16. Guevara, D.; García, M.; García, M. y Daza, J. (2020). Sismo-resistencia: la construcción de casas de caña guadúa. https://www.researchgate.net/publication/343295959_UNIVERSIDAD_TECNICA_DE_MANABI_INSTITUTO_DE_CIENCIAS_BASICAS_ARTICULO_CIENTIFICO_TITULO_SISMO-RESISTENCIA_LA_CONSTRUCCION_DE_CASAS_DE_CANA_GUADUA_AUTORES
17. Instituto Ecuatoriano de Normalización-INEN (2014). NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas). https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen-nec-se-cg%2026-1.pdf
18. Instituto Ecuatoriano de Normalización-INEN (2015). NEC-SE-RE: Riesgo sísmico, evaluación, y rehabilitación de estructuras. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_nec_se_re_26-3.pdf
19. Loor, M. y Véliz, J. (2022). Calidad de viviendas de interés social en caña guadua aplicados en el sitio Membrillal del cantón Jipijapa. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i9edespab.0052>
20. Martínez, S. (2015). Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ%20-%20Bamb%C3%BA%20como%20material%20estructural%3A%20Generalidades%20y%20aplicaciones%20y%20modelizaci%C3%B3n%20de%20una%20est....pdf?sequence=1>
21. MIDUVI, (2016). NEC-SE-GUADÚA. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>

22. MIDUVI, (2016). NEC-DR-BE: Viviendas de bahareque encementado de uno y dos pisos.
https://issuu.com/dealvarez/docs/guia_201_20viviendas_20de_20hasta_202_20pisos
23. MIDUVI, (2019). Lineamientos arquitectónicos para viviendas de interés social.
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/04/Anexo-1-Lineamientos-arquitectonicos.pdf>
24. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Mesa Sectorial del Bambú, Red Internacional del Bambú y el Ratán (2018). Ecuador: Estrategia Nacional del Bambú 2018-2022. <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2019/03/estrategia-nacional-bambc3ba-2018-2022-versic3b3n-resumida.pdf>
25. Morán, J. (2009). Construir con Guadua. Manual de construcción.
<https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2009-construir-con-guadua-manual-de-construccic3b3n.pdf>
26. Morán, J. (2015). Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) Manual de construcción. Tercera Edición adaptada para Perú. https://sheltercluster.s3.eu-central-1.amazonaws.com/public/docs/construir_con_bambu_peru.pdf
27. Muenala, J. y Álvarez, G. (2020). Industrialización en la construcción de vivienda de interés social en el Ecuador.
<https://arquitecturapanamericana.com/industrializacion-en-la-construccion-de-vivienda-de-interes-social-en-el-ecuador/>
28. Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015). NEC-SE-DS: Peligro sísmico y requisitos de diseño sismoresistente.
https://www.cconstruccion.net/normas_files/doc/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf
29. Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). NEC-SE-GC: Geotecnia y diseño de cimentaciones. <https://dokumen.tips/documents/nec-se-gc-geotecnia-y-cimentaciones.html>

30. Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). NEC-SE-HM: Estructuras de hormigón armado. https://cicp-ec.com/documentos/NEC_2015/NEC_SE_HM_Hormigon_Armado.pdf
31. Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). NEC-SE-AC: Estructuras de acero. <https://construccionesuce.wordpress.com/nec-se-ac-estructuras-de-acero/>
32. Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). NEC-SE-MD: Estructuras de madera. <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec8.pdf>
33. Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m. <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec1.pdf>
34. Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). NEC-SE-MP: Estructuras de mampostería estructural. https://issuu.com/gustavochoonlongalcivar/docs/nec_se_mp__mamposteria_estruc_
35. ONU-Hábitat (2022). Elementos de una vivienda adecuada. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>
36. Palella, S. y Martins, F. (2017). Metodología de la investigación cuantitativa. 4ta edición. ISBN: 978-980-273-533-4. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Venezuela.
37. Poveda, G.; Castañeda, Z.; Pilco, M.; Zuriaga, M.; Rivera, G. y Sacoto, D. (2016). Construcción de viviendas con caña guadua en el ecuador, una realidad amigable y sustentable. <https://www.eumed.net/libros-gratis/actas/2016/filosofia/construccion-viviendas-guido-poveda.pdf>
38. Rivera, Y. (2018). Construcciones en guadua: una técnica local en Colombia que debes conocer. <https://www.archdaily.cl/cl/892457/construcciones-en-gadua-una-tecnica-local-en-colombia-que-debes-conocer>
39. Soler, P. (2017). Uso del bambú en la arquitectura contemporánea. <https://es.slideshare.net/CadenaEdwin/uso-del-bamb-en-la-arquitectura-contempornea>

40. Sostenibilidad para Todos. (2019). Materiales de construcción no contaminantes. https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/materiales-construccion-no-contaminantes/?_adin=02021864894
41. Vanga, M.; Paredes, A.; Santamaría, N. (2019). Viviendas emergentes para la comunidad de Río Muchacho (Ecuador). <http://www.revistaespacios.com/a19v40n07/19400701.html>
42. Vanga, M.; Briones, O.; Zevallos, I. y Delgado, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. Revista Digital Novasinerгия, 4(1), 53-73. Epub 01 de junio de 2021. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.03>
43. Yann, B. (2020). Logros y desafíos de la construcción con bambú en el Perú: Reflexiones sobre experiencias contemporáneas en la Costa del Perú. Bambú para la Ciencia, Innovación y Tecnología. http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/forestales/revistas/CIB/BAMBUCYT_TERCERA_EDICION.pdf

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).