

Artículo



Revista



Ciencia  
y Naturaleza

# La ceniza de bagazo de caña: un futuro sustentable en la construcción

Ricardo E. Vega Azamar  
Karla Del Carmen García Uitz  
Carlos A. Ramírez Pinto  
Julio C. Cruz Argüello


1166






Artículo

# La ceniza de bagazo de caña: un futuro sustentable en la construcción



**Cómo citar este artículo:** Vega-Azamar RE, García-Uitz KC, Ramírez-Pinto CA, Cruz-Argüello JC. 2025. La ceniza de bagazo de caña: un futuro sustentable en la construcción. Revista Ciencia y Naturaleza (1166).







L

a industria de la construcción es esencial para el desarrollo global. Sin embargo, la producción del cemento contribuye a la contaminación, el agotamiento de recursos naturales y se ha convertido en una fuente importante de gases de efecto invernadero, responsable de emitir aproximadamente el 8% de las emisiones totales de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), lo que lo convierte en un sector industrial con un impacto ambiental negativo.

Por lo anterior, descarbonizar la producción del cemento es crucial para la construcción sostenible y la mitigación del cambio climático, al reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$ , la industria del cemento se alinea a la lucha contra la crisis ambiental, para alcanzar la visión de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), al contribuir a un desarrollo sostenido y en armonía con el medio ambiente.

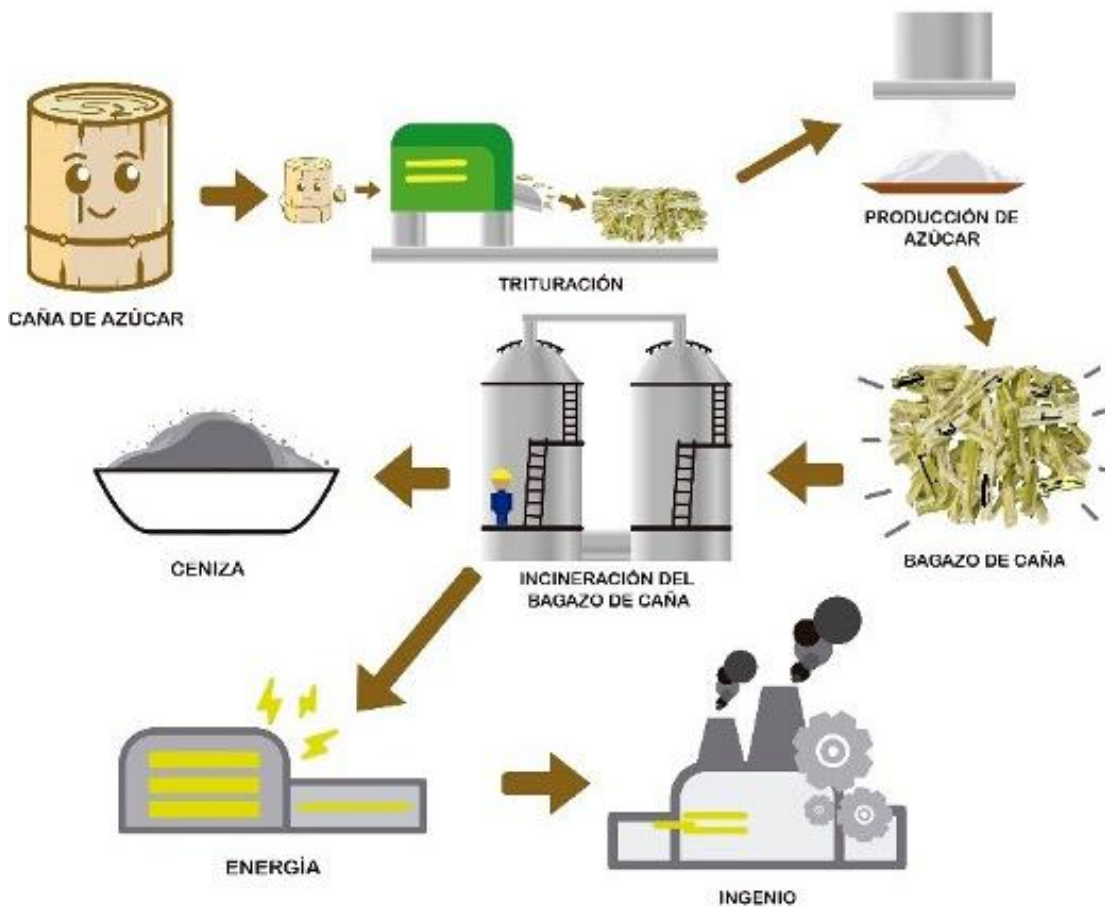


Actualmente se están realizando varias investigaciones para lograr la descarbonización, explorando con diversos materiales suplementarios alternativos como cenizas, escorias y humo de sílice, para reducir el uso de cemento tradicional, reduciendo la generación de residuos, generando innovación y la conservación de recursos naturales.



## ¿De dónde proviene el bagazo de caña?

El bagazo de caña es el residuo fibroso que queda del proceso industrial tras la extracción del jugo de la caña, en los ingenios azucareros (Figura 1). Este proceso genera residuos, los cuales son utilizados para obtener energía mediante la combustión en calderas y una gran cantidad de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBA) (ver significado en cuadro de conceptos).



**Figura 1.** Proceso de transformación del bagazo de caña en ceniza.

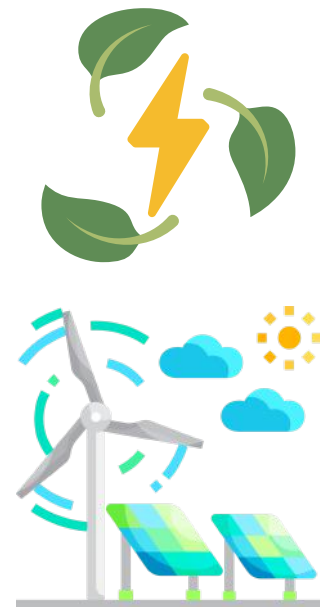


Las empresas azucareras a nivel mundial producen aproximadamente 200 millones de toneladas de bagazo de caña, de las cuales México aporta cerca de 12 millones de toneladas anuales, situándose como uno de los principales productores de caña de azúcar y, en consecuencia, de residuos de bagazo.



## *Ceniza de bagazo de caña y su uso en energía*

Este subproducto se utiliza comúnmente en procesos industriales para generar energía mediante combustión, lo que produce una cantidad significativa de ceniza. Esta ceniza, es acumulada en grandes masas y no son usadas para ningún tipo de actividad humana, sin embargo, aprovechar el bagazo de caña no solo ayuda a reducir residuos, sino que también promueve la sostenibilidad en sectores industriales diversos, que lo perfila como un recurso potencial para aplicaciones de construcción, al aprovechar sus propiedades para que puedan ser catalogadas como material cementante suplementario (SMC, Tabla 1).



Es importante mencionar que los componentes químicos que contiene la ceniza tales como la sílice, calcio, potasio entre otros, pueden influir en las diversas aplicaciones que se le da a este residuo orgánico.





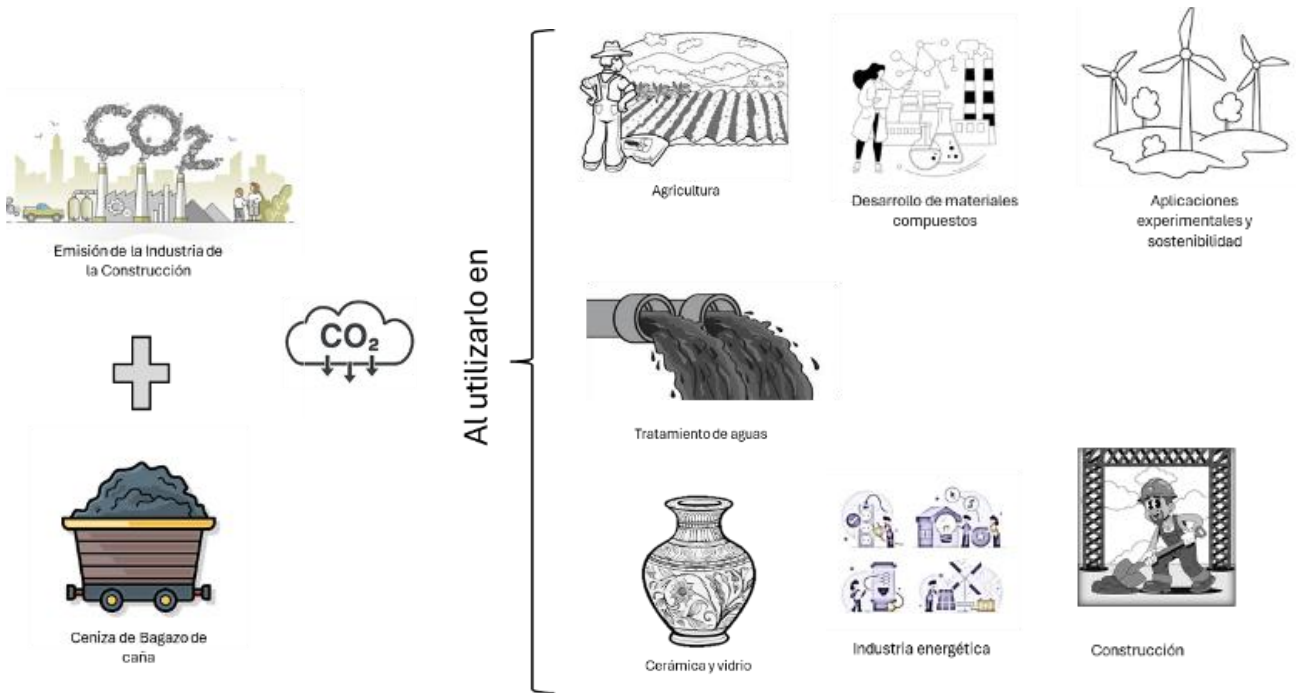
**Tabla 1.-** Propiedades de la ceniza de bagazo de caña

Propiedades	Descripción
Química	Alta cantidad de Sílice, óxidos de hierro, potasio, calcio y carbono residual.
Puzolanidad	Reacciona con cal en agua, formando compuestos cementantes (útil en construcción).
Absorción de Agua	Alta capacidad de retención de humedad (útil en agricultura y control ambiental).
Térmica	Baja conductividad térmica, buen aislante térmico (adecuado para materiales de construcción).
Neutralización	Efecto alcalinizante para suelos ácidos y suplemento de nutrientes minerales en agricultura.

## *Uso y aplicaciones de la ceniza de bagazo*



La ceniza de bagazo de caña ha cobrado interés en diversos sectores industriales debido a su alto contenido de sílice. Se pueden mencionar diversos usos y aplicaciones de este material en campos como la agricultura, el tratamiento de aguas y control de contaminantes, industria de la cerámica y de vidrio, desarrollo de materiales compuestos, así como en la industria energética (Figura 2). Lo que contribuye a la sostenibilidad mediante la reutilización de un subproducto agroindustrial, y también ofrece soluciones innovadoras para problemas ambientales, productivos y económicos.



**Figura 2.** Aplicaciones de la ceniza del bagazo de caña (CBA) en diversas áreas.  
Fuente: elaboración propia.

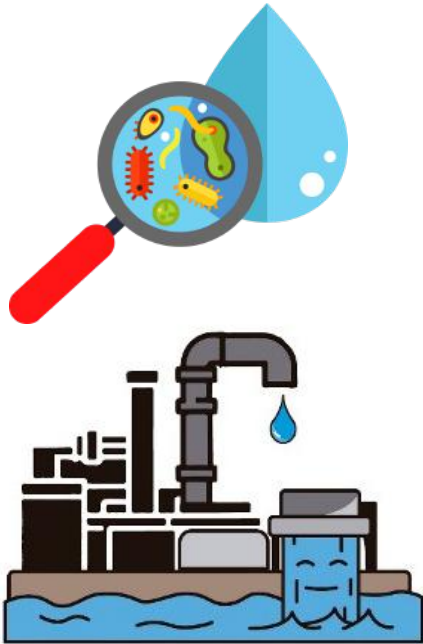
### a) Agricultura

La ceniza puede mejorar la eficiencia de los fertilizantes, ya que incrementa la disponibilidad de minerales esenciales y compensa su reducida capacidad de absorción en el suelo. Investigaciones recomiendan aplicar CBA directamente al suelo para enriquecerlo nutricionalmente, aprovechando su alto contenido de silicio y sustancias húmicas. Esto favorece la absorción de elementos por las plantas, especialmente de fósforo, evitando que éste quede retenido en el suelo. Además, se incorporan fertilizantes a la ceniza antes de su aplicación en el campo para aumentar su valor nutricional.





## b) Tratamiento de aguas y control de contaminantes



Puede utilizarse para el tratamiento de aguas residuales por su estructura porosa que permite la absorción de metales pesados como plomo, mercurio y cadmio y para la remediación de contaminantes ambientales ya que se utiliza como material de filtración, debido a su alta capacidad superficial que permite capturar los sólidos suspendidos y otras partículas. Además, en la industria minera y la textil, sirve para neutralizar los efluentes ácidos debido a su contenido de óxidos de calcio y magnesio.

## c) Industria cerámica y de vidrio

La ceniza de bagazo de caña contiene un alto porcentaje de material orgánico, (35 % de carbón). Los procesos de formación de vidrio se basan en composiciones de silicato, por lo que estos compuestos constituyen los principales componentes cristalinos de las vitrocerámicas. Por la concentración de sílice en altas cantidades, la CBA es utilizada en esta industria como aditivo en la mezcla de materiales para cerámicas y vidrios, ya que aporta mejor estabilidad estructural, resistencia al calor y calidad.







#### d) Desarrollo de materiales compuestos



En el desarrollo de materiales compuestos la CBC se ha empleado en la elaboración de polímeros biodegradables aportando una mejora en la resistencia y la durabilidad, lo que permite elaborar materiales ecológicos que ayudan a sustituir plásticos que sirven como material de empaque, construcción ligera y accesorios.

#### e) Industria energética

Por su baja conductividad térmica, la ceniza puede emplearse para optimizar el rendimiento energético disminuyendo el consumo de energía ya que sirve para la fabricación de materiales aislantes utilizados en las centrales térmicas e industriales, contribuyendo a reducir la huella de carbono.



#### f) Aplicaciones experimentales y sostenibilidad

En investigaciones recientes la CBA ha sido utilizada para producir nanopartículas las cuales tienen aplicaciones como catalizadores, en el diseño de sensores y materiales avanzados en medicina, lo que representa un avance para aprovechar el residuo de una manera innovadora que tiene un impacto positivo en el medio ambiente.





## g) Construcción sustentable con el uso de ceniza de bagazo de caña

La producción de cemento es responsable de contaminar la atmósfera con dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Diversas investigaciones han demostrado que la fabricación de una tonelada de cemento libera aproximadamente media tonelada de dióxido de carbono a la atmósfera. Por lo tanto, existe la necesidad de producir cemento alternativo en lugar del cemento Portland ordinario (OPC).



Es por ello por lo que, se ha utilizado la ceniza como SMC, mejorando sus propiedades mecánicas debido a la presencia de sílice y alúmina en su composición, que sirve como catalizador las reacciones puzolánicas. Hoy en día se está estudiando el uso de la ceniza como reemplazo parcial del cemento en concreto y mortero.

Los estudios demostraron que los morteros mejorados con ceniza de bagazo de caña, mantuvieron su resistencia y durabilidad durante períodos prolongados, mejorando la microestructura del polímero de concreto, convirtiéndolos en una opción viable para aplicaciones de construcción sustentable.

Se ha investigado en diferentes proporciones de reemplazo con CBA. Principalmente, se observó una mejora en la resistencia de los compuestos con esta ceniza. Sin embargo, se observó un porcentaje óptimo de CBA del 5 al 15% con las propiedades de resistencia más altas, la mejora en las propiedades de resistencia de los compuestos causada por CBA hasta la cantidad óptima podría deberse a dos factores: el efecto de relleno y reacción puzolánica.





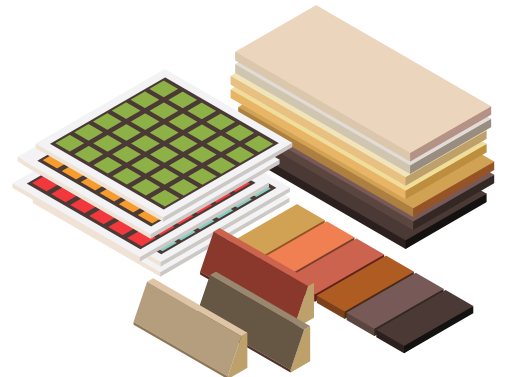


Un parámetro importante que hay que tomar en cuenta es el tamaño de las partículas ultrafinas de la CBA, ya que contribuyen a llenar los vacíos en la matriz, reduciendo la porosidad, mejorando el rendimiento del composite con una microestructura más compacta y densa.

Son importantes los estudios de evaluación del **ciclo de vida** (LCA) ya que pueden proporcionar una comprensión integral de los impactos ambientales de las CBA, desde la producción hasta la utilización en mezclas cementosas. Además, la CBA se puede utilizar para desarrollar materiales con mayor durabilidad, particularmente en entornos marinos. Lo anterior debido a la importancia de la evaluación de la resistencia a la penetración de iones cloruro, la optimización de las propiedades reológicas del CBA puede conducir a bajas emisiones de carbono, promoviendo así una construcción sostenible y eficiente.



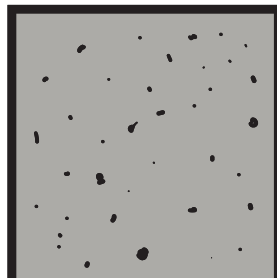
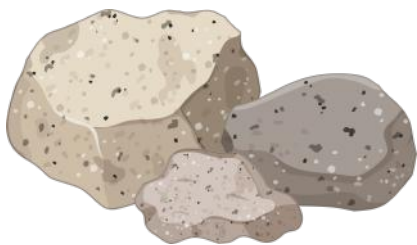
La investigación futura también puede explorar el potencial de la CBA para desarrollar materiales precursores. Se podrían crear **aglutinantes** de **geopolímeros** avanzados, impulsando la innovación en materiales de construcción sostenibles y de alto rendimiento.



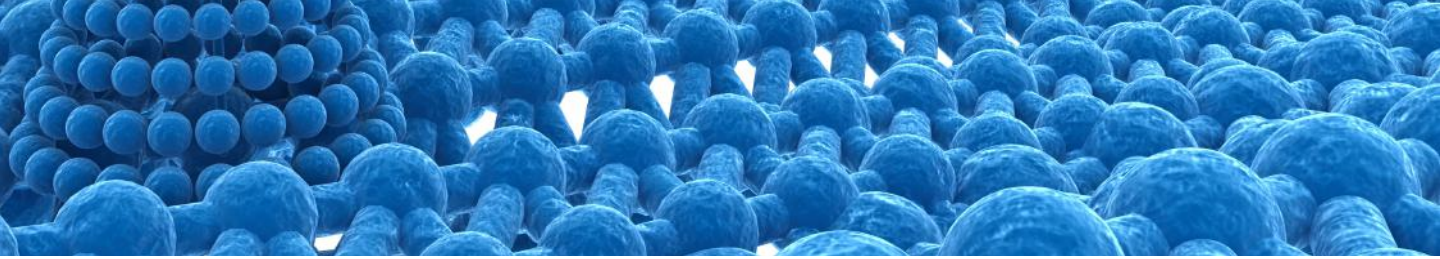


Algunos como **cretas para estructuras** a gran escala, **presas de gravedad** de concreto, **aliviaderos** de concreto forzado, **revestimiento de canales**, **cimientos de balsas** y pavimentos rígidos, para reducir la generación de calor de hidratación, mitigar el agrietamiento térmico y mejorar la durabilidad y la integridad estructural en aplicaciones de concreto masivo. Lo que permitiría una práctica a gran escala, que beneficiaría a la sociedad reduciendo los residuos y su gestión, para mitigar los impactos ambientales del cemento tradicional, tema significativo hoy en día para diversos países.

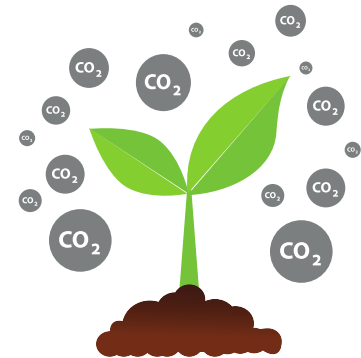
Nuestro grupo de trabajo actualmente está utilizando la ceniza de bagazo de caña como reemplazo parcial del cemento obteniendo un aumento significativo en la resistencia a la compresión del concreto, al mismo tiempo para potencializar los resultados se está utilizando nanopartículas de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). Es importante mencionar que se esta utilizando piedra caliza, material con características diferentes al cemento portland, lo que proporciona fases de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que ayudan a reducir la porosidad y aumentar la durabilidad.







Entre los resultados obtenidos se está documentando que la sinergia entre la ceniza de bagazo de caña y las nanopartículas de sílice es beneficiosa, pero depende de las proporciones correctas en que se realizan las sustituciones, comprobando que utilizando proporciones por arriba del 20% no es apropiado.




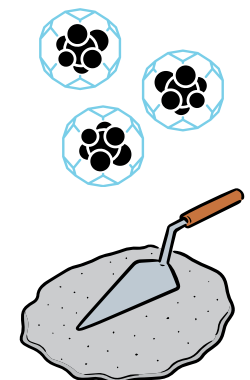
"No se trata nada más de resguardarse, se trata de manifestar la civilización a través de sorprendentes y prácticas construcciones."

*Álvaro Ancona*

## *Para llevar*

Esta investigación aporta conocimiento sobre el uso de residuos orgánicos en el área de la construcción, evaluando los efectos que conlleva la utilización de estos, ya que se busca mejorar las diversas propiedades del cemento utilizando el material en cantidades óptimas que proporcionen a los composites durabilidad, densidad, resistencia a la compresión, a las corrosiones y a la tracción, entre otras propiedades.

Los resultados proporcionan datos que se centran en el rendimiento y la implementación de la ceniza en el contexto de la construcción sostenible, utilizándola en proporciones óptimas del 5%, sin embargo, se ha empezado a trabajar con nanopartículas de  $\text{SiO}_2$ , analizando el porcentaje óptimo que potencialicen su rendimiento. El nivel óptimo no sólo mejorará el rendimiento de la mezcla de cemento, sino que también contribuye a la preservación del medio ambiente. 



# FUNDING

## Agradecimientos

El grupo de investigación agradece el financiamiento de este proyecto al Tecnológico Nacional de México (Proyecto 20904.24-P, "Estudio de la ceniza de bagazo de caña con adición de nanoesferas de SiO<sub>2</sub> como material cementante suplementario (SCM) para compositos base cemento"). K. García-Uitz y C.A. Ramírez-Pinto agradece a la Secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca posdoctoral y doctoral otorgada.

## Para Consulta

- Bahurudeen A, Kanraj D, Gokul V, *et al.* 2015. Performance evaluation of sugarcane bagasse ash blended cement in concrete. *Cement Concr Compos* 59. [[Link](#)]
- Lothenbach B, Scrivener K, Hooton RD, 2011. Supplementary cementitious materials. *Cement Concr Res* 41(12). [[Link](#)]
- Thomas BS, Yang J, Bahurudeen A, *et al.* 2021. Sugarcane bagasse ash as supplementary cementitious material in concrete – a review. *Mater Today Sustain* 15. [[Link](#)]
- Kanagaraj B, Anand N, Andrushia AD, *et al.* 2022. Investigation on engineering properties and micro-structure characteristics of low strength and high strength geopolymer composites subjected to standard temperature exposure. *Case Stud Constr Mater* 17. [[Link](#)]
- Montoya-Quesada E, Villaquirán-Caicedo MA, Mejía de Gutiérrez R, *et al.* 2020. Effect of ZnO content on the physical, mechanical and chemical properties of glass-ceramics in the CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system. *Ceram Int* 46(4). [[Link](#)]
- Hussien NT, Oan AF. 2022. The use of sugarcane wastes in concrete. *J Eng Appl Sci* 69(31). [[Link](#)]
- Rihan MAM, Onchiri RO, Gathimba N, *et al.* 2024. Assessing the durability performance of geopolymer concrete utilizing fly ash and sugarcane bagasse ash as sustainable binders. *Open Ceram* 20(100687). [[Link](#)]
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. [[Link](#)]
- Li Y, Chai J, Wang R, *et al.* 2022. Utilization of sugarcane bagasse ash (SCBA) in construction technology: A state-of-the-art review. *J Build Eng* 56. [[Link](#)]
- Yaseen N. 2024. Exploring the potential of sugarcane bagasse ash as a sustainable supplementary cementitious material: Experimental investigation and statistical analysis. *Results Chem* 10. [[Link](#)]





## Conceptos

- **Ceniza de bagazo de caña:** Residuo orgánico que se obtiene del proceso de caña de azúcar.
- **Material cementante suplementario:** Material orgánico que se agrega a la mezcla de concreto como reemplazo parcial, para mejorar la durabilidad, disminuir la permeabilidad, ayudar en la capacidad de bombeo y acabado, mitigar la reactividad alcalina y mejorar las propiedades endurecidas generales del concreto.
- **Catalizador:** Sustancia simple o compuesta que aumenta la velocidad de una reacción química.
- **Ciclo de vida:** Recopilación y evaluación de las entradas y salidas de materia y energía, y de los impactos ambientales potenciales directamente atribuibles a la función del producto a lo largo de su vida.
- **Aglutinantes:** sustancia que tiene la capacidad de unir partículas sólidas para formar una masa compacta y resistente.
- **Geopolímero:** Material sólido formado con aluminosilicatos y por activación de silicatos alcalinos como precursores. Los geopolímeros también suelen ser descritos como "polímeros minerales" y "polímeros inorgánicos".
- **Cretas para estructuras:** material calcáreo utilizado para la fabricación de cementos en la construcción.
- **Presas de gravedad:** Estructura hidráulica en la que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua.
- **Aliviadero:** Estructura hidráulica para el vertido controlado de una presa.
- **Revestimiento de canales:** Capa protectora que se aplica en las paredes y el fondo de un canal para reducir la erosión, evitar filtraciones y mejorar el flujo del agua.
- **Cimientos de balsas:** Base o estructura de soporte sobre la que se construyen depósitos de agua y que tienen como función garantizar la estabilidad de la estructura, evitando filtraciones y deslizamientos.
- **Nanopartículas:** Partículas que son más pequeñas de 100 nanómetros.
- **Concreto masivo:** Volumen de concreto con dimensiones lo suficientemente grande para hacer frente a la generación de calor por hidratación del cemento y el consecuente cambio de volumen, con el fin de evitar agrietamiento.



Crédito de imágenes en orden de aparición: dovis sangkuto (Getty Images, GI), Miguel A. Padrñan (Pexels, P), elerizo (Pixabay, Px), zhaojiankang (GI), Prosymbols, dimpleo-o, Ari (Corrohero), fcafotodigital (GI Signature), Rodolfo Santos (GI), pavelnaumov, goodstudio, Grapgraphic49, Baeh70H7-JQ, Muchamad Zaenuri (GI), fuwafain (Kani studio), klyaksun, karimitsu (GI), deemakdaksina, Vishwanath (Px), Mangostar Studio, Sketchify Spain, cwizner (Px), baianliang (GI Signature), Natali Barbani (sketchify), MF3d (GI Signature), Visual Generation, Little\_Monster\_2070, Macrovector, pedrojperéz (GI), goodstudio, Allan Faustino (sketchify), blueringmedia, EIRON (GI), thiptisland, Annie Masha, Invisual Studio, Pat Librojo, ourlifelooklikeballon. Crédito de figuras: Proporcionada por los autores. Los autores declaran que ningún párrafo ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con herramientas AI.

## Dra. S. Lizette Ramos de Robles y Dr. Arturo Curiel Ballesteros

Co-Editores Invitados, Número Especial

Objetivos del Desarrollo Sustentable y el canto de las sirenas: una evaluación crítica

Diseñado de publicación: Patricia Estrada



### Ricardo Enrique Vega Azamar

Doctor en Ingeniería, Universidad de Quebec, Canadá. Profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Chetumal y miembro del SNI desde hace 10 años. Sus líneas son la evaluación de la sostenibilidad en entornos construidos, el análisis de ciclo de vida energético y la huella de carbono. Pertenecer al SNII nivel I. [contacto: ricardo.va@chetumal.tecnm.mx](mailto:ricardo.va@chetumal.tecnm.mx)



### Karla Del Carmen García Uitz

Investigadora Posdoctoral en el Instituto Tecnológico de Chetumal, adscrita al Doctorado en Ciencias Ambientales. Sus áreas de interés son la química ambiental y el uso de materiales orgánicos y su potencial uso en la construcción. Pertenecer al SNII nivel C. [contacto: karla.gu@chetumal.tecnm.mx](mailto:karla.gu@chetumal.tecnm.mx)



### Carlos Andrés Ramírez Pinto

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chetumal, Quintana Roo, México. Ingeniero Civil y actualmente estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales en el Instituto Tecnológico de Chetumal. Enfoca su tesis en el estudio de sargazo como posible sustituto parcial de cemento, al mismo tiempo que aspira a ser un investigador y divulgador de la ciencia. [contacto: D12390316@chetumal.tecnm.mx](mailto:D12390316@chetumal.tecnm.mx)



### Julio César Cruz Argüello

Profesor Investigador adscrito al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Chetumal. Sus áreas de interés son Materiales Innovadores de la construcción, nanomateriales, celdas de combustible y energías renovables. Pertenecer al SNII nivel II. [contacto: julio.ca@chetumal.tecnm.mx](mailto:julio.ca@chetumal.tecnm.mx)