


# Alternativas de biomateriales para la sustitución parcial del concreto para disminuir el impacto ambiental

*Alternatives of biomaterials for the partial replacement of concrete to reduce the environmental impact*

<sup>a</sup>Javier Alfonso Cárdenas-Gutiérrez

 <sup>a</sup> Magíster en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos, javieralfonsocg@ufps.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, Colombia

**Recibido:** Mayo 22 de 2021 **Aceptado:** Agosto 27 de 2021

**Forma de citar:** J.A. Cardenas Gutierrez, "Alternativas de biomateriales para la sustitución parcial del concreto para disminuir el impacto ambiental", *Mundo Fesc*, vol 11, no. S2 pp. 288-299, 2021.

## Resumen

---

El presente artículo de investigación consiste en abarcar diversos tipos de alternativas que permitan contribuir no solo al medio ambiente sino también a la seguridad y salud de las personas, involucrando materiales provenientes de la naturaleza que permitan la disminución y sustitución parcial del cemento. El propósito de este artículo consiste en abarcar propuestas que mitiguen el daño ambiental ocasionado por los excesivos gases emitidos a la atmósfera y partículas contaminantes en los vertederos producto de actividades industriales como la cementera y además reduzca enfermedades ocasionadas a la población ante el contacto prolongado a este material siendo principalmente afectados los encargados de la fabricación y los obreros en el campo de la construcción. Se realizó un análisis comparativo a fin de distinguir cómo será el comportamiento de este material en cuanto a su resistencia, composición e impacto ambiental a diferencia del material convencional previamente sustituido en pequeñas fracciones; se realiza esta investigación de manera descriptiva y con aportes que sustenten la involucración de estos materiales sin ningún tipo de experimento y/o ensayos en laboratorios. Finalmente, se evidencia que muchos de estos problemas desarrollados durante el artículo, son ocasionados por malas prácticas en cuanto al tratamiento o manejo y como la naturaleza puede contribuir de una manera eficiente en procesos convencionales de la industria de la construcción.

**Palabras clave:** Alternativas, biomateriales, cemento, construcción, impacto ambiental, industria de la salubridad poblacional.

---

**Autor para correspondencia:**

\*Correo electrónico: javieralfonsocg@ufps.edu.co



## Abstract

---

This research article consists of covering various types of alternatives that allow contributing not only to the environment but also to the safety and health of people, involving materials from nature that allow the reduction and partial replacement of cement. The purpose of this article is to cover proposals that mitigate the environmental damage caused by excessive gases emitted into the atmosphere and polluting particles in landfills as a result of industrial activities such as cement and also reduce diseases caused to the population by prolonged contact with it. material being mainly affected those in charge of the manufacture and the workers in the field of construction. It is necessary to carry out a comparative analysis in order to distinguish how this material will behave in terms of its resistance, composition and environmental impact, unlike the conventional material previously substituted in small fractions; This research is carried out in a descriptive way and with contributions that support the involvement of these materials without any type of experiment and / or laboratory tests. Finally, it is evident that many of these problems developed during the article, most of them are caused by bad practices regarding treatment or management and how nature can contribute efficiently to conventional processes in the construction industry.

**Keywords:** Alternatives, biomaterials, cement, construction, environmental impact, industry, population health.

## Introducción

Dentro de la industria de la construcción, el cemento es el material más importante, ya que gracias a su composición este permite la ejecución de diferentes tipos de edificaciones (viviendas, puentes, edificios, entre otros); unifica la mezcla permitiendo que esta sea lo totalmente resistente y capaz de cumplir con las exigencias que imponen las normas de construcción a nivel mundial [1]. Tiene la capacidad de obtener un secado de manera rápida y graduada en un tiempo corto, a su vez este material presenta un comportamiento particular al alcanzar una dureza pedregosa, por esto es un conglomerante llamativo y sobre todo por su variabilidad y bajo costo, esto lo posiciona como un material indispensable en las obras y/o proyectos de ingeniería [2]. Este es un material que implica más costos en relación con los agregados que hacen parte de una mezcla de concreto, pero es parte fundamental como precursor de la resistencia de las estructuras de acuerdo a sus dosificaciones.

Además es un material muy conocido y sobre todo esencial en las construcciones ya que posee múltiples usos desde cualquier

arreglo elemental hasta grandes obras; la forma en que este es utilizado en los proyectos varía de acuerdo a su magnitud, ya que se emplean diversos procedimientos y parámetros que logran respaldar que el diseño se realice con control y seguimiento, por lo que en cualquier obra se debe evitar y reducir cualquier tipo de falla, ya que no solo se expone la vida de los obreros y encargados del proyecto, sino a su vez a los participantes directos e indirectos que se encuentran cerca de ella [3]. Para la construcción en las obras existen responsabilidades dentro del manejo del cemento y en cuanto a su diseño de mezclas en el concreto, es decir, el trabajo que se realice en el presente debe garantizar el bienestar y la seguridad de la obra en el futuro (evitar que ocurra un daño durante su vida útil, no exista un deterioro prematuro y agresivo, entre otras causas); así como prestar atención a los debidos protocolos de seguridad para los trabajadores u operarios que tengan contacto con este material. [4] [5].

Estos materiales como el concreto son muy usados a nivel mundial, sin embargo se ha preocupado por el cuidado cada vez más del impacto al ambiente, y este se mueve cada vez en torno al cuidado ambiental, es

decir, la contaminación atmosférica es algo que está afectando a toda la población [6], no es algo que se pueda controlar (ejemplo, no tocar algún material que ocasione algún tipo de reacción adversa en el cuerpo); sino al contrario es algo que las personas perciben, pero no razonan para el cuidado propio (es común observar que cada vez más aparecen enfermedades respiratorias debido a agentes contaminantes). La fabricación y producción de cemento según datos estadísticos presenta una enorme cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (Al año se originan alrededor de 4000 millones de toneladas en la industria cementera, lo cual en porcentaje figura con un 8% de las emisiones totales a nivel mundial del dióxido de carbono); de acuerdo al ranking, se posicionan los países de China y Estados Unidos como principales agentes de contaminación y las fábricas de producción y elaboración del cemento presentan una contaminación elevada en el mundo, por lo que existe la necesidad de reducir su impacto medioambiental (Jorio, 2021). Se conoce que la industria cementera no es algo que se pueda disminuir en producción, pero sí controlar los gases que son emitidos por éste al ambiente ya que la construcción es algo que se mueve continuamente al desarrollo y su auge va en crecimiento lo que implica que las nuevas estructuras sean más resistentes viéndose involucrado directamente el cemento. [7].

Actualmente, en todas las obras de construcción se tiene en cuenta el tema de seguridad y salud ocupacional, ya que es una obligación para el bienestar y cuidado de los trabajadores involucrados en un proyecto, que necesitan de mayor control y vigilancia en el cumplimiento total de esta medida, pero se observa que cada vez son más casos que involucran dificultad en el sistema respiratorio, problemas osteomusculares debido a sobreesfuerzo físico, exposiciones cutáneas, entre otros [8]. Los diferentes tipos de empleados que se encuentran implicados

en las obras durante el desarrollo de las actividades, están en constante exhibición con factores que afectan su integridad y bienestar, por lo que entidades como la seguridad industrial y salud ocupacional están en la constante búsqueda de mitigar estos riesgos laborales [9]. Ante el manejo de este material de manera rutinaria y sin ninguna prevención, provoca que los trabajadores durante la ejecución de diferentes obras y a través de los años, de manera silenciosa y sin ninguna alteración, presentan diferentes patologías.

Es por ello que la industria de la construcción busca involucrar nuevas alternativas de desarrollo sostenible y como el medio ambiente está en la búsqueda de soluciones para mitigar su daño y conservar la vida de los recursos naturales renovables y no renovables, por este motivo existe la necesidad de unir estas dos corrientes y crear una propuesta que promueva el crecimiento y equilibrio sostenible del ecosistema [10]. Existe la necesidad de motivar a la sociedad y especialmente a los profesionales a explorar sobre qué materiales puedan contribuir en pro al desarrollo, donde al emplear cualquier procedimiento de elaboración y producción, este no sea nocivo y que por el contrario sea beneficioso y permita la reutilización de materiales [11]. En la nueva era de la construcción, a menudo se ven estudios sobre cómo incluir materia orgánica o cualquier otro tipo de material que presente propiedades favorables para el medio ambiente y que proporcionen seguridad al ser implementados en la línea de la construcción.

Esta actividad de la construcción tiene un crecimiento muy acelerado actualmente, que en un principio las personas se organizaban en grupos sociales donde se demarcaba la diferencia de acuerdo a las condiciones en que vivían, es decir, casas bien elaboradas y estructuradas para personas de alto nivel

económico y, pequeños lugares de resguardo para la gente de bajos recursos; lo que en ese momento no era un tema que atentara contra el ambiente, pero con el rápido crecimiento de la construcción los recursos cada vez más estaban siendo sobreexplotados, por lo que surgió la necesidad de realizar bio proyectos [12]. Al implementar un empleo total de materiales como cemento, acero y otros metales, estos aplican una notoria tensión sobre los recursos renovables y no renovables que le ocasiona al mundo un déficit alto de valor sostenible; por lo que actualmente es urgente concentrar áreas de conocimiento que, en conjunto con el confort social, equidad de un entorno y del ambiente, lidere y se consiga obtener un progreso razonable [13]. Una visión de esto es que se logre progresar mediante la preservación de los recursos naturales, no limitarse no más a la reducción de los materiales, sino involucrar materiales sostenibles a los cuales se les pueda encontrar una nueva función y no simplemente queden desechados.

Este trabajo tiene como objetivo analizar diferentes alternativas que permitan la sustitución parcial del cemento a partir de la implementación de materiales provenientes de la naturaleza con el fin de contribuir en la salubridad de la población e impacto ambiental.

El planeta tierra ha venido presentando constantemente problemas de contaminación debido a los gases de efecto invernadero, lo cual ha sido resultado de consecuencias irreversibles en cuanto al cambio climático; por ello es importante implementar propuestas que contribuyan con la reducción de estos gases contaminantes e investigar diferentes tipos de soluciones enfocadas en la disminución de la producción de cemento, ya que esta industria genera un porcentaje significativo de dicha contaminación. Por lo tanto, la idea es implementar alternativas que permitan sustituir parcialmente el uso de este material aglomerante en la

ejecución de proyectos civiles. Como aporte inicial, se proyecta formular y crear nuevas prácticas que permitan la vinculación de nuevos materiales en aquellos métodos o procesos convencionales para el cuidado medioambiental y bienestar de las personas inmersas en la construcción civil.

Por consiguiente, esta investigación aporta un conocimiento hacia el bienestar de la población, implementando otro tipo de materiales de origen natural, como lo es la caña de azúcar y el bambú, para que a partir de sus componentes estos actúen como aditivos totalmente efectivos a fin de reducir la composición química agresiva que conforma la elaboración del cemento. Todo esto está ligado a mitigar el daño social, ambiental y a contribuir de una manera sostenible el avance continuo de la construcción en camino a la conservación del ecosistema y a un mayor control en el bienestar y salud de los trabajadores que hacen parte del proceso de fabricación y ejecución de obras; además que sirva como aporte para la realización de futuras investigaciones, las cuales profundicen y sobre todo abarquen nuevos modelos y prototipos, que permitan indagar y vincular a la naturaleza como una alternativa de desarrollo sostenible y sustentable para la población.

### ***Marco Teórico***

El hombre durante la historia ha sentido la necesidad de implementar diferentes tipos de recursos naturales, es decir, en un primer momento se inició con la construcción de chozas o resguardos a partir de la paja, hojas secas y ramas provenientes de diferentes árboles; a medida que fue pasando el tiempo y con la investigación se fueron involucrando nuevos procesos que le brindaran resistencia y seguridad a las construcciones realizadas [14]. Pero a partir del crecimiento de la industria de la

construcción se apartaron estos materiales provenientes directamente de la naturaleza y fueron reemplazados por un proceso químico y extracción de materiales pétreos. El objetivo fundamental al implementar los biomateriales es garantizar la afinidad que esta va a presentar en relación con otros materiales, es decir, no presentar un daño agresivo a la hora de implementarse sino al contrario dar la solución previamente definida por su fabricante [15].

Así mismo el cemento es un componente fundamental en el diseño de mezcla, que en conjunto con otros materiales permiten la elaboración del concreto quien es encargado de brindar en las obras civiles una resistencia efectiva de acuerdo a los lineamientos de estudios previamente analizados y desarrollados. El concreto resulta de la combinación de agregados, agua, aire, aditivos y cemento; este último en conjunto con el agua forman una masa maleable, mientras que el agregado le da firmeza. Las propiedades de este se obtienen a partir de la composición de cada uno de los materiales, la manera como este responde ante diversos escenarios y el ambiente de donde fueron extraídos [16].

Cada uno de los materiales involucrados en la elaboración del concreto deben presentar un comportamiento lo totalmente adecuado que permita la conexión entre ellos y un resultado óptimo en el diseño, es importante destacar el cemento ya que es el que permite que se compacten todos los componentes a fin de generar una consistencia dura. El cemento se obtiene a partir de diferentes componentes químicos y materiales transformados, producto de diferentes procesos como la extracción, producción y fabricación. Este material debe poseer un análisis en cuanto a su naturaleza y estructura que permitan dar seguridad en cuanto a su resistencia y perdurabilidad, [17], [18], [19].

Al iniciar con un proyecto de construcción es fundamental realizar un estudio y diseño de la estructura, todo esto se lleva a cabo a partir de la resistencia de concreto requerida de acuerdo a la magnitud de la obra. Dentro de la resistencia del concreto es necesario conocer cómo va a ser su comportamiento ante la aplicación de cargas y la manera como este va a responder ante ellas en el tiempo; su habilidad a resaltar es el de resistir la mayor cantidad de esfuerzos hasta el punto de tenerse una falla dúctil y no de manera súbita [20]. Por lo tanto, no solo se debe identificar qué materiales se pueden adicionar para la disminución de la dosificación del cemento, sino también que se cumpla su función principal sin verse afectada la resistencia del concreto en cada uno de los elementos estructurales [21].

A partir de la instalación de fábricas cementeras y su auge en localizarse en diferentes puntos, ha inducido a que cada vez más exista una emisión directa de gases de efecto invernadero en la atmósfera, provocando no solo un daño ambiental sino también un desequilibrio en la salud de la población. Los gases que son emitidos en su mayoría a la atmósfera son producto de diversos procesos de fabricación de materiales de construcción lo cual representa una contaminación excesiva para el presente y secuelas sin reparo a futuro. Los gases de efecto invernadero o también conocidos por sus siglas (GEI) son el resultado de la agrupación de diferentes tipos de vapores contaminantes que se localizan en la atmósfera, muchos de estos son de diferentes tipos de procedencia ya sea por actividades que involucre la industria o por algún tipo de tarea del hombre (quema de árboles, gases emitidos por los vehículos, quema de llantas, basura, entre otros [22].

Para permitir el manejo de los diferentes materiales naturales que se desean involucrar, estos deben estar lo totalmente reducidos,

en su mayoría presentados como ceniza que permita la explotación del sustrato a emplear y que por su tamaño se pueda adicionar con mayor facilidad. Para la disminución del volumen se emplea la incineración, este siendo un concepto mayormente aplicado en los rellenos sanitarios quienes a partir de la implementación de la combustión y de diferentes controles logran un proceso limpio y sin afectaciones a la población; por lo cual este mecanismo sigue siendo vigente debido a su reglamentación y control en la emisión de gases [23].

Aterrizando en un contexto específico, Colombia es un país con diversidad de fauna y flora en todo su territorio, lo cual esto se da por la variedad de los pisos térmicos que el país posee. Durante los años, a partir de la naturaleza se ha logrado obtener extractos que en conjunto con otros tipos de materiales o productos enriquecen el desarrollo de alternativas que contribuyen como equilibrio entre el medio ambiente y la población. A través de los años ha sido evidente que los recursos naturales cada vez más se están agotando debido a las obras civiles, lo que conlleva a que exista un aumento en el daño ambiental, por lo que es importante tomar conciencia y crear proyectos rentables que beneficie a todos los sectores directa e indirectamente implicados y a su vez implementar materiales de origen natural que disminuyan el impacto negativo en el ambiente [24].

### **Materiales y métodos**

La presente investigación se encuentra fundamentada de manera cualitativa. Cuando se desea abordar la variable cualitativa en un trabajo investigativo, esta se analiza como la posibilidad de alcanzar una reflexión más detallada y minuciosa de cada uno de los conceptos que engloba algún tipo de problemática; este tipo de método resulta ser más amplio y sobre todo da la

posibilidad de incursionar en diferentes tipos de escenas que regulan cómo se va a introducir y a profundizar la investigación [25]. A partir del estudio cualitativo se evaluó el impacto ambiental que se genera, producto del proceso de fabricación y desarrollo de la industria cementera, con el objetivo de fomentar una alternativa que nos permita observar los resultados que se pueden obtener al involucrar dichos materiales de origen natural.

Para la realización de la investigación descriptiva se hizo necesario recopilar información y datos de documentos de investigaciones publicados en bases de impacto, que contengan ensayos, estudios de laboratorio y resultados de pruebas que permitieron realizar una caracterización y discriminación de la información. Siendo un estudio descriptivo que entra a funcionar cuando es necesario diseñar y analizar cada una de las cualidades y conceptos que han sido abordados en un estudio exploratorio; por lo que siempre busca indagar y modelarse a teorías exactas; es importante añadir que a su vez un estudio descriptivo puede implementar variables cualitativas o cuantitativas, dependiendo del ejercicio y la manera en cómo se va a trabajar el tema a desarrollar [26].

### **Resultados y discusión**

En el desarrollo de la investigación se recopiló información de diferentes clases de estudios donde se abarcan diversos tipos de materiales de origen natural, los cuales en conjunto con los elementos del concreto resultan como una propuesta alternativa para la sustitución parcial del cemento o un ajuste en su dosificación. A continuación, se postularon dos alternativas donde a partir de un cuadro comparativo se realice la descripción de cada una de ellas.

Tabla I. Alternativas de biomateriales para la sustitución parcial del cemento.

Ceniza de bagazo de caña de azúcar	Bambú
Uno de los residuos agrícolas que comúnmente se consigue en las industrias azucareras es el bagazo de caña de azúcar el cual, al realizarse la captación de su sustancia, el bagazo es finalmente incinerado representando cenizas sin alguna función final [27]. Este material por mucho tiempo ha sido fuente de materia prima para la preparación de endulzantes y/o azúcar que hace parte de los alimentos de la canasta básica familiar, por lo que propiamente, del material que fueron extraídos, representa un gran volumen sin ningún tipo de uso posterior.	El bambú es un material que ha hecho parte de la historia y es común familiarizarse con la cultura asiática debido a que fue empleado como materia prima para la elaboración de pequeñas casas que brindaran resguardo y protección en su época; de este material se deriva la guadua, la que actualmente ha representado un crecimiento en ser empleada en la construcción. Por lo tanto, por bambú se entiende aquellos tipos de plantas que presentan unas cualidades exclusivas en cuanto a su consistencia, estructura y longitud; este por muchos expertos es considerado como un material que posee una semejanza con el acero, pero con la particularidad de ser empírico sin ninguna clase de estudio que permita ser empleado en la construcción [28].

A partir de las alternativas expuestas anteriormente, se realiza un cuadro comparativo adicional que permite visualizar las diferentes opciones y/o resultados producto de cada investigación consultada, a su vez se realiza un análisis sobre el comportamiento y los aportes que manifiesta cada autor.

Tabla II. Proyectos e investigaciones, sobre la aplicación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

Proyecto	Autores	Resultado general	Análisis de la investigación
Análisis comparativo de resultados en el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como material sustituyente del cemento portland en el concreto.	Artículo elaborado en la Universidad Francisco de Paula Santander, por los estudiantes (Ruiz, Fuentes, Peñaranda & Semprun, 2020).	Se realizó un estudio para la sustitución parcial del cemento con cantidades del 20% y 40% de las cenizas de bagazo de caña de azúcar. Las cuales obtuvieron como resultado una reducción en la resistencia a la compresión por debajo del diseño, producto del aumento en la dosificación de la ceniza que fue realizado para la mezcla [29]. En la investigación se evidencia que al emplear algún tipo de material producto de la industria fabril, representa un acortamiento en las proporciones del cemento, lo que en su configuración arrojaría un resultado óptimo al ecosistema (Ruiz et al, 2020).	De acuerdo, a los resultados obtenidos se expone que para la sustitución parcial del cemento no es conveniente emplear los porcentajes de 20% y 40% de ceniza en la mezcla en los elementos estructurales [29]. De esta misma forma, manifiesta que para una condición ideal es recomendable que el material sea procesado a una temperatura de 700 °C, llegando así a demostrar un mejor comportamiento [29]. En las actividades industriales, comúnmente se obtienen residuos de diferente índole, por lo que, al destacar un resultado positivo al ecosistema, es conveniente seguir realizando estudios y profundizando en cuanto a su comportamiento y resistencia con el cemento [30].
Comparación de las resistencias a compresión y flexión del concreto adicionado con las cenizas de bagazo de caña de azúcar con el concreto normal $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .	Tesis elaborada por el estudiante (Mariano, K., 2019) por la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.	Se realizaron diferentes ensayos y pruebas que permitieron agrupar la información de manera comparativa para observar el comportamiento del concreto al añadir las cenizas de bagazo de caña de azúcar frente al concreto convencional [31].  Se determinó que, al aumentarse la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar sin algún tipo de proceso calorífico, este arroja bajos índices de su resistencia a compresión. En cambio, al realizar el procedimiento a altas temperaturas, este presenta un aumento en dichas resistencias con un 5%, 10%, 15% y 20% de reemplazo, lo que permite realizar un ajuste en la dosificación del cemento [32]. De acuerdo, a los porcentajes previamente mencionados, en estos se obtuvo, que ninguno alcanza el valor de la resistencia a la compresión del concreto comúnmente empleada ( $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ); y, además se obtuvo que ninguno logra presentar un crecimiento en la resistencia a flexión de acuerdo a la resistencia de diseño ( $f_c = f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ) en los lapsos de tiempo estipulados para el estudio (7, 14 y 28 días) [33]. [36].	En los resultados se obtuvo que, de acuerdo a los ensayos realizados, presentaron variaciones en cuanto a su resistencia y módulo de rotura según el ajuste de las proporciones de ceniza que se le adicionaron a la mezcla, por lo que ninguno alcanzó los estándares estipulados inicialmente [32].  De acuerdo, a los porcentajes establecidos y realizando una comparación entre ellos, se considera que el porcentaje del 5% llega a ser aceptable, debido a que la resistencia que se obtiene por esta, en el tiempo de 28 días, logra incrementar en un porcentaje de 2,64% la resistencia de diseño, siendo esta la requerida [32].  El costo y el presupuesto es un asunto importante a tener en cuenta en la elaboración de un proyecto, por lo que, de acuerdo a lo evidenciado al adicionar este tipo de biomaterial, en las proporciones anteriormente dadas, reflejan que dentro de un rango del 4% al 16%, logran disminuir el costo del concreto que se fabrica in situ y, en un rango del 1% al 6%, aquellos fabricados en obra [33]. [37].

Continuación **Tabla II.** Proyectos e investigaciones, sobre la aplicación de bambú

Proyecto	Autores	Resultado general	Análisis de la investigación
Bambú: una solución ecológica sustentable como material de construcción.	Artículo elaborado en la Universidad César Vallejo Filial Piura, por los estudiantes y el coordinador académico (Gómez, Rodríguez, & Ramal. 2020).	De acuerdo al estudio realizado, se permite corroborar que este material es una propuesta factible y razonable para la sustitución del cemento en la construcción, en vista que cuenta con múltiples características que lo hacen atractivo ya que es posible crear diseños innovadores y beneficiosos para el medio ambiente [34]. Por lo anterior es importante promover el uso del bambú en las obras civiles ya que además de tener cualidades en el proceso sísmico de una estructura y en otros factores, será el biomaterial que nos garantizará edificaciones con bajo impacto en nuestro ecosistema [34].	Con el fin de mitigar el deterioro del medio ambiente podemos observar que el bambú es una excelente opción a la hora de construir con materiales sustentables que reduzcan las emisiones contaminantes como las que produce en el proceso de elaboración del cemento portland.  Es de vital importancia el buen uso de este material a la hora de implementarlo en la construcción para así obtener su máximo provecho a tal punto en el que la calidad del resultado de la obra sea óptima y cumpla con estándares similares a los que son brindados por el cemento [34].
El bambú como alternativa de construcción sostenible.	Artículo elaborado por (Torres, Segarra & Braganca. 2019).	Debido a sus características el bambú es una de las plantas más usadas en la construcción, se calcula que una población muy grande de habitantes residen en edificaciones elaboradas a base de este material, lo cual lo convierte en un sistema de construcción con mayor auge [35]. Sobre todo, es estimado como un elemento variable por su conexión entre la resistencia y su peso, esta versatilidad permite que sea más flexible para su manejo y que pueda ser utilizado en numerosas aplicaciones, permitiendo la sustitución a las edificaciones comunes tales como las de concreto que a su vez el principal material es el cemento  Se puede señalar que este biomaterial también puede utilizarse como material plano, generando una facilidad y manejo en el proceso de modelación previa y un sencillo montaje, además de esto los materiales pueden ser reutilizados al desmontarlos y ser usados en posteriores proyectos [35].	Teniendo en cuenta el avance continuo que ha venido presentando, el rendimiento del material y la habilidad que este material presenta en cuanto a su vida útil, en casi todos los terrenos es posible afirmar que es una alternativa para mitigar el dióxido de carbono, así teniendo que los cultivos de bambú traería un impacto positivo para el medio ambiente [35].  A medida que pasa el tiempo toma más fuerza la idea de construcción con este biomaterial, en el mundo ya podemos observar proyectos a grande escala donde se encuentra involucrado el bambú, estos están programados a personas de bajo recursos ya que son de más bajo costo. Sin embargo, también tenemos que tener mucho cuidado con la duración de dichas edificaciones, ya que este no es inmune al fuego, humedad e insectos, lo que conlleva a tener más investigaciones para poder dar una solución a este problema [35] [38].

## Discusión

Tras realizar el análisis previamente expuesto, se evidencia que, al implementar las cenizas de bagazo de caña de azúcar, estas no son lo totalmente efectivas al ser aplicadas en el diseño del concreto ya que, al realizar diferentes tipos de variaciones en la mezcla, estas no alcanzan la resistencia necesaria de diseño y, además es un material que al realizarse un tratamiento térmico especial, le permite a la muestra la posibilidad de que esta sea aplicada en algún tipo de actividad constructiva, pero logrando su resistencia en un tiempo posterior a los 28 días de acuerdo a los ensayos previamente elaborados. Cabe resaltar que, aparte de ser un material que contribuye con la reducción del impacto ambiental, es viable en la reducción de los costos del proyecto en cuanto a la magnitud de la obra, lo cual lo convierte en un material más atractivo a ser objeto de estudio.

Haciendo énfasis en la segunda alternativa, se interpreta que, aunque no sea propiamente un aditivo para disminuir las dosificaciones del cemento, este permite que se pueda reemplazar los volúmenes de concreto y mortero, necesarios para la construcción de viviendas obteniendo diseños innovadores y únicos que solo son posibles de fabricar con este tipo de material



natural. Adicionalmente es un componente que presenta diversas facetas lo cual le permite acondicionarse a las diferentes exigencias y requerimientos constructivos, sin embargo, es de vital importancia realizar procesos de tratamiento y adecuación para obtener el mejor rendimiento de dicho material. Además, es importante añadir que este, al igual que las cenizas de bagazo de caña de azúcar, presentan bajos costos en cuanto a los materiales de la obra, por lo que es una alternativa viable en los diferentes proyectos para personas de bajos recursos.

### Conclusiones

Para el desarrollo y la profundización del artículo, se expusieron dos alternativas de biomateriales, con el fin de buscar una solución a la disminución parcial del cemento para reducir el impacto ambiental mediante la implementación de recursos naturales, por lo que se llega a la interpretación que, si bien son propuestas que contribuyen con altos índices en la conservación y mejoramiento del ecosistema, es necesario que sean sometidos a estudios más rigurosos con el objetivo de tener un mejor rendimiento de los materiales mencionados y puedan ser aprovechados continuamente en las obras civiles cumpliendo con las características y especificaciones que nos brinda un concreto convencional. Además, al ser materiales provenientes de la naturaleza, cada uno tiene un comportamiento distinto y único que requieren unos parámetros y lineamientos diferentes, para que estos sean lo totalmente efectivos y sobre todo sean aplicados en diversos sectores donde su resistencia sea óptima de acuerdo al proyecto donde se ejecute.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que estas dos alternativas, aunque resulta ser lo totalmente favorable en cuanto a contribuir en la disminución del impacto ambiental

ocasionado por los diferentes procesos industriales, no son una solución completa en las exigencias y parámetros que expone la norma sismo resistente colombiana (NSR-10), ya que en cada material se deben incluir procesos de vital importancia que le permiten el desarrollo correcto y adecuado. Por lo cual es necesario realizar investigaciones más profundas y detalladas en cuanto a la ceniza de bagazo de caña de azúcar que le permita obtener y garantizar una resistencia confiable y óptima a fin de ser implementada en la construcción, ya que aún no hay una dosificación exacta entre la ceniza de bagazo de caña de azúcar con relación al cemento; y con respecto al bambú, si bien es un buen material que presenta una excelente resistencia, existe la posibilidad de que se desarrollen investigaciones apropiadas que permitan estandarizar su aplicación y ser viables para un uso continuo e integral en la construcción.

### Referencias

- [1] P.J. Acevedo, "La bioconstrucción como una alternativa en la búsqueda de la sostenibilidad: el caso del bambú", *Revista internacional de desastres naturales, accidentes e infraestructura civil*, vol. 14, no. 1-2, pp. 1-4, 2014
- [2] B. N. Arias, "Consumo responsable: Educar para la sostenibilidad ambiental", *Aibi Revista de investigación administración e ingeniería*, vol. 4, no. 1, 29-34, 2016
- [3] T. L. Arias, "Valoración del impacto ambiental por la construcción de un combinado de bebidas al sur de Santiago de Cuba", *Tecnología Química*, vol. XXVI, no. 3, pp. 14-17, 2006
- [4] E. J. Barrientos Monsalve, "Comportamiento del concreto ante la fibra y ceniza volcánica", *Revista Mundo*

- Fesc*, vol. 10, no. 19, pp. 203-215, 2019
- [5] H. Bolognini, N. Martínez, y T. O. de Rincón, “Caracterización química y físico-mecánica de cementos adicionados de filer calizo en Venezuela”, *Revista ALCONPAT*, vol. 5, no. 3, pp. 190-202, 2005
- [6] H. D. Cañola. y C. Echavarría, “Bloques de concreto con aditivos bituminosos para sobrecimiento”, *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, no. 2, pp. 491-512, 2017
- [7] A. Calvo, “Análisis y simulación numérica del proceso de biodegradación por hidrólisis de biopolímeros en aplicaciones biomédicas” (Tesis de pregrado). Universidad Pública de Sevilla, Sevilla, España. 2013
- [8] J. L. Chan Yam, R. S. Carcaño y E. I. Moreno, “Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto”, *Ingeniería*, vol. 7, no. 2, pp. 39-46, 2013
- [9] S. A. Cemozac, “La importancia del cemento en una construcción”, *Cementos Moctezuma en Zacatecas*, pp. 1-1, 2020
- [10] V. P. Díaz-Narváez, y A. Calzadilla Núñez. “Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud”, *Revista Ciencias de la Salud*, vol. 14, no. 1, pp. 115-121, 2016
- [11] E. Vidau, “De la historia del cemento”, *Construcción y tecnología en concreto*, pp. 20-23, 2013
- [12] H. Gómez. S. Rodríguez. y R. Ramal, “El bambú: una solución ecológica sustentable como material de construcción”, *Rev. Tzhoeoen*, vol. 12, no. 2, pp. 253-26, 2020
- [13] J. C. Gómez y F. J. Farbiarz, “Procedimiento de diseño estructural conbase en las nsr-98, errores, ejemplos y propuestas de actualización”, *Dyna*, vol. 72, no. 147, pp. 7-21, 2005
- [14] M. F. Granados-Páez, R. Bohórquez-Rojas y E. J. Barrientos-Monsalve, “Análisis del comportamiento de la guadua “BAMBÚ” sometido a postensado”, *Revista sostenibilidad, tecnología y humanismo*, vol. 10, no. 2, pp. 49-55, 2019
- [15] Y. D. Araque. V. H. Córdoba y C. Y. de Meriño, “Emprendimiento sostenible: una opción para el crecimiento local”, *I+D Revista de Investigaciones*, vol. 11, no. 1, pp. 105-116, 2018
- [16] L. Huertas y P. Martínez, “Análisis de las propiedades estructurales del concreto modificado con la fibra de bagazo de caña” (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. 2019
- [17] D. Jaimes. J. Garcia. y J. Peñaranda, “Importancia del concreto en el campo de la construcción”, *Revista formación estratégica*, vol. 1, no. 2, pp. 1-13, 2020
- [18] L. Jorio, “Cómo el cemento pretende ser ecológico”, *SWISSINFO.CH*, pp. 1-10, 2021
- [19] J. Lira Olivares, “ECO-MATERIALES”, *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, vol. 23, no. 1, 2021
- [20] G. López-Ocaña, R. G. Bautista-Margulis, J. R. Hernández-Barajas R. A. Saucedo-Terán y H. O. Rubio-Arias, “Combustión de residuos sólidos municipales en un sistema de lecho fluidizado experimental”, *Universidad y ciencia*, vol. 24, no. 2, pp. 89-100, 2008

- [21] S. H. Lopes da Silva, C. Londero. & M. H. Medeiros y V. C. Pereira. & E. C. Monteiro, "Elección del tipo de cemento capaz de proteger al concreto de la corrosión de las armaduras sobre la acción de iones cloruros a través del análisis jerárquico", *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, vol. 5, no. 3, pp. 174-189, 2015
- [22] J. E. Martínez Guirao, "Riesgos laborales en la construcción: Un análisis sociocultural. Universitas-XXI", *Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, no. 23, pp. 65-86, 2015
- [23] K. C. Mariano. "Comparación de las resistencias a compresión y flexión del concreto adicionado con las cenizas de bagazo de caña de azúcar con el concreto normal" ( $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ) (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Hermilio Baldizan, Huánuco, Perú, 2019
- [24] C. Mendoza de Armas y G. Jiménez Narváez, "Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario", *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. 70, no. 2, pp. 8120-8122, 2017
- [25] L. F. Moreno, "La utilización de los materiales como estrategia de aprendizaje sensorial en infantil", *Opción*, vol. 31, no. 2, pp. 772-789, 2015
- [26] M. Navas y R. Villalobos, "Efectos en la salud de los trabajadores expuestos a cemento portland" (Tesis de especialización). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2013
- [27] P. F. Pernalet, Zoycris, F. A. Suárez, Madeleine. y A. Cateryna, "Fraccionamiento del bagazo de caña de azúcar mediante tratamiento amoniacal: efecto de la humedad del bagazo y la carga de amoníaco", *Bioagro*, vol. 20, no. 1, pp. 3-10, 2008
- [28] E. Rocha-Tamayo, "Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA", *Revista Nodo*, vol. 6, no. 11, pp. 99-116, 2011
- [29] A. F. Ruiz. C. J. Peñaranda. G. Fuentes y M. D. Semprun, "Análisis comparativo de resultados en el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como material sustituyente del cemento Portland en el concreto", *Revista sostenibilidad, tecnología y urbanismo*, vol. 11, no. 2, pp. 8-17, 2020
- [30] A. C. Salgado, "Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos", *Liberabit*, vol. 13, no. 13, pp. 71-78, 2007
- [31] M. T. Sánchez Medrano. J. A. Espuna Mújica y R. S. Roux Gutierrez, "El bambú como elemento estructural: la especie *Guadua amplexifolia*", *Nova scientia*, vol. 8, no. 17, pp. 657-677, 2016
- [32] R. M. Solís-Carcaño y C. Arcudia-Abad. "Study of the concretes compressive strength due to the combined effect of the water-cement ratio, the coarse-fine aggregate ratio and the source of the aggregates", *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 31, no. 3, pp. 213-224, 2008
- [33] R. G. Solís Carcaño, "Riesgos en la salud de los trabajadores de la construcción", *Ingeniería*, vol. 10, no. 2, pp. 67-74, 2006
- [34] M. A. Silva Kusy, "Los riesgos del trabajo en la construcción. Los casos de Rosario y Montevideo", *Economía, Sociedad y*

- Territorio*, vol. III, no. 10, pp.291-319, 2001
- [35]B. S. Torres y L. Bragança, “El bambú como alternativa de construcción sostenible”, *Extensionismo, Innovación y transferencia tecnológica – claves para el desarrollo*, vol. 5, no. 0, pp. 389-400, 2019
- [36] A. Tena, A. Liga, A. Pérez. y F. González, “Propuesta de mejora de mezclas para producir piezas de mampostería de concreto empleando materiales comúnmente disponibles en el Valle de México”, *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, vol. 7, no. 1, pp. 36-56, 2017
- [37]J. C. Toirac, “El suelo-cemento como material de construcción”, *Ciencia y Sociedad*, vol. XXXIII, no. 4, pp. 520-571, 2008
- [38] Y. C. Villamizar-Delgado, L. I. Cely-Illera y J. Cely-Niño, “Sustitutos del cemento: Un análisis bibliométrico de las tendencias y aportes desde 2013 hasta 2018”, *Respuestas*, vol. 25, no. 1, 195-201, 2020