



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Cenizas de origen vegetal utilizadas en la estabilización de suelos: Una  
revisión de literatura

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:**  
Bachiller en Ingeniería Civil

**AUTORES:**

Chumacero Calle, Yojar ([orcid.org/0000-0003-4964-3771](https://orcid.org/0000-0003-4964-3771))

Medina Temple, Josue Luis ([orcid.org/0009-0005-3110-3736](https://orcid.org/0009-0005-3110-3736))

**ASESOR:**

Mg. Canta Honores, Jorge Luis ([orcid.org/0000-0002-9232-1359](https://orcid.org/0000-0002-9232-1359))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Desarrollo de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CANTA HONORES JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Cenizas de origen vegetal utilizadas en la estabilización de suelos: una revisión de literatura", cuyos autores son MEDINA TEMPLE JOSUE LUIS, CHUMACERO CALLE YOJAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 27 de Junio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CANTA HONORES JORGE LUIS <b>DNI:</b> 10743048 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9232-1359	Firmado electrónicamente por: JCANTAHO el 27-06- 2024 20:24:44

Código documento Trilce: TRI - 0777583



**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, MEDINA TEMPLE JOSUE LUIS, CHUMACERO CALLE YOJAR estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Cenizas de origen vegetal utilizadas en la estabilización de suelos: una revisión de literatura", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
YOJAR CHUMACERO CALLE <b>DNI:</b> 70908438 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4964-3771	Firmado electrónicamente por: CCHUMACEROCAL el 27-06-2024 21:12:04
JOSUE LUIS MEDINA TEMPLE <b>DNI:</b> 74163743 <b>ORCID:</b> 0009-0005-3110-3736	Firmado electrónicamente por: JMEDINATE el 27-06-2024 20:47:36

Código documento Trilce: TRI - 0777582

## Índice de contenidos

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad de autores	iii
Índice de contenidos	iv
Resumen	v
Abstract	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	3
III. RESULTADOS	4
IV. CONCLUSIONES	19
REFERENCIAS	23
ANEXOS	28

## Resumen

El presente trabajo de investigación nos orienta sobre que se conoce de las cenizas de origen vegetal con enfoque en edificaciones, evaluando como afecta el uso de cemento al medio ambiente. El objetivo del presente trabajo de investigación es realizar una revisión sistemática sobre el uso de las cenizas de origen natural en la estabilización de suelos. se investigaron 46 artículos indexados con antigüedad de 5 años 2019-2024, Estos documentos provienen de varias bases de datos como Scopus, iopscience, Cielo, Alicia, Redalyc, google académico, Pro Quest y ScienceDirect.en los cuales se ordenó y elaboro descripciones detalladas de las secciones. (a) efectividad de las cenizas de origen vegetal, (b) sostenibilidad de uso de las cenizas de origen vegetal, (c) características de la ceniza de origen vegetal, (d) ventajas de uso de las cenias de origen vegetal, (e) dosificaciones optimas en el uso de cenizas de origen vegetal. De otro lado como pregunta de enfoque se tiene ¿Qué se conoce sobre el uso de cenizas de origen naturales en la estabilización de suelos, desde el año 2019 - 2024? En conclusión, se verificó que los usos de cenizas de origen vegetal tienen características destacables como tener propiedades favorables para el suelo, económico y ecológico. por lo tanto, se evidencia que las cenizas de origen natural influyen en la resistencia del suelo.

Palabras clave: Cenizas, subrasante, suelos, estabilización.

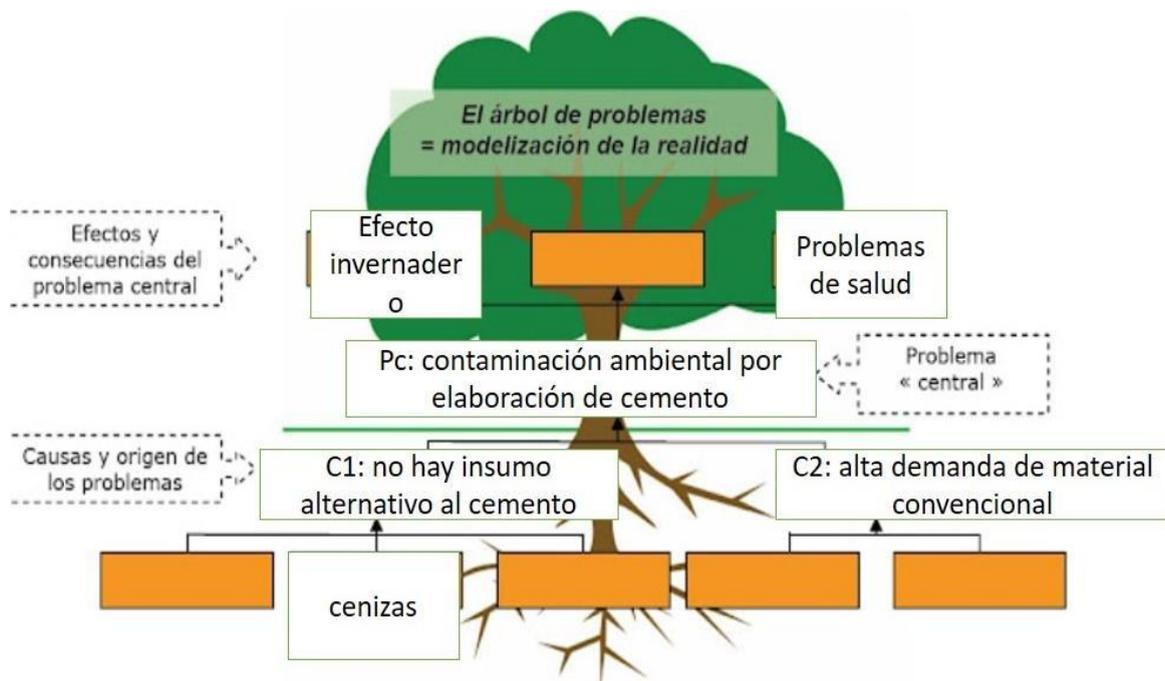
## **Abstract**

The present research work guides us on what is known about ashes of plant origin with a focus on buildings, evaluating how the use of cement affects the environment. The objective of this research work is to carry out a systematic review on the use of ashes of natural origin in soil stabilization. 46 indexed articles dating back 5 years 2019-2024 were investigated. These documents come from various databases such as Scopus, iopscience, Cielo, Alicia, Redalyc, Google Scholar, Pro Quest and ScienceDirect.in which detailed descriptions were organized and prepared. of the sections. (a) effectiveness of ashes of plant origin, (b) sustainability of use of ashes of plant origin, (c) characteristics of ash of plant origin, (d) advantages of use of ashes of plant origin, (e ) optimal dosages in the use of ashes of plant origin. On the other hand, the focus question is: What is known about the use of ashes of natural origin in soil stabilization, from 2019 - 2024? In conclusion, it was verified that the uses of ashes of plant origin have notable characteristics such as having favorable properties for the soil, economic and ecological. Therefore, it is evident that ashes of natural origin influence the resistance of the soil.

**Keywords:** Ashes, subgrade, soils, stabilization.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel global la producción de cemento tiene un impacto ambiental significativo, actualmente, la industria de la construcción se encuentra en una crisis de recursos naturales y consumo energético, pero a pesar del impacto negativo los precios del cemento siguen en incremento (Macanjo Ferreira et al, 2020). Así mismo en el Perú la producción de cemento tiene un impacto fundamental en el sector de la construcción, ya que se presentan altos niveles de emisión de gases de CO<sub>2</sub>, el cual aumenta un 12% por unidad de masa de cemento que contamina el aire. El incremento del rubro de construcción en 1% generaría la contaminación del aire en 0.29% (Guevara et al, 2023).



Se considera que la contaminación causada por el cemento se ha convertido en una preocupación en la sociedad, originando enormes daños ambientales. Para producir cemento se emite una cantidad significativa de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, que son gases altamente contaminantes (Mora et al, 2021). Una de las posibilidades para reducir su impacto ambiental es el uso de cenizas vegetales para la estabilización de suelos (Rodolfo et al, 2021). Para solucionar este problema se están investigando alternativas más sostenibles, como el uso de cenizas de origen vegetal con enfoque en edificaciones, recicladas para sustituir parcialmente al cemento en la estabilización de suelos. La ceniza de cascara de arroz es un material que tiene un buen comportamiento puzolánico y puede

convertirse como material sustituyente del cemento (Chirinos, Rodriguez, & Muños, 2021). Estos materiales pueden mejorar la resistencia y estabilidad del suelo sin los efectos ambientales negativos asociados con el cemento (Llano, 2020). Algunos estudios nos dicen que el uso de cenizas pueden ser un reemplazo de este componente en la estabilización sin afectar el suelo y mejorando el CBR (Sara, 2022). De tal forma se busca crear una solución en utilizar los recursos naturales con la condición de conseguir un mayor rendimiento y que con estos materiales tener el menor impacto ambiental posible.

**La presente revisión de literatura tiene como justificación teórica** la necesidad de seguir profundizando en el conocimiento de estos insumos referida a las cenizas vegetales establece que la realización y la implementación de dichos materiales ecológicos tienen nuevos procesos de ejecución y conciencia ambiental, porque tienen características físicas y mecánicas favorables además que son económicas y ecológicas (Sornoza & Zambrano, 2022). Las nuevas investigaciones e innovaciones conllevan a nuevos investigadores en la implementación de métodos de estabilización con mejoras al suelo, no solo en las propiedades físicas y mecánicas sino también que generan beneficios ambientales y económicos (Rodriguez & Chirinos, 2021)

**El propósito** de esta revisión de literatura es investigar ordenadamente y elaborar una descripción detallada de las secciones, (a) efectividad de las cenizas de origen vegetal, (b) sostenibilidad de uso de las cenizas de origen vegetal, (c) características de la ceniza de origen vegetal, (d) ventajas de uso de las cenizas de origen vegetal, (e) dosificaciones optimas en el uso de cenizas de origen vegetal. De otro lado como **pregunta general** ¿Cuáles son las principales categorías referente a las cenizas de origen natural a la estabilización de suelos? del mismo modo las preguntas **específicas son:** (a) ¿Cuáles es la efectividad de las cenizas de origen vegetal utilizadas en la estabilización de suelos?, (b) ¿Cuál es la sostenibilidad de uso de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos?, (c) ¿Cuáles son las características de la ceniza de origen vegetal en la estabilización de suelos?, (d) ¿Cuáles son las ventajas de uso de las cenizas de origen ve?, (e) ¿Cuáles son las dosificaciones optimas en el uso de cenizas de origen vegetal?.

## II. METODOLOGÍA

La revisión de literatura se centra en la creciente aplicación de nuevas tecnologías y materiales constructivos en la búsqueda de mejorar la calidad de la construcción, teniendo en cuenta aspectos ambientales y económicos. Nuestras bases de datos fue recopilar y ordenas investigaciones múltiples, aplicando la técnica de revisión sistemática. El objetivo principal es un estudio sistemático del uso de cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos. Se examinaron 36 documentos indexados entre 5 años que abarcan el período 2019-2024. Estos documentos provienen de varias bases de datos como ALICIA (2), ScienceDirect (4), Scopus (1), Pro Quest (5), Google Académico (1), EBSCO Host (8), Scielo (7), Redalyc (2), Iopscience (6). Se identificó el uso de cenizas naturales de origen vegetal, por ejemplo, maíz, cáscara de arroz, bagazo de caña, etc. Para dicha investigación se usaron las palabras claves como: cenizas, subrasante, suelos, estabilización. En conjunto, estas posibilidades permiten la producción de materiales y/o productos duraderos y enfatizan sus características como durabilidad, ligereza, economía y sostenibilidad ambiental, también dará a conocer a nuevos investigadores el uso de estos materiales naturales y su implementación, Además, es evidente que tanto la ceniza como la fibra tienen un efecto positivo en la estabilización del suelo.

### III. RESULTADOS

#### 2.1 Efectividad de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos

La estabilización del suelo utilizando ceniza de cáscara de arroz y cemento puzolánico como material suplementario. El objetivo era estimar la capacidad portante del suelo para su uso en terraplenes de carreteras. Se recolectaron muestras de suelo de dos áreas de la región de Yogyakarta en Indonesia. El estudio se basó en un enfoque experimental, definiendo terraplenes trapezoidales con determinadas dimensiones. Los cuerpos de prueba se dividieron en dos grupos: terraplenes con y sin base de arena. Las propiedades técnicas del suelo, como la capacidad de carga y el índice de capacidad de carga, se vieron moderadamente afectadas por la adición de ceniza de cáscara de arroz y cemento puzolánico. Se puede afirmar que la estabilización mejoró significativamente las propiedades técnicas del suelo en comparación con el suelo no estabilizado (Wibowo et al, 2023). Asimismo, para Putra et al (2021) en su artículo. Se evaluó la efectividad de las cenizas de papel usado (WPA) para la estabilización del suelo en arcillas. Se abordaron tres aspectos principales: las propiedades físicas del suelo, el potencial de hinchamiento y la resistencia a la compresión. Después de mezclar las cenizas de papel usado con el suelo, se observó una reducción en el porcentaje de partículas que pasan el tamiz número 200 y en el índice de plasticidad. Esto podría deberse a la interacción química entre las cenizas y las partículas del suelo. Además, el potencial de hinchamiento disminuyó ligeramente con mayores porcentajes de cenizas de papel usado. En cuanto a la resistencia a la compresión, se encontró que aumentaba con un contenido de WPA del 5% y 10%. Para Alcântara et al (2019), en su investigación. Evaluó el uso potencial de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) como puzolana en la estabilización química de suelos residuales en la región de Ilha Solteira en Brasil. El trabajo se realizó con un contenido de cal del 8% y un contenido de cenizas del 5% y 10% en relación al peso del suelo seco. Los resultados mostraron que la adición de CCA mejoró las propiedades del suelo, redujo el índice de plasticidad y aumentó la resistencia a la compresión. Según la metodología MCT, el suelo y sus mezclas se clasificaron como suelos arenosos lateríticos (LA'). Asimismo, como señala Phummiphan et al (2016) Muchos estudios han demostrado que las cenizas

volantes pueden mejorar eficazmente las propiedades geotécnicas, incluidos los aspectos físicos, químicos y biológicos. Este artículo revisa críticamente estudios previos sobre la efectividad de las cenizas volantes como estabilizador de suelos para mejorar el comportamiento mecánico de suelos expansivos. El efecto de diferentes dosis y tipos de cenizas volantes en la mezcla del suelo se analiza mediante ensayos de caracterización geotécnica y micro estructural considerando los límites de Atterberg, la resistencia a la compresión no confinada (UCS), la relación de carga de California (CBR) y el potencial de hinchazón. Además, Millones et al (2023) la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) tiene un efecto positivo en la estabilización de suelos arcillosos. En estudios, se encontró que al reemplazar el 10% del cemento por CBCA, el índice de soporte de California (CBR) empapado aumentó 4,5 veces en comparación con el suelo original. De acuerdo con Mamani et al (2024), la ceniza de quinua mejora significativamente la capacidad portante del subsuelo. En dosis del 5%, 7% y 9 %, el CBR (índice de apoyo de California) aumenta como máximo entre un 25% y un 95%. Además, la combinación de quinua y cal mejora propiedades como plasticidad, densidad en seco y resistencia mecánica. Para Espino et al (2022), la ceniza de madera del fondo afecta significativamente la estabilización del suelo arcilloso. Aumentarlo disminuirá la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo. Además, se asocia con un alto valor de capacidad de carga del suelo (CBR) del 95% y 100% de la densidad seca máxima. Sin embargo, aumentar la proporción de ceniza no siempre garantiza mejores resultados.

**Tabla 1.** Distribución de artículos referenciados a la efectividad de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos.

Fuente	Año de publicación						Total
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Scielo	1		1		1		3
Redalyc						1	1
ALICIA						2	2
SciencieDirect	1						1
Total	2		1		1	3	7

En esta categoría utilizamos 7 referencias que comprende del año 2019 y 2024

## **2.2 sostenibilidad de uso de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos**

La ceniza de cáscara de arroz ha atraído la atención de investigadores y especialistas de todo el mundo. Se ha estudiado su comportamiento como sustituto parcial del cemento portland o árido fino en la producción de hormigones de cemento. Además, su campo de aplicación se ha ampliado a campos como la industria química, la protección del medio ambiente y los materiales de construcción. En geotecnia, el RHA se utiliza como material base o endurecedor debido a sus excelentes propiedades. Las investigaciones han demostrado que el mortero que contiene RHA tiene menor porosidad, mayor resistencia a la compresión y resistencia específica. También se ha propuesto como alternativa al cemento portland, reduciendo el impacto ambiental y los costos de ingeniería. (Chen et al, 2021). Como afirma Sharma et al (2022), este artículo examina la sostenibilidad del uso de ceniza de cáscara de arroz (RHA) para la estabilización del suelo. RHA, un residuo disponible localmente, se utiliza en la industria de la construcción para minimizar la liberación de residuos al medio ambiente. A diferencia de los costosos estabilizadores tradicionales, como el cemento y la cal, el RHA ofrece una alternativa más asequible. Si se sustituye parte del estabilizador por RHA, no sólo se reducen los costes, sino también los riesgos medioambientales. Teniendo en cuenta a Aparna et al (2022), la rápida industrialización aumentó la generación de cenizas como subproducto de la combustión. En la India, la falta de instalaciones adecuadas para la gestión de residuos provoca la saturación de los vertederos. La

reutilización y el reciclaje de residuos son cruciales para solucionar este problema. Las cenizas de lodos de depuradora (SSA) procedentes de la incineración de lodos se diferencian de las cenizas volantes en sus propiedades químicas y físicas. La estabilización del suelo es crucial para la construcción. Aunque los aditivos químicos son comunes, el uso de materiales de desecho como el SSA es una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Los estudios han demostrado que el SSA tiene propiedades puzolánicas y puede estabilizar suelos blandos. Como señala Khandelwal et al (2023), la ceniza de azúcar de caña es un valioso subproducto de la industria azucarera. Su uso sostenible puede promover significativamente la estabilización del suelo y reducir los impactos ambientales negativos de la construcción. Esta ceniza volante, conocida como SCBA, ofrece una alternativa más ecológica al cemento y las cal tradicionales.

Al combinarlo con la base del pavimento se mejora la durabilidad del suelo y se reduce la huella de carbono. Además, Soni & Nesh (2024), la cáscara de arroz, un subproducto de la molienda del arroz, se produce en grandes cantidades en todo el mundo. Sin embargo, su uso como alimento para animales o materia prima de papel es limitado debido a su contenido en cenizas y lignina. Para reducir la cantidad de residuos, la cáscara de arroz se quema para producir ceniza de cáscara de arroz (RHA). Esta ceniza rica en sílice se ha convertido en un valioso recurso natural. En el proyecto europeo Valzeo, los investigadores investigan su aplicación sostenible para el tratamiento de aguas contaminadas y la producción de biodiesel. Además, RHA puede mejorar la estabilidad del suelo, lo cual es una buena opción para el medio ambiente. también Silvani et al (2024), la ceniza de caña de azúcar (SCBA) es un subproducto de las industrias del azúcar y el etanol, con una producción anual de alrededor de 10 millones de toneladas en todo el mundo. Este estudio evaluó la utilidad del SCBA como estabilizador para suelos expandidos y compactados. Las pruebas mostraron que la adición de 6,25% o más de SCBA resultó en poca o ninguna hinchazón después de 24 horas. Además, cuanto más densa es la mezcla, más se expande. El alivio de la hinchazón se debe a la presencia de MgO y CaO en el SCBA, que pueden modificar químicamente la superficie mediante el intercambio catiónico y reemplazar los cationes monovalentes de la arcilla. Asimismo, Sharifi et al (2024), la ceniza de cáscara de arroz (RHA) se presenta como un aditivo prometedor para la estabilización del suelo en la construcción

de caminos forestales. En este estudio, RHA se combinó con yeso en diferentes proporciones (5-20% RHA y 2-6% yeso) y se curó durante 7, 15 y 30 días. Los resultados mostraron una disminución de la plasticidad y la presión de hinchamiento y un aumento de la resistencia a la compresión. El análisis microscópico mostró la formación de geles de silicato de calcio hidratado (CSH) y de silicato de calcio hidratado (CAH), que mejoran la estabilidad del suelo. Un enfoque tan sostenible puede fortalecer los caminos forestales y reducir el impacto ambiental. Además, Talekar et al (2022), este artículo investiga la sostenibilidad del uso de cenizas de bagazo para la estabilización de suelos de algodón negro (BCS). El bagazo, un residuo de la caña de azúcar, se quema hasta convertirlo en cenizas con propiedades puzolánicas. Estas cenizas contienen silicio, potasio, hierro, calcio, aluminio y magnesio. El estudio analiza cómo la mezcla de cenizas volantes y BCS mejora las propiedades técnicas y permite soportar eficazmente los edificios. Aunque el cemento es un estabilizador tradicional, la ceniza de bagazo ofrece una alternativa más económica y respetuosa con el medio ambiente a pesar de los desafíos asociados con la gestión de residuos

**Tabla 2.** Distribución de artículos referenciados a la sostenibilidad de uso de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos

Fuente	Año de publicación						Total
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Scielo					1		1
EBSCO Host				1	1	3	5
SciencieDirect			1	1			2
Total			1	2	1	3	8

En esta categoría utilizamos 8 referencias que comprende del año 2019 y 2024

### **2.3 Características de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos**

Las cenizas son deseables como material de adición de cemento (SCM) si poseen propiedades fisicoquímicas que les permitan participar efectivamente en la reacción de hidratación del cemento. La finura es crucial para su potencial aglutinante, similar a la del cemento. De acuerdo con la norma ASTM C618, deben retener como máximo un 34% en una malla de 45 micras (#325) para ser consideradas efectivas como aditivos en cemento. La reactividad de las cenizas volantes les permite reemplazar parcialmente el cemento Portland en mezclas de concreto sin comprometer la resistencia y otras propiedades esenciales. Además, factores como el rendimiento, la generación de calor para la hidratación y la estabilidad son consideraciones importantes en su aplicación. (Prasara-a et al, 2021). La ceniza de cáscara de arroz, un subproducto de la quema de cáscara de arroz tiene propiedades valiosas debido a su alto contenido de sílice. Hay dos tipos de ceniza de cáscara de arroz: amorfa y cristalina, cada una de las cuales tiene sus propios usos. La sílice amorfa se utiliza en las industrias del cemento, la construcción y el caucho, mientras que la sílice cristalina se utiliza en productos como el acero, la cerámica y los ladrillos refractarios. La tecnología de generación de energía afecta las propiedades de la ceniza y su uso varía según la forma. En la fabricación de hormigón, la sílice amorfa mejora la resistencia mediante reacciones químicas con el cemento portland. Además, se utiliza como sustituto del cemento y los áridos en bloques de construcción económicos.

También se ha investigado su potencial como aditivo en la solidificación de residuos peligrosos y en cauchos/plásticos/polímeros. Según Rahgozar et al (2018), la ceniza de cáscara de arroz, o RHA, es un subproducto de la quema de cáscaras de arroz. Se utiliza en diversas aplicaciones, como mejora del suelo, pesticidas, absorbentes de derrames de petróleo y materiales aislantes. Algunas de las propiedades más importantes de RHA son su alto contenido de sílice (alrededor del 85-90%), tamaño de partícula pequeño (alrededor de 25 micrones) y resistencia a la humedad. Estas propiedades hacen que RHA sea valiosa en la industria del cemento, esmaltes cerámicos, pinturas especiales y como una alternativa económica a la micro sílice importada. Asimismo, Tessema & Amare (2023), la ceniza de cascara de café en este estudio

proviene de fábricas y pueblos cercanos a Etiopía. Después de 5 horas de calentamiento a 550°C, se obtuvieron cenizas. Estabilizándolo con CHA se evaluó su comportamiento de expansión en términos de compresibilidad y resistencia geotécnica. Los resultados ofrecen criterios para la sostenibilidad del suelo después del tratamiento con CHA, además, los principales componentes minerales del CHA, además los principales componentes minerales del CHA son el óxido de calcio (CaO) el óxido de magnesio (MgO) y el óxido de potasio (K<sub>2</sub>O). También Garay et al (2021), el Noni (Morinda citrifolia) es una planta con propiedades medicinales que produce un fruto especial, aunque su sabor y apariencia puedan no ser agradales, sus beneficios son importantes. La ceniza de Noni, que se obtiene de la corteza, las semillas, la pulpa y las hojas, tiene propiedades interesantes. Básicamente, esta ceniza es mayormente amorfa, a excepción de la ceniza producida por la calcinación de las hojas. Los compuestos identificados son CaCO<sub>3</sub> (en semillas y hojas), CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (en cortezas y semillas), KHCO<sub>3</sub> (excepto en hojas), cloruro de potasio KCl (en hojas) y óxido de silicio SiO<sub>2</sub> (en hojas y pulpa). Además, se observaron estructuras de nano partículas en todas las muestras excepto en las cenizas volantes. También Peralta et al (2023) en un estudio sobre ceniza de bagazo: esta ceniza, que es un subproducto de la combustión del bagazo de caña de azúcar, contiene principalmente sílice (70,87% - 78,34%), alúmina (6,86% - 8,55%), óxido de hierro (2,59% - 4,87%), calcio. óxido (1,2% a 6,62%) y óxido de potasio (1,32% a 9,59%). Además, existen trazas de óxido de magnesio (0,008-3,25%) y otros compuestos (2,44-15,80%).

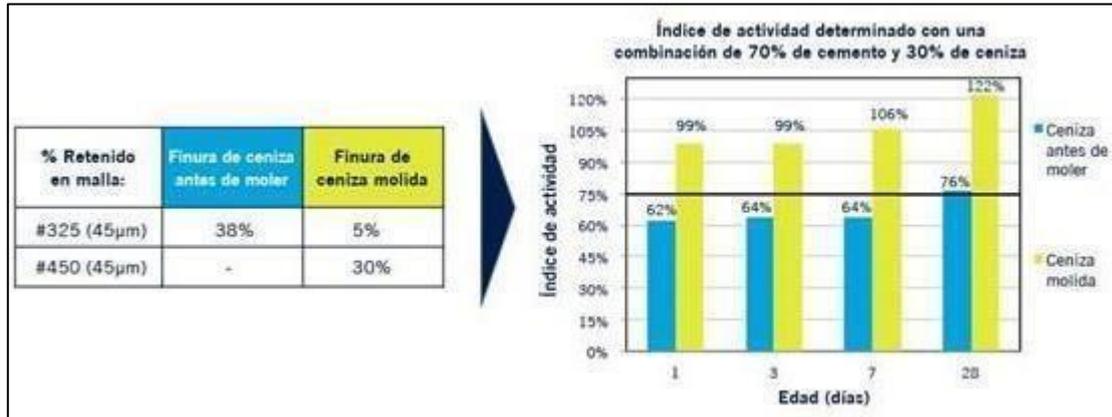
**Tabla 3.** Distribución de artículos referenciados a la Características de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos.

Fuente	Año de publicación						Total
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Scielo						1	1
EBSCO Host					1		1
SciencieDirect	2						2
Total	2		1	1	1	1	5

En esta categoría utilizamos 5 referencias que comprende del año 2019 y 2024

### Figura 1

Aumento en la actividad de la ceniza mediante su molienda.



Fuente: Importancia de las cenizas, Arbelaéz (2019)

- Componente gravimétrico: basado en una diferencia significativa (más del 15 %) entre la masa de carbón no quemado y los minerales de ceniza. Se puede optar por un método en seco utilizando un separador por gravedad, que requiere una inversión inicial, o un método en húmedo mediante flotación con costos operativos elevados (consumo de agua y energía de secado).
- Tamizado: otro método utilizado cuando existe una gran disparidad entre el carbón no quemado y las fracciones de ceniza, debido a las condiciones en las que se quema el carbón. Esto implica separar las partículas según su tamaño mediante un proceso de tamizado.
- Combustión de carbón ("CBO"): implica la eliminación del carbón no quemado, aunque este método conlleva un alto consumo de energía y emisión de gases contaminantes.
- Tratamiento químico de carbono: se utiliza la fijación química del carbono para reducir el daño al hormigón celular. Dado que la ceniza no mejora su comportamiento puzolánico, el costo de los reactivos debe justificarse por los beneficios limitados obtenidos, especialmente en aplicaciones para hormigón celular.

- Separación triboeléctrica: basada en el principio físico de usar diferentes cargas eléctricas generadas durante la colisión de partículas. Mejora las propiedades de la ceniza al separar los componentes minerales y permite recuperar una gran cantidad de carbono no quemado, el cual puede reintegrarse a la combustión en la central térmica, reduciendo así los residuos al 100 %.

**Figura 2**



Fuente: Importancia de las cenizas, Arbelaéz (2019)

#### **2.4 Ventajas de uso de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos**

Las cenizas de papel usado (WPA) ofrecen importantes beneficios para la estabilización del suelo. Los estudios han demostrado que cuando se mezcla WPA con el suelo, el índice de plasticidad y el porcentaje de partículas que pasan el tamiz 200 disminuyen. Esto se debe al enlace químico entre las cenizas y las partículas del suelo. Además, el potencial de expansión se reduce ligeramente con cantidades de WPA más altas. En términos de resistencia, el

suelo estabilizado con 5% o 10% de WPA muestra un aumento en la resistencia a la compresión. Este enfoque sostenible puede ser valioso en comparación con el cemento tradicional (Putra et al, 2022). También Suárez (2021), la investigación analizó la influencia de la ceniza de cáscara de trigo en la estabilización de suelos arcillosos expansivos. Se realizaron ensayos de expansividad, límites de consistencia y resistencia a la compresión no confinada. Los resultados indicaron que la adición de un 10% de ceniza de cáscara de trigo redujo el índice de expansividad en un 25% y aumentó la resistencia a la compresión en un 15%. Asimismo, Moges et al (2020), la ceniza de paja de teff (TSA) ofrece importantes beneficios para la estabilización del suelo. El estudio evaluó su impacto en el Índice Móvil de California (CBR). Los resultados muestran una correlación directa entre la inclusión de TSA y mejores valores de CBR. Por ejemplo, agregar un 5% de TSA aumenta la resistencia del suelo en un 49,71%, mientras que agregar un 10% aumenta el CBR en un 114,03%. Otras adiciones muestran mejoras aún más significativas, con una adición de TSA del 15% que aumenta un 287,45% y una adición máxima de TSA del 20%, lo que produce una impresionante mejora de la resistencia base del 414,09%. La ceniza de paja de teff cumple con los criterios ASTM para material puzolánico Clase C, lo que garantiza una durabilidad a largo plazo en aplicaciones de construcción e ingeniería. Además, Zagvozda et al (2022), la ceniza de madera ofrece interesantes ventajas en la estabilización de suelos y su uso en terraplenes y soterramientos. En primer lugar, es una fuente de nutrientes porque contiene potasio y carbonato de calcio. Si el suelo carece de potasio, la ceniza de madera puede ser una valiosa enmienda. Además, regula el pH del suelo y lo eleva si es muy ácido. Sin embargo, se debe tener cuidado al utilizarlo en suelos neutros o alcalinos, para que no afecte la absorción de nutrientes por parte de la planta. Finalmente, la sustitución parcial de cal por ceniza de madera en mezclas estabilizadas puede dar como resultado valores de Tasa de Recarga de California (CBR) iguales o mejores que la mezcla de referencia. Además, Kabdiyono et al (2024), la ceniza de hoja de bambú (BLA) ofrece importantes beneficios para la estabilización del suelo. BLA ha sido ampliamente estudiado como material cementoso suplementario (SCM).

Los estudios han demostrado que el uso de BLA en suelos de laterita aumenta la resistencia al corte (CBR) y la capacidad de carga al reducir el índice de plasticidad. Además, el BLA es una alternativa sostenible al cemento porque proviene de residuos industriales y tiene un alto contenido en sílice. Su uso contribuye a mejorar la estructura del suelo y reducir los impactos ambientales. Asimismo, Ramli et al (2023), la ceniza de cáscara de coco (CSA) ofrece importantes beneficios para la estabilización del suelo. El CSA ha sido ampliamente estudiado como material cementoso suplementario (SCM). Los estudios han demostrado que el uso de CSA en suelos lateríticos aumenta la resistencia al corte (CBR) y la capacidad de carga al reducir el índice de plasticidad. Además, la CSA es una alternativa sustentable al cemento porque proviene de residuos industriales y tiene un alto contenido de sílice. Tal como Nabi & Mohd (2024), la ceniza de paja de trigo ofrece importantes beneficios en ese proceso. Estos desechos, que resultan de la combustión completa de materiales, contienen minerales inorgánicos no quemados. Algunas de las ventajas de la ceniza de paja de trigo incluyen su bajo costo y su capacidad para mejorar la resistencia y la capacidad de carga del suelo. Además, ahorrará tiempo y dinero al utilizar cenizas en lugar de los métodos tradicionales de extracción y sustitución. Asimismo, Oriaje et al (2022), el estudio mencionado, se investigó el uso de ceniza de aserrín de caoba (MSA) para la estabilización de suelos lateríticos. Los resultados indican que la MSA tiene un gran potencial para mejorar las propiedades mecánicas de estos suelos. Algunas ventajas clave incluyen la reducción del índice de plasticidad y el aumento del índice de resistencia no remojada (CBR).

**Tabla 4.** Distribución de artículos referenciados Ventajas de uso de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos

Fuente	AÑO DE PUBLICACION						Total
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Scielo				2			2
EBSCO Host				1		1	2
ProQuest				1	1	2	3
Google Académico				1			1
Total				3	1	3	8

En esta categoría utilizamos 8 referencias que comprende del año 2019 y 2024

### **2.5 Dosificaciones optimas en el uso de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos**

La estabilización del suelo mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz (RHA) y ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBA) requiere dosificaciones óptimas. Se recomienda agregar entre el 5% y el 7,5% en peso del suelo seco para ambos materiales. Estas proporciones mejoran la resistencia mecánica y la durabilidad de la explanada, garantizando una base estable para proyectos de construcción (Hidalgo et al, 2020). Asimismo, Farhandasi & Syahril (2020), en este estudio de estabilización de suelos a escala de laboratorio, se utilizaron materiales de suelo expansivos recuperados de la Zona de Gedebage en Bandung. La mezcla consistió en tierra, ceniza de cáscara de palma y ácido fosfórico. Las dosificaciones óptimas fueron las siguientes: aumentar la solución química de ácido fosfórico al 4,5%, 7,5% y 10,5%, mientras que la adición constante de cenizas de cáscara de palma fue alrededor del 8% de la masa de los sujetos de prueba. Estas proporciones se basaron en el libro "Mecanismo del Suelo" de Joseph E. Bowles, segunda edición, sobre compactación y estabilización del suelo. Las etapas incluyeron la preparación del suelo, pruebas de índice de propiedades, compactación y pruebas CBR. Asimismo, Ormeno et al (2020), un estudio sobre la estabilización del suelo con ceniza de cáscara de arroz (RHA) muestra que una dosis óptima del 20% de RHA aumenta significativamente la resistencia de la base. El CBR (Índice de Apoyo de California) aumentará del 4,30% al 20,70%. Además, este aditivo

ecológico y económico mejora las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos débiles, convirtiéndolo en una excelente opción para la construcción de pavimentos. Asimismo, Kumar & Raghisha (2021), en su estudio nos dice que una dosis óptima de un 20% de cenizas de aserrín y más de un 20% de cenizas volantes mejoran significativamente la resistencia de la base. El valor del CBR (California Support Index) aumenta cumpliendo el propósito de incrementar su resistencia. La adición de estos materiales ecológicos y económicos también mejora otras propiedades geotécnicas del suelo, convirtiéndolo en una excelente opción para la construcción de pavimentos. Además, otros estudios muestran que hasta un 7% de ceniza de cáscara de arroz puede mejorar la resistencia del subsuelo y reducir la absorción de agua, contribuyendo así a la estabilidad del suelo. La ceniza de bagazo, un subproducto opcional con una gravedad específica baja, se comporta como un material puzolánico. Por el contrario, los residuos de carburo de calcio (CCR) son peligrosos debido a su alto contenido de calcio. Un estudio experimental evaluó el efecto de aditivos de fibra de poliéster en suelos estabilizados con ceniza de bagazo y CCR. Se observó un tiempo de curado óptimo de 28 días cuando la tierra seca se mezcló con 8% de CCR. El mejor contenido de cenizas de bagazo fue del 9%. La resistencia al corte aumentó debido a la cohesión en lugar del ángulo de fricción interna. Además, se mejoró la resistencia añadiendo fibra de poliéster. Para Erwanto et al (2021), la estabilización de suelos in situ es un método que mejora las propiedades de los suelos. En este caso se utilizó una mezcla de silicato de sodio, mazorca de maíz y fibra de palma. Los resultados muestran que la adición de 0,2% de fibra de palma, 2% de ceniza de maíz y 3% de silicato de sodio dio como resultado un aumento del 9,73% en la capacidad de carga del suelo en comparación con el suelo original. Además, la adición de 0,2% de fibra de palma, 4% de ceniza de maíz y 3% de silicato de sodio también mejoró la resistencia mecánica del suelo. Además, Garcia et al (2024). En la estabilización de suelos in situ en Chiclayo, Perú, se realizó mezclando ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBA) con polietileno de alta densidad (HDPE). Después de calcinar la ceniza a diferentes temperaturas, se mezcló con suelo arcilloso en una proporción del 5 al 20% en masa. La relación óptima resultó en una combinación de 10 % de SCBA y 0,75 % de HDPE, lo que mejoró significativamente la carga empapada de California (CBR) en un 154 %. Sin embargo, una vez superada esta dosis, la resistencia disminuyó.

Asimismo, Rao et al (2023). Un estudio de estabilización de suelos evaluó el efecto de agregar 5%, 7,5% y 10% de ceniza de hoja de plátano (CHP) para mejorar las propiedades mecánicas del subsuelo en suelos arcillosos. Se recogieron hojas de plátano y las cenizas se obtuvieron mediante cremación. Los resultados mostraron que un contenido de ceniza de hoja de plátano del 7,5% proporcionó el mejor rendimiento del suelo, lo que sugiere que este material de desecho puede ser útil en el tratamiento del subsuelo de suelos arcillosos. Asimismo, Zuloeta (2023), en este estudio de estabilización de suelos arcillosos con ceniza de hoja de plátano se evaluaron diferentes dosis. Los resultados muestran que la adición de ceniza de hoja de plátano mejora las propiedades del suelo. En la prueba CBR con 5% de ceniza de plátano se observó un aumento de resistencia del 1,03%. Sin embargo, las dosis más altas (10% y 15%) provocaron una disminución del 1,23% y 2,77%. En la prueba de Proctor, la densidad máxima de materia seca aumentó con ceniza de plátano (0,094 g/cm<sup>3</sup> al 5%, 0,092 g/cm<sup>3</sup> al 10% y 0,139 g/cm<sup>3</sup> al 15%). El contenido óptimo de humedad también varió. Además, en el análisis de rentabilidad se prefirió una mezcla de suelo natural que contenía un 5%

de hoja de plátano como la opción más rentable.

**Tabla 5.** Distribución de artículos referenciados a las dosificaciones optimas en el uso de las cenizas de origen vegetal en la estabilización de suelos

	Año de publicación						Total
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
SciencieDirect						2	2
Scopus						1	1
IOPScscience	1	3	2				6
Total							9

En esta categoría utilizamos 8 referencias que comprende del año 2019 y 2024

**Tabla 6.** Distribución de artículos referenciados de acuerdo con el año y base de datos.

**Año de publicación**

<b>Fuente</b>	<b>Año de publicación</b>						<b>Total</b>
	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	
Scopus	1						1
EBSCO host				2	2	4	8
Scielo	1			2	2	1	6
ProQuest	1		1		1	2	5
Google Académico				1			1
IOPScience	1	3	1		1	2	8
Redalyc						2	2
ALICIA				1		1	3
SciencieDirect	3		1	1	2		7
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>36</b>

En total utilizamos 36 referencias que comprende del año 2019 y 2024

#### IV. CONCLUSIONES

a) De tales comparaciones que se hicieron de los 7 artículos sobre la efectividad de la ceniza de origen vegetal se obtiene que estas tienen un efecto positivo en la estabilización de suelos arcilloso. Estas varían en porcentajes para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas sus rangos a utilizar en sus porcentajes son de 5%,7%,9%,15% de los más destacables tenemos. según Mamani et al (2024), la ceniza de quinua 5%, 7% y 9 %, el CBR (índice de apoyo de California) aumenta como máximo entre un 25% y un 95%. Y Alcántara et al (2019), nos dice que la ceniza de cascara de arroz como auxiliar aditivo de la cal en un 5% y 10 % mejora las propiedades del suelo, disminuyo el límite líquido y aumento la resistencia a la compresión. Esta importancia de usar las cenizas como aditivo radica en el tema tecnológico para la ingeniería civil. Esta dosificación obtenida de estos artículos nos brinda porcentajes donde se mejoras las propiedades del suelo con un porcentaje óptimo para el suelo arcillosos y limosos, donde se ha observado una notable mejora en la capacidad de soporte y reducción de la expansión.

b) De tales comparaciones que se hicieron de los 8 artículos sobre su sostenibilidad dichos autores nos dicen que estas cenizas pueden reemplazase como materiales convencionales ya que tiene costos más económicos y tienen propiedades puzolánicas, aplicándose en los campos como la industria química, la protección del medio ambiente y los materiales de construcción como sustituyentes de la cal y cemento. De los más destacables tenemos. Sharma et al (2022), este artículo examina la sostenibilidad del uso de ceniza de cáscara de arroz para estabilizar el suelo, este es un residuo disponible localmente, se utiliza en la industria de la construcción para minimizar la liberación de residuos al medio ambiente. A diferencia de los costosos estabilizadores tradicionales. Asimismo, Talekar et al (2022), en su artículo investiga la sostenibilidad del uso de cenizas de bagazo para la estabilización de suelos de algodón negro (BCS). El bagazo se quema hasta convertirlo en cenizas con propiedades puzolánica. El estudio analiza cómo la mezcla de propiedades técnicas y permite soportar eficazmente los edificios. Aunque el cemento es un estabilizador tradicional, esta es una alternativa económica y respetuosa para el medio ambiente.

La utilización de cenizas vegetales ayuda a disminuir la cantidad de residuos enviados a los vertederos y reduce la necesidad de materiales estabilizantes comerciales que pueden tener un mayor impacto ambiental

c) De tales comparaciones que se hicieron de los 5 artículos sobre sus características dichos autores no dicen que estos insumos de cascara de arroz, café, noni, bagazo al convertirlas en cenizas a 400 grados podemos implementarla como mejoras para el suelo y como sustituyentes al cemento y a la cal, las propiedades que tienen estos productos tienen significancia en la estabilización de suelos como podemos ver que según Garay et al (2021), la ceniza de Noni, que se obtiene de la corteza, las semillas, la pulpa y las hojas, tiene propiedades interesantes. Los compuestos identificados son  $\text{CaCO}_3$  (en semillas y hojas),  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  (en cortezas y semillas),  $\text{KHCO}_3$  (excepto en hojas), cloruro de potasio  $\text{KCl}$  (en hojas) y óxido de silicio  $\text{SiO}_2$  (en hojas y pulpa). Además, se observaron estructuras de nano partículas en todas las muestras excepto en las cenizas volantes. Y Peralta et al (2023), nos dice que las características de la ceniza de bagazo es un subproducto de la combustión del bagazo de caña de azúcar, contiene principalmente sílice (70,87% - 78,34%), alúmina (6,86% - 8,55%), óxido de hierro (2,59% - 4,87%), calcio. óxido (1,2% a 6,62%) y óxido de potasio (1,32% a 9,59%). Además, existen trazas de óxido de magnesio (0,008-3,25%) y otros compuestos (2,44-15,80%). Las cenizas de origen vegetal contienen elementos como calcio, potasio y sílice, que reaccionan con los componentes del suelo para mejorar su estructura y durabilidad.

d) las ventajas que nos da el uso de ceniza de origen vegetal según estos 8 autores nos dicen que las cenizas de hoja de bambú, cascara de trigo, cascara de coco, madera, aserrín, paja de trigo, paja de teff) ofrece importantes beneficios para la estabilización del suelo, bajo costo por ejemplo tenemos a estos autores que nos dicen. Según Suárez (2021), nos dice que la ceniza de cáscara de trigo en la estabilización de suelos arcillosos expansivos. Se realizan ensayos de expansivita, límites de consistencia y resistencia a la compresión no confinada. Los resultados indicaron que la adición de un 10% de ceniza de cáscara de trigo redujo el índice de expansividad en un 25% y aumentó la resistencia a la compresión en un 15%. Además, Moges et al

(2020), nos dice que la ceniza de paja de teff (TSA) ofrece importantes beneficios para la estabilización del suelo. Los resultados muestran una correlación directa entre la inclusión de TSA y mejores valores de CBR. Por ejemplo, agregar un 5% de TSA aumenta la resistencia del suelo en un 49,71%, mientras que agregar un 10% aumenta el CBR en un 114,03%. Otras adiciones muestran mejoras aún más significativas, La ceniza de paja de teff cumple con los criterios ASTM para material puzolánicos Clase C, lo que garantiza una durabilidad a largo plazo en aplicaciones de construcción e ingeniería. De tales comparaciones que se hicieron de los artículos sobre la disponibilidad y bajo costo de las cenizas vegetales, en comparación con otros materiales estabilizantes, la hacen económicamente viable, especialmente en áreas rurales y países en desarrollo.

e) las dosificaciones óptimas varían por cenizas según estos 9 autores Farhandasi & Syahril utilizan ácido fosfórico y cascar de palma en porcentajes de 4.5%, 7.5% y 10% donde la medición constante de ceniza de cascara de palma es 8% estos ensayos realizados fueron pruebas de índice de propiedades físicas y mecánicas, CBR y compactación, Ormeno et al (2020), utiliza ceniza de cascara de arroz donde el CBR aumenta en un 4.3% al 20.7%. Rao et al (2023), de agrego 5%, 7.5% y 10% de ceniza de hoja de plátano donde utilizo el porcentaje donde el 7.5% mejoro rendimiento del suelo. Zuloeta (2023) utilizo cenizas de hojas de platano donde utilizo el porcentaje de 5%,10%y 15% donde se aprueba el CBR al adicionar 5% de esta ceniza se obtuvo un aumento a la resistencia. Kumar & Raghisha (2021), el uso de ceniza de aserrín su dosis optima fue de 20% mejorando la resistencia del suelo. Hatmoko & Suryadharma (2019) nos dice que utilizando ceniza de bagazo de caña en donde su porcentaje optimo fue 9% aumentando su resistencia de corte. Erwanto et al (2021), una mezcla de silicato de sodio, mazorca de maíz y fibra de palma. Los resultados muestran que la adición de 0,2% de fibra de palma, 2% de ceniza de maíz y 3% de silicato de sodio dio como resultado un aumento del 9,73% en la capacidad de carga del suelo. Garcia et al (2024) realizó mezclando ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBA) con polietileno de alta densidad (HDPE). Después de calcinar la ceniza a diferentes temperaturas, se mezcló con suelo arcilloso en una proporción del 5 al 20% en masa. La relación óptima resultó en una combinación de 10 % de SCBA y 0,75

% de HDPE, lo que mejoró significativamente la carga empapada de California (CBR) en un 154%. Es importante considerar las variaciones de porcentajes en la composición de las cenizas vegetales, que pueden afectar la consistencia de los resultados, por lo que se recomienda realizar estudios preliminares para determinar la idoneidad de las cenizas según el tipo de suelo y las condiciones locales.

## REFERENCIAS

- 1) APARNA, R P. Sewage sludge ash for soil stabilization: A review. *Materials Today Proceedings*, 2022, vol. 61, p. 392-399. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.349>
- 2) ALCÂNTARA, Marco Antonio de Morais, Lucas Pereira dos SANTOS, Adriano SOUZA a Dario Cardoso de LIMA, 2017. Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la plasticidad y compactación de una mezcla de suelo-cal. *Materia (Río de Janeiro)* [en línea]. 22 (3), e11875. ISSN 1517-7076. Dostupné z: doi:10.1590/S1517-707620170003.0209
- 3) CHEN, Ruifeng, et al. Sustainable utilization of biomass waste-rice husk ash as a new solidified material of soil in geotechnical engineering: A review. *Construction and Building Materials*, 2021, vol. 292, p. 123219.
- 4) ESPINO MARQUEZ, Yhon Marcial. Adición de Ceniza de Madera de Fondo en la Estabilización de Suelos Arcillosos y su Aplicación a Subrasante. 2022. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3571>
- 5) ERWANTO, W.; PAREA, R. R.; ERMITHA, A. Study of Improving Soil Using Permit, Corn Ash and Sodium Silicate. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. p. 012042. Disponible em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/921/1/012042/meta>
- 6) FARHANDASI, R.; SYAHRIL, S. Effect of palm shell ash and phosphoric acid chemical solution on subgrade material towards CBR value. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. p. 012015. Disponible em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/732/1/012015>
- 7) GARCÍA CHUMACERO, Juan Martín; GONZALES MACEDO, José Luis; SÁNCHEZ CASTILLO, Danny Jhardenson. Contribution of agricultural ashes and HDPE as a waste material for a sustainable environment applied to the stabilization of a low plasticity clay soil. *Innovative Infrastructure Solutions*, 2024, vol. 9, no 3, p. 67. disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41062-024-01372-1>
- 8) GARAY, Zoila et al. Microstructural characterization of ashes from *Morinda citrifolia* Linneo (noni). *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2021, vol.77, n.2 [cited 2024-06-25], pp.109-116. Available from: ISSN 1810-634X disponible en: <https://docs.repositoriobiocultural.org/2021/08/05/caracterizacion-microestructural-de-cenizas-de-morinda-citrifolia-linneo-noni/>
- 9) Guevara, M., Asuncion, D., Huarca, F., Marca, O., Ramires, C., & Ancco, R. (2023). Los sectores económicos-sociales y la contaminación del aire en Perú, 1970-2020. *SCIELO ANALYTICS*, 7. doi:2664-0902
- 10) HIDALGO, F., et al. Stabilization of clayey soil for subgrade using rice husk ash (RHA) and sugarcane bagasse ash (SCBA). En *IOP Conference Series: Materials science and engineering*. IOP Publishing, 2020. p. 012041.

Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/758/1/012041>

- 11) HATMOKO, J.T. and SURYADHARMA, H., 2019/09//. Behavior of Bagasse Ash-Calcium Carbide Residue Stabilized Soil with Polyester Fiber Inclusion. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, Sep 2019, vol. 620, no. 1 ProQuest Central. ISSN 17578981. DOI <https://doi.org/10.1088/1757-899X/620/1/012066>.
- 12) KABDIYONO, E.A., et al, 2024/04//. Potential of Bamboo Leaf Ash for Soil Stabilization - Literature Review. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science, Apr 2024, vol. 1324, no. 1, pp. 012044 ProQuest Central. ISSN 17551307. DOI <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012044>.
- 13) MOGES, S. B.; ASSEFA, E.; M. ASSEFA, S. Effect of Wetting and Drying Cycle on the Behavior of Teff Straw Ash-Stabilized Expansive Soil. Advances in Civil Engineering, [s. l.], v. 2024, p. 1–15, 2024. DOI 10.1155/2024/8034380. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=9ca567e4-01fb-3513-b420-0ef9bd08c32e>.
- 14) KUMAR, G.S. and RAGHISHA, S.M., 2021. Improving Laterite Soil Stabilization using Saw Dust Ash. Annals of the Romanian Society for Cell Biology, 2021, vol. 25, no. 3, pp. 2762-2768 ProQuest Central. ISSN 20673019. Disponível em : <http://annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/1743>
- 15) KHANDELWAL, Amrisha; KISHOR, Roop; SINGH, Vishwajeet Pratap. Sustainable utilization of sugarcane bagasse ash in highway subgrade-a critical review. Materials Today: Proceedings, 2023, vol. 78, p. 114-119.
- 16) Millones-Chapoñan, Mario, Muñoz-Pérez, Sócrates P., Villanueva-Meza Cristian D. . La Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar Como Aditivo Estabilizador en Suelos Arcillosos con Fines de Pavimentación: Una Revisión Literaria. Ingeniería y Competitividad [en línea]. 2023, 25(1), 1-15[fecha de Consulta 25 de Junio de 2024]. ISSN: 0123-3033. Disponível en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291375795020>
- 17) Mamani Gonzalo, Griselda, De La Cruz Vega, Sleyther Arturo, Vega Neyra, Ccori Siello, Yllescas Rodríguez, Patricia Maribel, Rea Olivares Walter Manuel . Estabilización de la subrasante con ceniza de quinua y cal en la Carretera Lago Sagrado, Puno, Perú. Infraestructura Vial [en línea]. 2023, 25(44), 1-7[fecha de Consulta 25 de Junio de 2024]. ISSN: 1409-4045. Disponível en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478276305004>
- 18) Mora, P., Gil, E., Sánchez-Martín, L., & Llamas, B. (2021). Evolución de los factores de emisión como herramienta de mejora ambiental. Caso de estudio del Sector Cementero Español. Revista internacional de contaminación ambiental, 37.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992021000100132](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992021000100132)

- 19) Macanjo Ferreira, D. , Luso, E. , Lurdes Cruz, M. , Mesquita, L. , & Gontijo, G. (2020). Fire behaviour of ecological soil–cement blocks with waste incorporation: Experimental and numerical analysis. *Https://Doi.Org/10.1177/0734904119893921*, 38(2), 173–193. <https://doi.org/10.1177/0734904119893921>
- 20) NABI, M. and ER MOHD, I.M., 2024/04//. Investigating Geotechnical Properties of Silty Clay Stabilized using Wheat Straw Ash and Lime. IOP Conference Series.Earth and Environmental Science, Apr 2024, vol. 1327, no. 1, pp. 012010 ProQuest Central. ISSN 17551307. DOI <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1327/1/012010>.
- 21) ORMENO, E., et al. Stabilization of a subgrade composed by low plasticity clay with rice husk ash. En IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. p. 012058. Disponible em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/758/1/012058>
- 22) ORIAJE, A. T.; ADEYEMO, K. A.; OJO, O. Y. Stabilization of Lateritic Soil with Mahogany (Hardwood) Sawdust Ash. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/350970056\\_Stabilization\\_of\\_Lateritic\\_Soil\\_with\\_Mahogany\\_Hardwood\\_Sawdust\\_Ash](https://www.researchgate.net/publication/350970056_Stabilization_of_Lateritic_Soil_with_Mahogany_Hardwood_Sawdust_Ash)
- 23) PRASARA-A, Jittima; GHEEWALA, Shabbir H. Sustainable utilization of rice husk ash from power plants: A review. *Journal of cleaner production*, 2017, vol. 167, p. 1020-1028.
- 24) PUTRA, Okri Asfino; HERMAN, Herman; MEDRIOSIA, Herman y NUGROHO, Fajar. Effectiveness of waste paper ash for stabilization on clay soil. *Rev. ing. constr.* [online]. 2022, vol.37, n.2 [citado 2024-06-25], pp.253-259. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732022000200253&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732022000200253&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-5073. <http://dx.doi.org/10.7764/ric.00030.21>.
- 25) PHUMMIPHAN, Itthikorn, et al. Stabilisation of marginal lateritic soil using high calcium fly ash- based geopolymer. *Road Materials and Pavement Design*, 2016, vol. 17, no 4, p. 877-891
- 26) PERALTA TINGAL, Sandra Paola. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de bagazo de caña de azúcar.2023 <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/194869>
- 27) RAHGOZAR, Mohammad Ali; SABERIAN, Mohammad; LI, Jie. Soil stabilization with non- conventional eco-friendly agricultural waste materials: An experimental study. *Transportation Geotechnics*, 2018, vol. 14, p. 52-60.

- 28) RAO, T. Sravan, et al. Strength properties of soil stabilization with banana leaves ash. *Materials Today: Proceedings*, 2023, vol. 92, p. 955-959. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.558>
- 29) Rodolfo, R. M., Juárez, J. E. R., & Ancajima, J. S. C. (2020). Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura. *Tzhoecoen*, 12(1), 131-140. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/1251>
- 30) RAMLI, R., et al, 2023/06//. The Effects of Coconut Shell Ash Admixed with Lime in Variation to Curing Time for Road Construction. *IOP Conference Series.Earth and Environmental Science*, Jun 2023, vol. 1205, no. 1, pp. 012069 ProQuest Central. ISSN 17551307. DOI <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1205/1/012069>.
- 31) RAHGOZAR, Mohammad Ali; SABERIAN, Mohammad; LI, Jie. Soil stabilization with non-conventional eco-friendly agricultural waste materials: An experimental study. *Transportation Geotechnics*, 2018, vol. 14, p. 52-60.
- 32) SILVA, FB, et al. Variabilidad del impacto ambiental del concreto premezclado: un estudio de caso para Brasil. En Serie de conferencias del IOP: Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente . Publicaciones IOP, 2019. pág. 012132. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/323/1/012132/meta>
- 33) Sara, C. (2022). Adición de ceniza de caña de azúcar en la estabilización de suelos tropicales en el centro poblado Naranjal, selva central. huancayo, peru: repositorio institucional continental
- 34) SONI, Nesh. Estabilización de suelos mediante ceniza de cáscara de arroz y ceniza de bagazo de caña de azúcar . En línea. *Revista internacional de investigación en ciencias aplicadas y tecnología de ingeniería*, vol. 12 (mayo de 2024), n.º 5, págs. 2667–2672. ISSN 2321-9653. Disponible en: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.62190> . [consultado el 26/06/2024].
- 35) SILVANI, Carina; DA SILVA, Jucimara Cardoso; GUEDES, João Pedro Camelo. Sugarcane Bagasse Ash as a Green Stabilizer for Swelling Soil. *Geotechnical and Geological Engineering*, 2024, vol. 42, no 2, p. 1459-1470
- 36) SHARIFI TESHNIZI, Ebrahim, et al. Gypsum and rice husk ash for sustainable stabilization of forest road subgrade. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 2024, vol. 57, no 1, p. qjegh2023-008. Disponible em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=4a1e8dfb-0be5-3d3a-ba77->

[54b643f09b68](#).

- 37) TESSEMA, Amare Tilahun, et al. Utilization of Coffee Husk Ash on the Geotechnical Properties of Gypsum-Stabilized Expansive Clayey Soil. *Advances in Civil Engineering*, 2023, vol. 2023, no 1, p. 3101774.
- 38) SHARMA, Mohit; KUMAR, Ashish. Soil Stabilization Using Rice Husk Ash and Coir Fibre. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management*, 2022, vol. 9, no 4, p. 79-82
- 39) Sornoza, J., & Zambrano, R. (2022). Materiales alternativos empleados en la construcción de viviendas en Ecuador. *Dialnet*. doi:2550-682X
- 40) ALEKAR, Sneha; JOSHI, Swapnil. Soil Stabilization Using Waste Material Sugarcane Baggash Ash. En *Proceedings of the 3rd International Conference on Contents, Computing & Communication (ICCCC-2022)*. 2022.
- 41) WIBOWO, Dian Eksana; RAMADHAN, Dymas Agung; ENDARYANTA and PRAYUDA, Hakas. Soil stabilization using rice husk ash and cement for pavement subgrade materials. *Revista de la Construcción* [online]. 2023, vol.22, n.1 [cited 2024-06-25], pp.192-202. Available from: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2023000100192&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2023000100192&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0718-915X. <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.22.1.192>.
- 42) ZULOETA BECERRA, Jesus. Influencia de la adición de ceniza de hoja de plátano en suelos arcillosos para estabilizar la subrasante en la Av. Los Ángeles, Carabayllo, Lima-2023. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_583aa507019c2555bc81070cbf6f3255](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_583aa507019c2555bc81070cbf6f3255)
- 43) ZAGVOZDA, M.; RUKAVINA, T.; DIMTER, S. Wood bioash effect as lime replacement in the stabilisation of different clay subgrades. *International Journal of Pavement Engineering*, [s. l.], v. 23, n. 8, p. 2543–2553, 2022. DOI 10.1080/10298436.2020.1862839. Disponible en: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=b6a7a71a-60b5-39d0-93e6-714edd538252>.
- 44) LLANO, Eliana; RÍOS, Diana; RESTREPO, Gloria. Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad. *Tecnológicas*, 2020, vol. 23, no 49, p. 164-178. <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v23n49/2256-5337-teclo-23-49-164.pdf>

# ANEXOS

  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Cenizas de origen vegetal utilizadas en la estabilización de suelos:  
una revisión de la literatura

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
Bachiller en...

**AUTOR (ES):**  
CHUMACERO CALLE YOJAR (0000-0003-4964-3771)  
MEDINA TEMPLE JOSUE LUIS (0000-0005-3110-3736)

**ASESOR:**  
CANTA HONORES JORGE LUIS (0000-0002-9232-1359)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Colocar línea de investigación

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**  
Colocar línea de investigación

**CIUDAD DE LA FILIAL - PERÚ**

2024

**Resumen de coincidencias** ✕

**12 %**

< >

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	3 %	>
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %	>
3	Juan Cosa Martínez. "U... Publicación	1 %	>
4	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %	>
5	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %	>
6	ouci.dntb.gov.ua Fuente de Internet	<1 %	>
7	www.canabrava.com.pe Fuente de Internet	<1 %	>