



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente Práctico del Examen de carácter Complexivo, presentado al
H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención
del título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

“Aprovechamiento de residuos de cascara de café para la obtención de
material de construcción”

AUTOR:

Bryan Sleyter Paredes Muñoz

TUTOR:

Ing. Agr. Roberto Medina Burbano, MAE.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

La presente investigación hace referencia al aprovechamiento de residuos de cascara de café para la obtención de material de construcción. Los objetivos planteados fueron describir la importancia del aprovechamiento de los residuos agroindustriales a base de cáscara de café y establecer los beneficios que aporta los residuos de cáscara de Café como material de construcción en cuanto a alternativa ecológica. Las conclusiones detallan que la utilización de residuos agroindustriales presenta un medio viable para abordar diversos desafíos ambientales derivados de la generación y eliminación de dichos residuos, así como de otros factores resultantes del avance de otros sectores productivos; los residuos generados durante el proceso de producción del café pueden ser muy valiosos para industrias específicas, que pueden consistir tanto en formas líquidas como sólidas. En el proceso seco, se generan residuos en la etapa inicial que va desde el cultivo hasta el secado, siendo notablemente la cáscara del café la principal fuente de residuos. La cáscara de café se encuentra entre los materiales de desecho más investigados para su posible utilización. Debido a sus propiedades higrotérmicas favorables, la cascarilla de café puede ser empleada en la fabricación de materiales constructivos, como por ejemplo en la producción de paneles aislantes acústicos y térmicos. Los paneles fabricados con cascarilla de café demostraron una excelente transferencia de humedad, rasgo fundamental en esta industria; no obstante, se deben realizar más investigaciones en profundidad, ya que los paneles fabricados con este material podrían provocar una mayor pérdida de calor y puntos acústicamente débiles.

Palabras claves: construcción, residuos agrícolas, materiales, cemento.

SUMMARY

The present research refers to the use of coffee peel waste to obtain construction material. The objectives set were to describe the importance of using agro-industrial waste based on coffee peel and establish the benefits that coffee peel waste provides as a construction material in terms of an ecological alternative. The conclusions detail that the use of agroindustrial waste presents a viable means to address various environmental challenges derived from the generation and disposal of said waste, as well as other factors resulting from the advancement of other productive sectors; The waste generated during the coffee production process can be very valuable to specific industries, which can consist of both liquid and solid forms. In the dry process, waste is generated in the initial stage that goes from cultivation to drying, with coffee husks being notably the main source of waste. Coffee husk is among the most investigated waste materials for possible use. Due to its favorable hygrothermal properties, coffee husks can be used in the manufacture of construction materials, such as in the production of acoustic and thermal insulating panels. The panels made with coffee husks demonstrated excellent moisture transfer, a fundamental trait in this industry; However, more in-depth investigations must be carried out, as panels made from this material could cause greater heat loss and acoustically weak spots.

Keywords: construction, agricultural waste, materials, cement.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. CONTEXTUALIZACIÓN | 1 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 2 |
| 1.4. OBJETIVOS | 3 |
| 1.4.1. Objetivo general | 3 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 2. DESARROLLO..... | 4 |
| 2.1. MARCO CONCEPTUAL..... | 4 |
| 2.1.1. Importancia de los residuos agroindustriales | 4 |
| 2.1.2. Residuos agroindustriales a base de cáscara de café..... | 6 |
| 2.1.3. Beneficios que aporta los residuos de cáscara de café como material de construcción en cuanto a alternativa ecológica..... | 14 |
| 2.2. MARCO METODOLÓGICO | 17 |
| 2.3. RESULTADOS..... | 18 |
| 2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 19 |
| 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 20 |
| 3.1. CONCLUSION | 20 |
| 3.2. RECOMENDACIONES..... | 21 |
| 4. REFERENCIAS..... | 22 |
| 4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 22 |
| 4.2. ANEXOS..... | 28 |

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Los residuos agroindustriales se pueden definir como los subproductos orgánicos derivados de la actividad de procesamiento o comercialización agrícola que carecen de utilidad dentro del ciclo productivo en el que se generaron. (Amézcuca *et al.* 2019).

En el presente momento, ha emergido el interés por el aprovechamiento de los residuos agroindustriales no solo con el propósito de reducir los efectos adversos en el entorno, sino también con el fin de conferirles un valor añadido y fortalecer el desarrollo económico de las localidades. Para lograr esto, es imperativo adquirir una comprensión integral de las propiedades y características inherentes asociadas con la diversa gama de materiales de desecho que pueden surgir de diversos procesos agroindustriales (Rojas *et al.* 2019).

La cascarilla de café se utiliza en el sector de materiales poliméricos debido a su versatilidad y bajos costos, la cascarilla de café se utiliza como relleno en la matriz polimérica para crear materiales amigables con el medio ambiente con buenos resultados. Cambios en las propiedades están relacionados con la resistencia y estabilidad del compuesto en altas temperaturas. La cascarilla de café se utiliza como material de construcción, adsorbente, inhibidor de corrosión. (Urrego y Godoy 2021).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática central que abordamos es la enorme cantidad de cáscaras de café generadas por la industria cafetalera, las cuales, en su mayoría, terminan como residuos sin una gestión eficiente. Este excedente no solo contribuye a la contaminación ambiental, sino que también subraya la necesidad de encontrar soluciones creativas para el aprovechamiento de estos residuos, (Cury *et al.* 2017).

1.3. JUSTIFICACIÓN

La producción masiva de cáscaras de café como un subproducto de la industria cafetalera representa un desafío significativo en términos de gestión de residuos. La falta de un manejo adecuado contribuye a la contaminación ambiental y a la acumulación de desechos. La utilización de estas cáscaras en la creación de materiales de construcción ofrece una solución práctica para reducir la carga de residuos en los vertederos y minimizar el impacto ambiental asociado y también Los materiales de construcción derivados de la cáscara de café pueden ofrecer propiedades térmicas y aislantes, contribuyendo así a la eficiencia energética de las edificaciones. Este enfoque puede tener un impacto positivo en la reducción de la demanda energética para la calefacción y refrigeración, mejorando así la sostenibilidad global de las construcciones. (Moreira 2019).

La industria de la construcción desempeña un papel importante en la exacerbación de la contaminación ambiental, ya que depende en gran medida de recursos naturales no renovables y deja un rastro de desechos y escombros. Esta acumulación de contaminantes degrada progresivamente el medio natural. De manera similar, industrias

como la agricultura contribuyen directamente a la contaminación ambiental al utilizar materias primas y eliminar desechos mediante métodos como la quema, el vertido en ríos o el depósito en vertederos, agravando así aún más los niveles de contaminación.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Analizar información relevante sobre el aprovechamiento de residuos de cascara de Café para la obtención de material de construcción

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir la importancia del aprovechamiento de los residuos agroindustriales a base de cáscara de café.
- Establecer los beneficios que aporta los residuos de cáscara de Café como material de construcción en cuanto a alternativa ecológica.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología.

Líneas: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea: Procesos agroindustriales

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Importancia de los residuos agroindustriales

Los desechos generados por la industria agrícola representan una valiosa y sostenible materia prima, en especial la biomasa lignocelulósica, que puede ser transformada en productos de mayor valor, lo que permite optimizar el uso de recursos, mejorar la productividad y reducir la generación de residuos. (Malagón *et al.*, 2017).

En ciertas zonas geográficas, se identifican recursos de biomasa significativos para aplicaciones energéticas, tales como la región costera septentrional, que cuenta con biomasa derivada de la caña de azúcar, el bagazo, así como de ecosistemas de selva alta y baja que ofrecen residuos de palma aceitera y de bosques, junto con subproductos como la cascarilla de café y cacao. La utilización de estos recursos para la generación de productos con fines energéticos, farmacéuticos, alimenticios o agronómicos está condicionada por sus características particulares en términos de origen, composición y propiedades, siendo crucial seleccionar la tecnología más idónea en función de dichas características. La falta de información detallada sobre las propiedades fisicoquímicas de estos materiales puede complicar la selección del método óptimo para su aprovechamiento. (Pérez 2020).

En la actualidad, las agroindustrias están explorando estrategias de producción innovadoras con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. En este sentido, se está trabajando en la optimización del uso de los recursos naturales, así como en la valorización de los residuos generados en el proceso agroindustrial. Estas iniciativas buscan evitar la disposición inadecuada de los residuos, la cual puede

ocasionar degradación de los ecosistemas debido a la elevada concentración de materia orgánica. (Rojas *et al.*, 2019)

Aunque la mayoría de los subproductos agroindustriales presentan un contenido reducido de nitrógeno, una mayor proporción de fibra y una densidad nutricional baja, su valor nutricional puede ser mejorado mediante procesos de transformación. Como se destaca en la décima revisión, estas fuentes abundan en una variedad de compuestos bioactivos y nutracéuticos, lo que sugiere que con el enriquecimiento de nutrientes y la tecnología adecuada para su valorización, podrían servir como soluciones viables para abordar problemas relacionados con la nutrición animal y el suministro global de proteínas y calorías. (Aguiar *et al.*, 2021).

El aprovechamiento de residuos agroindustriales ofrece un medio para abordar una variedad de cuestiones ambientales derivadas de la separación de estos residuos y su procesamiento, así como de otros factores asociados al avance de los productores emergentes. Por lo tanto, al contribuir a la reducción en la utilización de recursos naturales renovables y no renovables como materias primas para otros bienes, esto resulta en la creación de oportunidades de empleo y capital financiero. (Corcuera y Llanos 2022).

La utilización de residuos agrícolas e industriales tiene un potencial significativo para mejorar la economía circular, ya que estos subproductos pueden servir como materia prima en una variedad de procesos de producción. Estos residuos se pueden clasificar en dos tipos distintos. Por un lado, los residuos del campo como hojas, tallos, vainas y tallos que quedan en el campo después de la cosecha. Además, los remanentes de las actividades de procesamiento, como melaza, cáscaras, bagazo, tallos, semillas, hojas,

paja, pulpa, rastrojos y raíces, que persisten una vez que los cultivos se convierten en productos de uso final. (Romero 2022).

Tener una amplia gama de residuos, tanto orgánicos como inorgánicos, muchos de los cuales son considerados desechos inútiles y son eliminados por medio de la quema, vertido en cuerpos de agua o deposición en vertederos, contribuyendo a la acumulación de contaminantes ambientales. Sin embargo, al ampliar el marco ecológico en el siglo XXI, algunas empresas o fábricas utilizan estos materiales de desecho como fuente de energía. (Falquez 2018.).

Un estudio sobre la utilización de desechos agroindustriales indicó que al convertirlos en productos de valor agregado, como materiales de construcción y biocombustibles, se reintegran efectivamente en los procesos de producción. Esto se aplica a productos farmacéuticos, cosméticos y nutrientes, así como a la producción y procesamiento de glicerol, lo que lleva a la conclusión de que se necesitan procesos para que los residuos de la agroindustria contribuyan a una economía circular. (Corcuera y Llanos 2022).

2.1.2. Residuos agroindustriales a base de cáscara de café.

La cáscara de café, también conocida como cascarilla, es una capa exterior cartilaginosa de color blanco amarillento de aproximadamente 100 micrómetros de espesor, correspondiente al endocarpio (pergamino) del fruto; la semilla está contenida libremente en su interior. (Ruiz y Del Castillo 2022).

Además, la inclusión de desechos agroindustriales en los materiales de construcción como alternativas al cemento, abre la oportunidad de fomentar un extenso avance en términos ambientales, sociales y económicos, posibilitando la edificación de forma más sustentable. El cemento es el producto manufacturado más utilizado a nivel mundial, y

por cada tonelada de cemento producida se emiten a la atmósfera aproximadamente 900 kg de CO₂. El aprovechamiento de cenizas de residuos agrícolas e industriales, como cascarilla de arroz, posos de café, bagazo de caña de azúcar, residuos de madera, hojas de bambú, mazorcas de maíz, paja de trigo o cáscaras de maní, ha facilitado la producción de hormigón con una tasa de sustitución del cemento de hasta 20-30%. Este enfoque mantiene las propiedades de resistencia y durabilidad del material, lo que permite su uso reglamentario en diversas aplicaciones, tanto estructurales como no estructurales, según el contexto específico. (Romero 2022).

Este se extrae mediante el proceso de trilla, que implica una separación. Las características de composición química de la cascarilla de café son las siguientes: contenido de humedad 7,6%, materia seca 92,8%, extracto etéreo 0,6%, nitrógeno 0,39%, cenizas 0,5%, extracto libre de nitrógeno 18,9%, calcio y magnesio 150 mg y fósforo. 28 mg. (Ruiz y Del Castillo 2022).

Lograr el diseño óptimo de mezclas de concreto con cascarilla de café en la construcción implica formular una estrategia de gestión ambiental para su incorporación al concreto de construcción, capitalizando así la importante producción agroindustrial que prevalece en diversos países. (Torrado *et al.*, 2021).

La cascarilla de café es uno de los residuos orgánicos producidos por la gran industria cafetalera. Esta fibra vegetal se refuerza gracias a su composición química, en concreto a la presencia de silicio, un componente mineral conocido por su resistencia a hormigones como el cemento. La cascarilla de café es el residuo vegetal objeto de estudio en esta propuesta de investigación. Ha sido considerado como un aditivo adicional en el diseño de la mezcla de concreto debido a su asociación con la industria

cafetalera. Esta industria tiene un gran protagonismo en el país, ocupando el tercer lugar a nivel mundial en términos de producción y liderando el cultivo de café. Aprovechando sus atributos favorables, la cáscara de café sirve como un agregado liviano con propiedades óptimas. (Salazar *et al.*, 2018).

La composición química de la cascarilla de café es la siguiente: contenido de humedad 11,45%, lignina 41,86%, cenizas 0,95%, grasas 5,83%, pentosas 25,5% y furfural 14,76%. Las propiedades físicas de la cascarilla de café incluyen una densidad de 1.323 g/cm³ a 26 °C, una densidad aparente de 0.323 g/cm³ y un calor de combustión de 4500 cal/ °Cg (Ruiz & Del Castillo, 2022).

Se estima que el diseño propuesto de una mezcla de concreto que incluye residuos vegetales aportará de manera significativa al campo de la construcción. En primer lugar, se espera que este material contribuya al medio ambiente al introducir una nueva perspectiva en la práctica constructiva local. En segundo lugar, se argumenta que esta mezcla posee las cualidades necesarias para ser utilizado como material de construcción para fines arquitectónicos, lo que brinda a diseñadores y constructores la posibilidad de concebir, planificar y trabajar de manera igual o incluso más eficiente que con el concreto convencional. Podría discutirse la evolución de un "concreto de alto rendimiento", definiéndolo como aquel que cumple con los parámetros establecidos para superar las restricciones asociadas con un concreto convencional, pudiendo ser denominado como tal (Moreno *et al.* 2021)

En la agroindustria del café se producen subproductos o residuos que pueden representar entre el 30% y el 50% de la producción total. En las naciones con una notable productividad en el cultivo de café se produce una cantidad significativa de residuos que

impacta de manera considerable en la contaminación y en la degradación del medio ambiente, dado el elevado grado de compuestos nocivos presentes, como la cafeína, alcaloides, taninos y polifenoles. Por lo tanto, se han desarrollado diversas investigaciones destinadas a aprovechar los desechos producidos en esta industria agroindustrial como materias primas para la elaboración de otros productos. (Urrego y Godoy 2021).

La cascarilla o cascarilla de café presenta las siguientes propiedades: Tiene un poder calorífico aproximado de 7458 Kcal/kg y un contenido de cenizas aproximado del 0,6%. El contenido de humedad promedio es de 5,4%, el contenido de materia volátil es de 87,7%, la densidad aparente promedio es de 0,33 g/cm³ y el tamaño de partícula varía de 0,425 a 2,36 mm de diámetro (Ruiz y Del Castillo 2022).

Para aprovechar de manera sostenible la cáscara de café, se sugiere emplearla como componente principal en la generación de ceniza, la cual podría ser integrada en la fabricación de ladrillos como una alternativa ecoamigable en el sector de la construcción (Sandoval y Huaman 2021).

El concreto es el material con mayor uso en la construcción, es el material que más se debe experimentar para encontrar alternativas ecológicas y utilizables. Para potencializar este material, no únicamente en su composición con los residuos orgánicos, sino que también se busca alternativas en su estética, en la variabilidad de sus aplicaciones (Moreno et al., 2021)

Una de las aplicaciones más importantes de la cascarilla de café como materia prima en el desarrollo de nuevos productos radica en el campo de los materiales poliméricos, que por su versatilidad y, en algunos casos, rentabilidad, ofrecen perspectivas muy atractivas

para su utilización. (Urrego y Godoy 2021).

El aspecto estético de las obras es cada vez más significativo, y los elementos arquitectónicos de hormigón desempeñan un papel crucial en la evolución de la arquitectura contemporánea al ofrecer una notable versatilidad. Además del hormigón, ningún otro material de construcción contemporáneo puede ser manipulado con tanta facilidad en términos de formas, colores y texturas. (Salas 2014).

Se realizó un examen para comparar la resistencia a la compresión en Kg/Cm² del concreto convencional y del concreto con ceniza de cascarilla de café como sustituto parcial del agregado fino. Se prepararon probetas de concreto con una resistencia a la compresión de $f'_c=210$ kg/cm², utilizando 5%, 8% y 10% de ceniza de cascarilla de café como reemplazo del agregado fino. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión a los 28 y 40 días. Los resultados revelaron que el concreto con 5% de ceniza de cascarilla de café exhibió una resistencia de 176 kg/cm², 156.27 kg/cm² para 8% de ceniza y 152.05 kg/cm² para 10% de ceniza. Se observó que la resistencia a la compresión disminuyó con el aumento del porcentaje de contenido de cenizas, lo que implica una relación inversa entre el contenido de cenizas y la resistencia a la compresión. (Sandoval y Huaman 2021).

Aunque se han llevado a cabo investigaciones y desarrollos tecnológicos en este campo, la utilización del concreto arquitectónico padece de deficiencias significativas en términos estéticos y mecánicos en algunas obras. Sin embargo, existe una falta de integración entre estas dos características esenciales, a pesar de que el propósito fundamental del concreto arquitectónico es precisamente combinar estas cualidades en aras de la cohesión y la excelencia. (Moreno *et al.*, 2021)

El hormigón es un material compuesto que comprende un medio aglutinante en el que se incrustan partículas o fragmentos de áridos. Se trata de una combinación de aglomerados que incluye arena, piedra, agua y cemento; en su estado inicial, presenta propiedades de plasticidad y maleabilidad, evolucionando posteriormente hacia un proceso de fraguado y adquisición de propiedades resistentes duraderas. El hormigón es el segundo material más utilizado a nivel mundial, después del agua. La versatilidad se refiere a la capacidad inherente del concreto para lograr altas prestaciones en una variedad de contextos, usos y aplicaciones (Coral 2019).

La cascarilla de café se emplea para materiales de construcción, adsorción, inhibición de la corrosión, control de la diabetes y la obesidad, propiedades antiinflamatorias, así como refuerzo en matrices poliméricas. (Urrego y Godoy 2021).

La cascarilla del café, también conocida como cascarilla, es un material compuesto principalmente de pergamino y fragmentos de granos. Aproximadamente el 6% del café seco y molido consiste en pergamino, que contiene un 12% de humedad. Este es un subproducto que se genera en cantidades importantes luego de la cosecha del café; De 1 kilogramo de cerezas de café se pueden obtener aproximadamente 35 gramos de cascarilla o pergamino de café. (Sandoval y Huaman 2021).

Se han llevado a cabo estudios en varios países de América Latina y Asia para investigar el potencial de los desechos agrícolas, como la cascarilla de café y otros residuos, con el objetivo de identificar sus beneficios en la producción de materiales de construcción, tales como el concreto, con el fin de mitigar el impacto ambiental asociado con su elaboración. (Molocho 2020).

En ciudades seleccionadas, se ha observado innovación a través de la adopción de pisos a base de polietileno y cáscara de café molido, ya que los pisos de madera actuales mostraban signos de degradación. Este elemento novedoso surgió como producto de los esfuerzos de investigación realizados por Metro para explorar medidas alternativas que garanticen la continuidad de la prestación del servicio. Además de su constante disponibilidad, reducción de costos, evitación de importaciones y respeto al medio ambiente. (Coral 2019).

La creciente demanda de sustratos libres de residuos contaminantes ha impulsado la búsqueda de alternativas para diversificar las bases de cultivo, ejemplificada por la utilización de cascarilla de café. Este material orgánico y rentable cumple con los requisitos y al mismo tiempo ayuda a reducir los desechos que quedan al aire libre mediante su aplicación. (Weninger 2020).

La composición de la ceniza de cascarilla de café se caracteriza predominantemente por SiO_2 y CaO , con proporciones más bajas también compuestas por óxidos de Aluminio, Fósforo, Potasio y Magnesio (Weninger 2020).

La cascarilla residual del procesamiento del café es empleada por un grupo de ingenieros mecánicos como materia prima para extruir perfiles de madera y plástico y fabricar viviendas para personas de bajos ingresos. La industria de la construcción requiere continuamente innovación a través de proyectos cada vez más sostenibles y eficientes en el uso de recursos. La mezcla de polímeros con fibras derivadas de productos de desecho como el aserrín (EE.UU.) o la cáscara de arroz (China) ha ofrecido a nivel

mundial una alternativa a la madera conocida como Wood Plastic Composite (WPC) (Coral 2019).

Implica destacar que la falta de alternativas económicas a un diseño de mezcla estándar a menudo conduce a la reducción o eliminación de cantidades de materiales, lo que resulta en construcciones deficientes. Por lo tanto, se exploraron diversas alternativas de cenizas naturales, tales como aquellas provenientes de residuos de coco, cascarilla de café y cascarilla de arroz, con el objetivo de ofrecer opciones más rentables para la formulación de mezclas. (Iparraguirre 2021).

La presencia de pigmentos y la textura inherente de la cascarilla de café pueden resultar en un acabado excepcional en superficies expuestas. Desde una perspectiva química, la cascarilla de café es notable por su alto contenido de silicio, un elemento comúnmente extraído de minerales como el cuarzo. En la naturaleza, el silicio ocupa el segundo lugar en abundancia, solo superado por el oxígeno. La presencia de este componente mineral en la cascarilla de café lo hace duradero en el concreto, mientras que el cemento en las mezclas tradicionales también lo es, reuniendo condiciones óptimas de trabajabilidad y acabado, conservando materiales, aumentando la capacidad de producción y mejorando la seguridad. (Molocho 2020).

Una de las ventajas de esta fibra vegetal reside en su composición química, rica en silicio, un elemento típicamente extraído del cuarzo y otros minerales y que se sitúa como el segundo elemento más abundante en la Tierra después del oxígeno. La inclusión de este componente mineral en la cáscara de café proporciona durabilidad al concreto, similar al cemento en mezclas convencionales. Las propiedades mencionadas fueron validadas a

través de un conjunto de experimentos destinados a discernir las posibles cualidades físicas de la cascarilla, las cuales podrían tener relevancia en contextos arquitectónicos e ingenieriles. (Rojas *et al.*, 2020).

2.1.3. Beneficios que aporta los residuos de cáscara de café como material de construcción en cuanto a alternativa ecológica.

A escala global, es de suma importancia que las nuevas construcciones no sólo aborden la satisfacción de una necesidad, sino que también se ejecuten con una fuerte conciencia ambiental en beneficio de las poblaciones futuras. En consecuencia, se están llevando a cabo varios experimentos utilizando diferentes tipos de residuos de frutas y cenizas, ya sea agregados a diseños de mezclas de concreto o reemplazando parcialmente componentes de concreto, para reducir costos y brindar opciones alternativas para personas con medios financieros limitados. Esta práctica se está implementando en países como Ecuador, Colombia y Guatemala, donde la sustitución de componentes de concreto por cáscaras y cenizas de frutas tiene como objetivo ofrecer una solución más rentable y respetuosa con el medio ambiente que se alinee con las capacidades de la sociedad. Este enfoque busca lograr una alternativa concreta que iguale o supere las propiedades óptimas del hormigón estándar. (Iparraguirre 2021).

En el sector de la construcción se han desarrollado opciones destinadas a colaborar en la gestión de los residuos agroindustriales, empleándolos como sustitutos de los agregados tradicionales. Por consiguiente, los desechos provenientes de tallos de sorgo, cáscaras de arroz y maní pueden ser utilizados en lugar de los agregados finos con el propósito de potenciar las propiedades de aislamiento térmico y resistencia a la

compresión. En cuanto a la sustitución del cemento, se pueden utilizar productos de desecho como residuos de oliva, cenizas de bagazo de caña y cenizas de cáscara de arroz, que tienen el potencial de mejorar la resistencia a la compresión, el aislamiento térmico y la permeabilidad. En última instancia, materiales como paja, aserrín, café molido y papel pueden utilizarse como sustitutos de la arcilla en la construcción. Estas alternativas contribuyen a mejorar la resistencia a la compresión, la absorción de agua, el aislamiento térmico y la absorción sísmica. Por ejemplo, las cáscaras de arroz y de café obtenidas de cultivos se han combinado con cemento para producir ladrillos, lo que los convierte en una opción adecuada tanto para construcciones nuevas como para edificios existentes. (Morales *et al.*, 2023)

La mezcla obtenida del concreto con agregado de cascarilla de café será utilizada en trabajos de acabado; como pigmentación, estampación y encofrado. La ventaja de emplear estas técnicas radica en la capacidad de generar diversidad y confiabilidad, dotando al material de atributos definidos durante todo su proceso productivo hasta su aplicación, alineándose así con principios de sustentabilidad ambiental y aprovechando efectivamente los residuos vegetales, específicamente los derivados del cultivo del café. -actividades industriales. (Moreno *et al.*, 2021)

Normalmente, los residuos agroindustriales no son económicamente viables para ser utilizados con fines comerciales dentro del proceso que los genera; sin embargo, al reutilizarlos y utilizarlos, estos materiales de desecho pueden transformarse en productos comercializables de valor monetario, reduciendo al mismo tiempo la contaminación ambiental. Las tecnologías actuales deben centrarse en adoptar metodologías

operativas capaces de reciclar, recuperar y garantizar la sostenibilidad en la producción de nuevos productos económicamente valiosos que impacten la calidad ambiental y mejoren el bienestar socioeconómico de los productores. Estos nuevos productos podrían encontrar aplicación en la agroindustria, la industria alimentaria o el sector farmacéutico. (Carmona 2023).

La evaluación del impacto medioambiental resultante de la fabricación de materiales de construcción es muy deficiente. En respuesta, algunos países han instituido mecanismos rudimentarios para proporcionar pautas generales para su uso apropiado. Sin embargo, es muy complicado identificar los efectos secundarios específicos causados por su producción. En consecuencia, existe un imperativo creciente de desarrollar y modificar materiales a través de una evaluación integral dentro del ámbito de las prácticas ecológicas y de construcción. Se debe "... Transición de una cultura de reacción ante emergencias a una de sostenibilidad, definida en un sentido positivo como acciones oportunas destinadas a implementar medidas que puedan prevenir problemas (Manzini y Bigues 2000).

Desde el aspecto ecológico, tiene una gran ventaja la industria agronómica por el grado de residuos orgánicos que genera en la producción. En tal sentido, se proyecta aprovechar la cascarilla de café, con la finalidad de aprovechar este sobrante, siendo Colombia el segundo productor mundial de este fruto y por el potencial de este residuo como fibra vegetal, al presentar propiedades que la hacen óptima para ser utilizada como agregado liviano en el concreto (Moreno *et al.*, 2021)

Integrar fibras naturales provenientes de residuos orgánicos en la industria de la construcción representa un beneficio significativo. Esta práctica permite capitalizar el potencial de la tecnología y de las investigaciones disponibles, facilitando la generación de innovadoras propuestas orientadas a la mitigación de la sobreexplotación de recursos naturales. (Moreno *et al.*, 2021).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Este manuscrito, que contiene un elemento práctico, fue compilado a partir de la recopilación de diversos tipos de información a través de una extensa investigación realizada en diversos sitios web, trabajos académicos, fuentes y bases de datos bibliográficas accesibles en plataformas digitales.

Debido a la imposibilidad de manipular variables de forma libre en el diseño de investigación de este estudio y a la observación exclusiva de eventos del mundo real en consonancia con el progreso de la investigación, este diseño se clasifica como no experimental.

Los datos serán analizados, condensados y resumidos para establecer información específica relevante para este proyecto de investigación, que se centra en la "Utilización de residuos de cáscara de café para la producción de materiales de construcción". Se hará hincapié en su importancia y aspectos principales para alinearse con la aceptación académica y social del lector.

2.3. RESULTADOS

La cáscara de café presenta mayor resistencia y sequedad en comparación con otras fibras, además de sus propiedades resistentes al fuego. Este material es más respetuoso con el medio ambiente en comparación con la madera tradicional, ya que presenta cualidades no inflamables y no astillas, además de resistencia a los insectos. (Moreno *et al.*, 2021)

Con respecto a las características de las cenizas de cascarilla de café, se observa que poseen una considerable presencia de sílice amorfa, lo que confiere a este material propiedades puzolánicas. Desde el punto de vista físico, la ceniza de café existe en forma de arena fina o polvo, de textura delicada al tacto y de una tonalidad un tanto esquiwa e intrincada. Desde un punto de vista químico, este compuesto comprende aproximadamente del 35% al 60% de óxido de sílice, del 10% al 30% de alúmina, del 4% al 20% de óxido de hierro y del 1% al 35% de óxido de cal. (Sandoval y Huaman 2021).

La incorporación de la cáscara de café ahora se ha integrado como componente de la fibra natural, y las fibras naturales se emplean como medio para reforzar el acero antes de pasar al refuerzo tradicional de hormigón. Muchos materiales de refuerzo natural pueden adquirirse a precios económicos, lo cual, al considerar el uso de mano de obra, puede generar beneficios ambientales favorables. Estas fibras se emplean para la producción de hormigón reforzado con fibras con un contenido reducido de fibras. (Molocho 2020).

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La cáscara de café presenta una resistencia y sequedad superiores en comparación con otras fibras, además de sus propiedades resistentes al fuego. Este material ecológico es superior a la madera tradicional por su no inflamabilidad, resistencia al astillamiento y resiliencia a los insectos, como lo identifican *Ruiz y Del Castillo (2022)*.

La cascarilla del café se utiliza de diversas formas en el sector de la construcción. De esta manera, la incorporación de este nuevo componente en los materiales utilizados en la construcción sostenible posibilitaría la reutilización y la disminución de la emisión de contaminantes atmosféricos en estructuras de construcción. Por consiguiente, se ha autorizado su utilización en distintas aplicaciones y en conjunción con otros materiales con el fin de lograr un desempeño óptimo, contribuyendo así a lo argumentado por *Urrego y Godoy (2021)*

En la construcción contemporánea, las cáscaras de café sustituyen de forma inmediata a la madera, prescindiendo además de la utilización de agentes químicos nocivos para la salud humana. Para su instalación sólo se requiere un taladro y una estructura metálica preexistente. Esta sería la opción óptima para aquellos que busquen una construcción eficiente y de alta calidad, ya que su fácil transporte permitiría su implementación en diversos proyectos comunitarios en áreas alejadas. Además, para el montaje no son necesarios conocimientos previos, ya que el acabado final requiere trabajos adicionales. Esta afirmación se alinea con los hallazgos de *Torrado et al. (2021)*

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSION

La investigación ha confirmado la viabilidad técnica y estructural de utilizar la cáscara de café en la creación de materiales de construcción. Los materiales desarrollados exhiben propiedades mecánicas y térmicas que los hacen competitivos con los materiales convencionales, la integración de la cáscara de café en materiales de construcción demuestra un enfoque efectivo para abordar la gestión de residuos agroindustriales. Este enfoque promueve prácticas sostenibles y respalda la economía circular al reutilizar un subproducto, la cáscara de café se encuentra entre los materiales de desecho más investigados para su posible utilización. Debido a sus propiedades higrotérmicas favorables, la cascarilla de café puede ser empleada en la fabricación de materiales constructivos, no obstante, se deben realizar más investigaciones en profundidad, ya que los paneles fabricados con este material podrían provocar una mayor pérdida de calor y puntos acústicamente débiles.

3.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar la investigación en el desarrollo de técnicas de producción más eficientes y escalables. Esto incluye explorar innovaciones en la manipulación y procesamiento de la cáscara de café para maximizar su utilidad en diferentes tipos de materiales de construcción. Es esencial realizar pruebas a largo plazo de los materiales en condiciones reales de construcción para evaluar su durabilidad y resistencia en el tiempo. Estas pruebas proporcionarán datos valiosos sobre el desempeño a largo plazo de los materiales fabricados con cáscara de café. Utilizar cáscara de café como residuo agroindustrial alternativo en materiales de construcción.

4. REFERENCIAS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguiar, Santiago, Uvidia, Hernán, & Arboleda, Luis. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 266-277. Epub 00 de diciembre de 2021. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.145>

Allauca Asqui, Rosa Angela (2019). Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, a base de cáscara de zanahoria (*daucus carota*), remolacha (*beta vulgaris*) y mora (*rubus glaucus*) para una bebida mediante liofilización. Proyecto de Investigación para la obtención del Título de Ingeniera Agroindustrial. Unach. Riobamba
Disponibile en <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5938/1/UNACH-EC-ING-AGRO-IND-2019-0011.pdf>

Amézcuca Vega, C., Mejías Brizuela, N., Salazar Togo, J., & Velarde Rodríguez, M. (2019). Revalorización de los residuos agroindustriales. *Cadenas de valor e innovación*, 169. Disponible en <https://n9.cl/vfj4g>

Carmona Ruiz, A. A. (2023). Valor económico-social de residuos agroindustriales del fruto de cacao, sus influencias: ambiental y calidad de vida del productor. Disponible en https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/8506/TDr.MAD_S00063C28.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Castaño Castrillón, H. D. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para disminuir los empaques plásticos de un solo uso. Disponible en

- <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/5830>
- Coral Patiño, J. A. (2019). *Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color* (Doctoral dissertation). Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77004>
- Corcuera Valderrama, C. O., & Llanos Alfaro, J. A. (2022). Manejo y aprovechamiento de los residuos agroindustriales de la empresa Gandules inc. sac del valle Jequetepeque (San pedro de Iloc) y su impacto medioambiental. Disponible en <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2550a985-cf6b-43fa-b653-71e2dfc63d21/content>
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 9(S1), 122-132. Disponible en <https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf>
- Falquez, M. 2018. Manejo de Desechos Agroindustriales. Disponible en <https://dedyxd.wordpress.com>
- Iparraguirre Sanchez, R. A. (2021). Influencia de la adición de la ceniza de la cascarilla de café en las propiedades del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, Oxapampa–2021. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84321>
- Iturmendi, F., Bongiovani, N., Holzmann, R. (2019). Aplicación de enmienda orgánica obtenida a partir de residuos agroindustriales. In *XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Disponible en https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/5060/2/Iturmendi%20et%20al%202019_CYTAL2019.pdf

- Malagón Micán, M. L., Garay Hernández, C. A. y Peña Peña, N. (2017) Obtención de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos. *Semilleros: Formación Investigativa*. 3(1), 69-76. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6439>
- Manzini, E., & Bigues, J. (2000). *Ecología y democracia: de la injusticia ecológica a la democracia ambiental* (Vol. 25). Icaria Editorial. Disponible en https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OPxuXxJTdCMC&oi=fnd&pg=PA65&dq=Ecol%C3%B3gia+y+democracia:+De+la+injusticia+ecol%C3%B3gica+a+la+democracia+ambiental+&ots=jttJmRbgwd&sig=7E1x6dVaz25_bzuBljKAJVjyIAg#v=onepage&q=Ecol%C3%B3gia%20y%20democracia%3A%20De%20la%20injusticia%20ecol%C3%B3gica%20a%20la%20democracia%20ambiental&f=false
- Molocho Tiquillahuanca, J. (2020). Adición de la cascarilla de café y sus cenizas para Mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en las viviendas económicas de Moyobamba–2020. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55350>
- Morales Escobar, D., Arrieta Almario, A. (2023). Utilización de residuos agroindustriales en la elaboración de materiales. *Prácticas investigativas de jóvenes investigadores en Sucre, Colombia*, 230. Disponible en <https://repositorio.cecar.edu.co/xmlui/bitstream/handle/cecar/9994/Pr%C3%A1cticas%20investigativas%20de%20j%C3%B3venes%20investigadores%20en%20Sucre%2C%20Colombia%20Vol.%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=231>
- Morales, M. A., Maranon, A., Hernandez, C., Michaud, V., & Porras, A. (2023). Colombian Sustainability Perspective on Fused Deposition Modeling Technology: Opportunity to Develop Recycled and Biobased 3D Printing Filaments. In *Polymers* (Vol. 15,

Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/polym15030528>

- Moreira Mata, Diana Alejandra. (2019). Ensayo biotecnológico de residuos agroindustriales de Cacao (*Theobroma cacao*) y Guineo (*Musa paradisiaca*) como sustratos para la obtención de vitamina B2 empleando *Saccharomyces cerevisiae*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13271/1/236T0468.pdf>
- Moreno Torrado, R., Sánchez Torrado, H., Santana Santana, N., Manzano Angarita, J (2021). Estudio de la mezcla de concreto con los residuos de la cascarilla del café. *Formación Estratégica*, 3(01), 115-129. Disponible en <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/79/51>
- Pérez Sandoval, N. M. (2020). Valoración del biocombustible obtenido mediante fermentación de residuos agroindustriales. Disponible en <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1503/TB-Perez%20N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Riera, M. A., Maldonado, S., & Palma, R. R. (2018). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3), 227-247. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7170984>
- Rojas Marulanda, J. R., Gutierrez, Y. M., & Vargas, Y. E. (2020). Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías. Disponible en <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e811ce6e-5fcb-41f6-9f8b-84231d7821dc/content>

- Rojas-González, A. F., Flórez-Montes, C., & López-Rodríguez, D. F. (2019).
Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. *Revista Cubana de Química*, 31(1), 31-52. Disponible en
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212019000100031&script=sci_arttext&lng=en
- Romero-Sáez, Manuel. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *TecnoLógicas*, 25(54), e100. Epub October 03, 2022.<https://doi.org/10.22430/22565337.2505>
- Ruiz Vásquez, C. A., & Del Castillo Li, M. J. (2022). Evaluación de la producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*, Champ) con residuos agroindustriales en el Centro Poblado de Eneñas, Distrito de Villa Rica–Pasco. Disponible en
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3045/4/T026_46329939_T.pdf
- Salas, I. I. (2014). Productividad y competitividad en el Quindío: un análisis desde la perspectiva de la ventaja competitiva de las naciones de Michael Porter. *Revista Sinapsis*, 6(1), 132-140. Disponible en
<https://app.eam.edu.co/ojs/index.php/sinapis/article/view/140>
- Salazar, J., García, C. D., & Olaya, J. M. (2018). Dosificación de hormigones ligeros con cascarilla de café. *Ingeniería E Investigación*, (8), 51-56. Disponible en
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4902793>
- Sandoval Melendres, G., & Huaman Melendres, M. A. (2021). Efecto de la adición de ceniza de cáscara de café en la resistencia a la compresión de ladrillo de concreto–Jaén (2021). Disponible en
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88066/Huaman_M

MA-Sandoval_MG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Torrado, R. D. P. M., Torrado, H. D. S., Santana, N. A. S., & Angarita, J. Y. M. (2021). Estudio de la mezcla de concreto con los residuos de la cascarilla del café. *Formación Estratégica*, 3(01), 115-129. Disponible en <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/79>
- Urrego Yepes, W., & Godoy Pernalete, M. J. (2021). Revisión-Aprovechamiento de los residuos de la agroindustria del café en la elaboración de materiales compuestos de matriz polimérica. *Prospectiva* (1692-8261), 19(2). Disponible en <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/2590/2418>
- Urrego Yepes, W., Godoy Pernalete, M. (2021). La Revisión-Aprovechamiento de los residuos de la agroindustria del café en la elaboración de materiales compuestos de matriz polimérica. *Prospectiva*, 19(2). Disponible en <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/2590/2418>
- Weninger Padilla, L. A. (2020). Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, Piura. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74492>

4.2. ANEXOS



Figura 1. Ladrillos elaborados a base de cáscara de café



Figura 2. Edificaciones con cáscara de café