

**DESARROLLO DE UN CAJÓN DE CULTIVO A PARTIR DE CASCARILLA DE ARROZ PARA USO EN EL
INVERNADERO DE LA UNIVERSIDAD EAN**

**SANTIAGO MORENO BARBOSA
NICOLAS ALVARADO RIOS
GIOVANNY HERNANDO PARRA MOLANO**

**UNIVERSIDAD EAN
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BOGOTÁ D.C
2023**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	4
INTRODUCCIÓN.....	5
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	7
OBJETIVOS.....	11
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
JUSTIFICACIÓN	12
ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....	14
IDENTIFICACIÓN DE ACTORES.....	14
PROPÓSITO	14
REQUERIMIENTOS.....	15
MARCO TEÓRICO	18
METODOLOGÍA	36
Enfoque	36
Alcance	36
Diseño de investigación	37
Restricciones	38
Desarrollo de prototipo	41
Fase 1 - diseño de moldes.....	41
Fase 2 - licuado/molienda de la cascarilla	44
Fase 3 - elaboración del cajón	46
COSTOS DEL PROYECTO	49
Costos directos.....	49
Costos fijos.....	50
Costos indirectos.....	50
Mano de obra.....	51
Capital de trabajo.....	51
CONCLUSIONES.....	53
REFERENCIAS.....	58

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 PLANO DEL CAJÓN PARA INVERNADERO	16
FIGURA 2 FICHA TÉCNICA CAJÓN DE CULTIVO	17
FIGURA 3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARILLA DE ARROZ Y DE LAS CENIZAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ.....	23
FIGURA 4 PIEZAS DEL MOLDE CORTADAS - SIN ENSAMBLAR.....	42
FIGURA 5 ARMADO Y PEGADO DE MOLDE.....	42
FIGURA 6 MOLDES PARA RELLENO	43
FIGURA 7 DIAGRAMA DE PROCESO, ELABORACIÓN DE MOLDES	43
FIGURA 8 PRIMER LICUADO - 1MIN.....	44
FIGURA 9 CASCARILLA TRITURADA.....	44
FIGURA 10 MEZCLA DE LA CASCARILLA TRAS PASAR POR LA LICUADORA	45
FIGURA 11 DIAGRAMA DE PROCESO, LICUADO DE CASCARILLA	45
FIGURA 12 HIDRATACIÓN DE LA CASCARILLA CON PEGANTE PARA MADERA Y AGUA	46
FIGURA 13 CASCARILLA HIDRATADA, CAMBIO DE TONALIDAD.....	46
FIGURA 14 LLENADO DE MOLDES CON MEZCLA	47
FIGURA 15 MEZCLA EN PROCESO DE SECADO A TEMPERATURA AMBIENTE	47
FIGURA 16 DIAGRAMA DE PROCESO, ELABORACIÓN DEL CAJÓN.....	48

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 COSTOS DE FABRICACIÓN.....	39
TABLA 2 MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DEL CAJÓN.....	41
TABLA 3 COSTOS DIRECTOS	49
TABLA 4 COSTOS FIJOS.....	50
TABLA 5 COSTOS INDIRECTOS.....	50
TABLA 6 MANO DE OBRA.....	51
TABLA 7 CAPITAL DE TRABAJO.....	51
TABLA 8 COSTO POR UNIDAD FABRICADA	52
TABLA 9 COSTO POR UNIDAD VENDIDA.....	52

RESUMEN EJECUTIVO

El impacto ocasionado por el consumo de madera ha llevado a la deforestación de amplias zonas boscosas, lo cual repercute gravemente en la biodiversidad y globalmente tiene un alto impacto en el tratamiento y purificación del aire. Este proyecto pretende ofrecer al mercado una materia prima que funcione como sustituto a la madera. Apoyado en la identificación de la cascarilla de arroz, como materia prima que se produce tras el descascarillado del arroz y la cual tiene usos limitados.

A partir de este material y con ayuda de procesos de manufactura como: molienda, tamizado, humidificación, mezclado, prensado, secado, cocción; se desarrolla un modelo de cajón para cultivo, el cual será donado al invernadero de la Universidad EAN y con el que se resalta como una vez sometida la cascarilla a diferentes operaciones específicas, esta se convierte en el material base de fabricación.

Este documento recopila el análisis a la problemática ambiental causada por el consumo de madera, así como la posibilidad de utilizar la cascarilla de arroz como una alternativa sostenible. También se describirá el proceso de diseño y fabricación de cajón de cultivo, plasmando como la cascarilla de arroz puede ser utilizada como materia prima en la fabricación de productos tradicionalmente elaborados con madera.

INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental del último siglo se ha visto desde diferentes frentes, en los cuales actividades que acarreaban cotidianidad, hoy en día resultan ser las causantes de múltiples problemas que atacan gravemente al medio ambiente. Pese a esta realidad, las actividades dañinas continúan, y aunque existan normativas que las restringen o regulan, existen quienes las practican y pasan por alto estas indicaciones de cuidado ambiental, siendo esto el detonante a que el daño siga impactando sin un cese a su agresividad y las repercusiones sean cada vez más irreparables.

Una de las problemáticas ambientales que ha perdurado y no se le ha podido dar un manejo efectivo pese a la cantidad de normativas implementadas para su control, es la tala de árboles. Una práctica que involucra la destrucción anual de miles de hectáreas de bosque virgen, la destrucción de ecosistemas y el consumo de un recurso que se hace escaso con el paso del tiempo. La tala de árboles se da con varios fines, despejar tierras para cultivo, ganadería, o recolección de madera, la cual suele ser usada como materia prima básica en muchas actividades y objetos de uso doméstico. Dada la resistencia, economía y propiedades que comprenden a este material, hacen que su uso sea indispensable y por ende de una alta demanda.

En otro ámbito tenemos la cascarilla de arroz, un material que se obtiene tras la limpieza del grano de arroz. Dicho material se encuentra en abundancia en las zonas arroceras del país siendo casi un desperdicio dado que no suele utilizarse y simplemente queda a la

intemperie convirtiéndose en un desperdicio y contaminante que al pasar del tiempo genera daño ambiental.

Dadas estas problemáticas, se busca ofrecer al mercado una alternativa de uso a la cascarilla de arroz, la cual funcione como un sustituto de la madera, mediante procesos de aglomeración que permitan obtener un producto económico, resistente y con propiedades similares a las de la madera. Esta iniciativa atacaría dos problemáticas de raíz, primero demostrando la versatilidad y eficiencia de la cascarilla como material alternativo con lo cual se promueve su consumo y se reducirán los desperdicios de esta y segundo promoviendo a la reducción del consumo de madera con lo cual su demanda será más baja contribuyendo de esta manera a la conservación de los bosques.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación del aire, es un efecto producido por la emisión de gases contaminantes a la atmosfera tras la realización de actividades cotidianas o industriales. La naturaleza en sus orígenes dio potestad a las plantas, para ser el medio que actúa como filtro, retiene las toxinas y emite aire libre de contaminantes, una actividad conocida como fotosíntesis. Esta afirmación, brinda un panorama de cuan importantes son los bosques en nuestro planeta y como su existencia garantiza nuestra calidad de vida.

Previos estudios han demostrado que, en zonas montañosas, las plantas, en especial árboles, tienen una función adicional, en la cual, con la ayuda de sus raíces fomentan la estabilidad de los suelos, evitan la erosión y derrumbes. En pocas palabras, como afirman en el 2021 Quiroga et al., los bosques “Desempeñan un papel fundamental en la mitigación y adaptación del cambio climático por su capacidad de absorber el dióxido de carbono (CO₂) y fijarlo en forma de biomasa. Además, proveen servicios ambientales regulando el ciclo de agua, protegiendo los suelos y suministrando recursos” (Pág.1.). Sin embargo, pese a las anteriores afirmaciones, la realidad para los bosques es otra; día a día se talan centenares de hectáreas, en muchas ocasiones por prácticas ilegales, con el fin de praderizar tierras para cultivo, ganadería, infraestructura para vías o caminos, extracción de minerales, ampliación de zonas agrícolas y recolección de madera.

En América Latina, “entre 1990 y 2020, la superficie cubierta por bosque natural disminuyó en 150 millones de hectáreas, en tanto que la cobertura de plantaciones forestales aumentó en sólo 14 millones de hectáreas” [...] de acuerdo a esta información, se logró

identificar que “la pérdida de superficie de bosque se relaciona con nuevos usos de la tierra para agricultura, silvicultura y ganadería, y, en menor medida, por la expansión de las ciudades y la construcción de carreteras asociadas a actividades económicas variadas” [...] a nivel nacional la deforestación alcanzó entre los años 1990 al 2020, una reducción de “5.8 millones” hectáreas. (Quiroga et al., 2021. Págs. 3,4).

En Colombia, IDEAM (2013) como se citó en Van Eynde & Blomley, (2015), afirma que, “Más de la mitad de la superficie total de Colombia —51,35%, es decir, unas 58,6 millones de hectáreas— está cubierta por bosques naturales”(Pág.3).

La demanda de madera, promueve a que la tala de árboles no tenga reducción y el daño a los bosques continúe representado una crisis ambiental. Según datos de la OIMT, entre 2008 y 2012, Colombia produjo en promedio 4.250.000 m³ de madera al año, 68% en madera tropical y 32% en coníferas. (Van Eynde & Blomley,2015.Pág.4). Estos datos indican que, en el país la producción de madera es amplia y representa un brazo sólido para la economía; sin embargo, hay un problema, pese a que este fuerte musculo financiero reporte flujo constante de ingresos, tras el existe un aspecto negativo al cual hacen referencia Van Eynde & Blomley en el 2015, donde nos afirman que “en 2006, el banco mundial estimó que 42% de la madera producida en Colombia era de origen ilegal” (Pág.13). Esta ilegalidad, además de acarrear problemas sociales a comunidades cercanas a las zonas de extracción, económicos a quienes ejercen la tala legalmente, tiene consecuencias ambientales, dado que en las zonas de tala no se tiene un control de cuanto bosque se consumirá.

Por otro lado, se entiende que la cascarilla de arroz es un material residual orgánico, el cual se obtiene tras el proceso de descascarillado del arroz y cuya función es darle protección al

grano durante su etapa de vida. Este material suele utilizarse como abono para plantas, tendido de cama para animales y en otras ocasiones como combustible mediante su quema. Sin embargo, pese a ser un material de origen vegetal acarrea consigo una problemática ambiental, la cual está dada al alto contenido de silicio en la cascarilla, ocasionando que sea poco degradable y levemente apetecible para algunos organismos, siendo así que un grupo reducido de estos se nutren de esta (Prada & Cortés, 2010).

También se sabe que, dada la capacidad adsorbente de la cascarilla, al entrar en contacto con superficies hídricas se convierte en una especie de capa que impide el paso del oxígeno promoviendo a la asfixia de especies acuáticas, propiedad que no solo tiene un impacto en relación a al tema hídrico, puesto que también, en la superficie puede interrumpir el flujo de aire si se acumulan capas considerables de esta. Cabe resaltar que otra forma de contaminación producida por la cascarilla está dada tras el proceso de quema, en el cual se desprenden grandes cantidades de dióxido de carbono al aire, dadas las propiedades químicas que lo conforman.

Se da por entendido, la presencia de una doble problemática ambiental, en primera instancia la tala de árboles que acarrea al consumo de bosques, a causa de la necesidad de madera y segundo, la cascarilla de arroz, un material de alta disponibilidad, que no está siendo aprovechado a tal punto de ser considerado como contaminante. Dos problemáticas que, si son evaluadas desde un análisis profundo pueden resolverse proyectando el uso de la cascarilla para reducir el consumo de madera. Dado este contexto, surge la pregunta bajo la cual se pretenden abordar estas problemáticas, ¿Cómo utilizar la cascarilla de arroz como un material

de fabricación alternativo a la madera, para mitigar la tala de árboles y reducir la contaminación generada por los altos índices de material residual tras el proceso de descascarillado del arroz?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Fabricar un cajón de cultivo ecológico a partir de cascarilla de arroz para uso en el invernadero de la Universidad EAN, como alternativa al consumo de madera fomentando la sostenibilidad ambiental

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el impacto ambiental generado por la tala de bosques y su relación con la demanda de madera.
- Investigar usos actuales de la cascarilla de arroz en los sectores agrícola y comercial, analizando su ciclo de vida y posibles aplicaciones.
- Proponer una metodología que aproveche la cascarilla de arroz y la convierta en materia prima para elaborar un cajón de invernadero.
- Diseñar un prototipo a escala real de un cajón de cultivo para invernadero, elaborado a base de cascarilla de arroz, que cumpla con los estándares de calidad y funcionalidad requeridos para su uso en la Universidad EAN.

JUSTIFICACIÓN

El impacto ambiental ocasionado por la tala de árboles para extracción de madera, es un problema que a pesar de estar en conocimiento de muchos y bajo el seguimiento de varias normativas que buscan regular la tala, sigue presente; puesto que la demanda del material es muy alta y quienes se dedican a esta actividad de forma ilegal no dudan en consumir los bosques sin tener en cuenta la afectación a la biodiversidad de la zona y el daño que generan. Tras esto, resulta importante ofrecer alternativas al mercado, en cuanto a productos o materiales que contemplen características similares a la madera y puedan suplir el uso de esta. Abordando esta temática se encuentra que existe un producto, cascarilla de arroz, la cual tras el proceso de limpieza del grano queda a disposición de los elementos pues las utilidades que se le suelen dar a este material son escasas a prácticamente nulas, en consecuencia suele dejarse a disposición de los elementos para su degradación, sin embargo, este material posee algunas propiedades que le dotan larga duración, así como la cualidad de ser poco comestible, siendo así, que sea considerado como desperdicio y al pasar del tiempo se vuelve contaminante. Estas dos situaciones acarrear un daño ambiental notable, y pese a que su impacto claramente se diferencia, no dejan de ser problemas que afecten el planeta.

Dado lo anterior, se identifica una oportunidad para abordar ambas problemáticas; primero incentivar la reducción de tala de árboles para obtención de madera y segundo fomentar el uso de la cascarilla de arroz; esto utilizando la cascarilla de arroz como materia prima en la elaboración de artículos que generalmente son fabricados a base de madera. Esta propuesta además de resultar innovadora dado el material que se usa, traería beneficios

económicos a quienes se dediquen a las labores de fabricación, ya que el valor de la cascarilla es relativamente bajo, y los procesos de fabricación no requerirán de grandes procesos de tipo industrial o maquinarias cuyo manejo sea exclusivo para un técnico; de hecho, pueden fabricarse de forma artesanal y con materiales económicos y fáciles de conseguir. Dicho esto, este proyecto desarrollará un cajón para cultivo, que se usará en el invernadero de la Universidad EAN, en este se sustituirá el uso de madera, siendo la cascarilla de arroz el material base que componga la estructura. Esta iniciativa denotara el uso de la cascarilla de arroz como materia para la fabricación de diferentes artículos en los cuales prima el uso de madera y traerá consigo un modelo físico que corrobore dicho ideal, promoviendo el uso de este material como un sustituto a la madera.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

IDENTIFICACIÓN DE ACTORES

- 1. Proveedores de la materia prima:** Productores, agricultores y empresas dedicadas al cultivo, cosecha y producción del grano de arroz, los cuales provean la materia prima (cascarilla de arroz).
- 2. Beneficiario:**
 - La Universidad EAN, puesto que el cajón va a dejarse para que sea usado en el invernadero como cajón de cultivo para siembra.
 - La población que tenga acceso a este documento, puesto que recopila la investigación en la cual se basa el desarrollo del producto y detalla el procedimiento de fabricación del cajón. Sirviendo de base para el desarrollo de otros productos a base de la misma materia prima.

PROPÓSITO

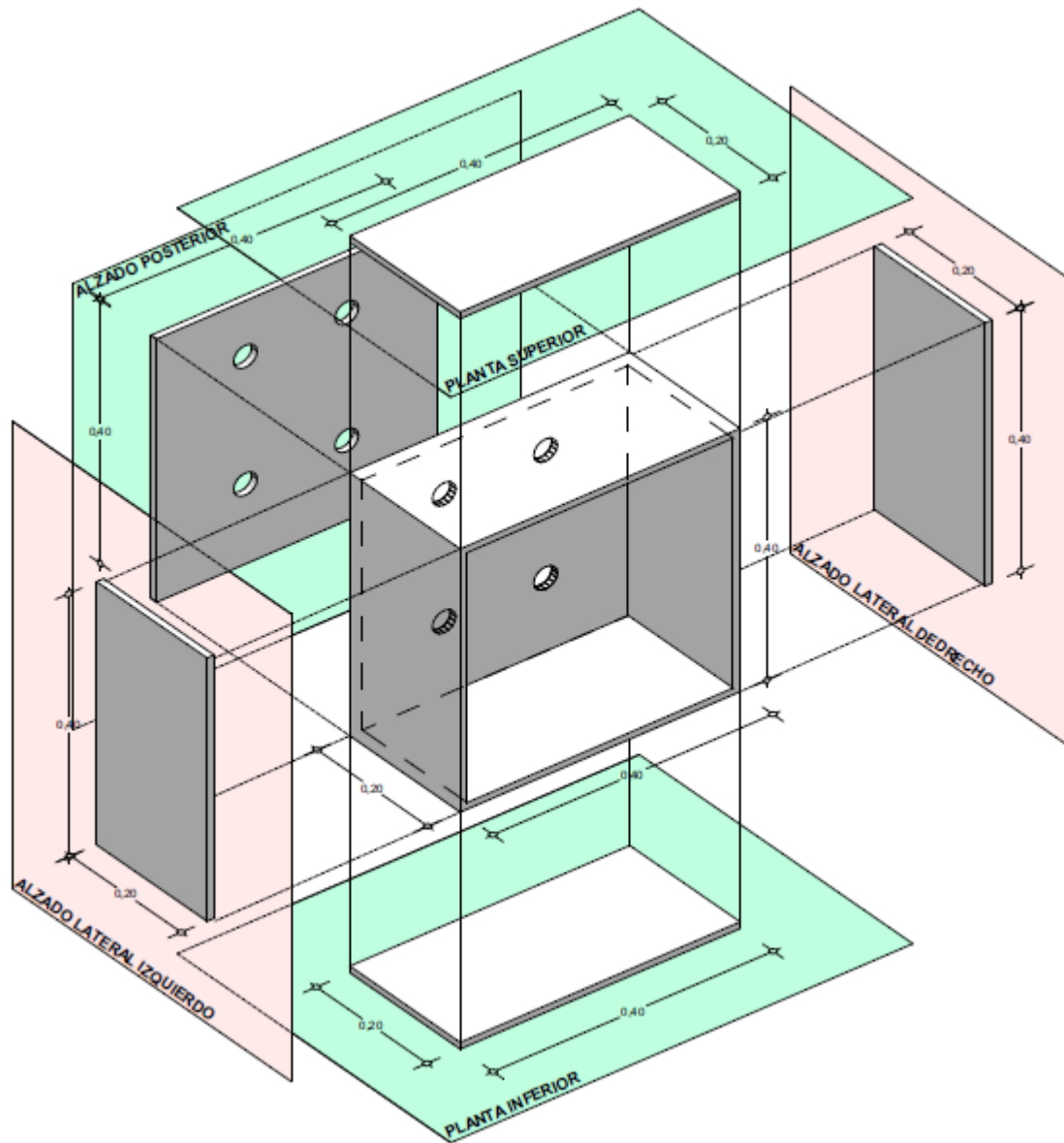
- 1. Alcance:** A través del desarrollo de este cajón, se evidenciará el uso que puede dársele al material y como este contribuye no solo al cuidado del medio ambiente, sino que además incurre en bajos costos.
- 2. Necesidad:** Promover al uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de diferentes productos hechos a partir de madera, presentando una alternativa que fomente el reemplazo de este material y contribuya a la reducción de tala de bosques.
- 3. Características:** La principal característica de este proyecto es su aporte al medio ambiente, pues aborda dos problemáticas a la vez que brinda solución a ambas

creando una relación entre estas. Al aprovechar la cascarilla de arroz como materia prima en la fabricación de productos tradicionalmente hechos con madera, se reduce el desperdicio de este material, algo que también está atado a la creciente problemática generada por el exceso en de este, por otro lado, se reduce el consumo de madera en consecuencia la tala de bosques tendrá un impacto a favor puesto que se verá reducida. También, se trae a colación la investigación realizada y la evidencia de una técnica de fabricación que puede ser moldeada para el desarrollo de otros productos en los cuales la cascarilla de arroz sea aprovechada como materia prima.

REQUERIMIENTOS

1. La cascarilla de arroz deberá ocupar un 70% del prototipo, el restante deberá tratarse de material que funcione como adhesivo y parte de la estructura exterior del cajón.
2. Una vez terminado el prototipo, deberá ponerse a prueba por alrededor de quince días, para garantizar que soportará el peso de la tierra y plantas.
3. Las dimensiones del prototipo se ajustarán a las medidas, aproximadas, y estructura que define el plano que se observa en la **figura 1**.

Figura 1 Plano del cajón para invernadero



Fuente: Elaboración propia

4. A continuación, en la **figura 2** se presenta la ficha técnica correspondiente a las especificaciones que tendrá el cajón.

Figura 2 Ficha técnica cajón de cultivo

FICHA TÉCNICA CAJÓN PARA CULTIVO			
IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO			
NOMBRE DEL PRODUCTO	Cajón para Cultivo - Ecascaro	MODELO	C1
<p>DESCRIPCION: Cajón para cultivo en interiores, fabricado con cascarilla de arroz triturada y aglomerada con pegante para madera, recubierto con resina epoxica. Ideal para cultivo de hiervas aromáticas y plantas decorativas de raíces cortas. Posee cuatro orificios en la base para el drenado de liquido. Color beige.</p>			
CARACTERISTICAS GENERALES		IMAGEN DEL PRODUCTO	
MATERIAL			
ESTRUCTURA INTERNA	CASCARILLA DE ARROZ		
ADHERENTE	COLBÓN PARA MADERA		
CAPA EXTERNA	RESINA EPOXICA		
CARACTERISTICAS FISICAS			
PESO	8Kg		
COLOR	BEIGE		
SUPERFICIE	LISA		
DIMENSIONES			
VOLUMEN INTERIOR	32X10 ³ cm ³		
ANCHO	40 cm		
LARGO	40cm		
ALTO	22 cm		
ANCHO DE LAS PAREDES	5cm		

Fuente: Elaboración propia

MARCO TEÓRICO

La fotosíntesis es un proceso fisicoquímico por el cual plantas, algas, bacterias fotosintéticas y algunos protistas utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos. Se trata de un proceso fundamental para la vida sobre la tierra y tiene un profundo impacto sobre la atmósfera y el clima terrestres. (Pérez & Carril, 2009, Pág. 1).

El proceso de la fotosíntesis se dedica a una actividad en particular, la cual explican en el 2009, Pérez & Carril, manifestando que “en plantas, algas y en algunos tipos de bacterias fotosintéticas el proceso conlleva la liberación de oxígeno molecular y la utilización de dióxido de carbono atmosférico” (Pág. 1); la noción sobre este proceso y entender cómo funciona, es importante para determinar la relación existente entre los seres vivos y su dependencia de la calidad del aire, puesto que recalca la importancia del cuidado y conservación de los actores -en el caso de este trabajo arboles- que contribuyen y hacen posible el tratamiento y purificación del aire.

Los árboles, además de ser purificadores de aire, contribuyen al cuidado de ecosistemas sirviendo como hogar para algunas especies animales y en cuestión de suelos cumplen una función ecológica puesto que sus raíces según Valdéz Rodríguez, (2014), funcionan como “una especie de malla que protege la tierra evitando que se desprenda” (pág. 2).

Al adherirse parte de suelo a las raíces, este se vuelve más sólido y resistente ante las condiciones que pudiesen causar alteraciones notables como grietas, derrumbes y erosión por arrastre de agua, influida por la circulación de agua, que se controla siendo por las raíces de los árboles promoviendo a que no se acumule y evitando el debilitamiento del terreno. (Valdéz

Rodríguez, 2014). Dicho esto, se interpreta que los árboles contribuyen desde dos frentes muy importantes y en gran medida a promover el equilibrio ambiental, a razón de esto su atención y cuidado resultan críticos para los ecosistemas pues su papel en estos garantiza el desarrollo, sustento y evolución las especies que lo habitan.

Un artículo presentado por Rodríguez, (2022) El cual informa que “Según el ministerio, en el periodo entre 2001 y 2021, la Amazonia perdió al menos 1,8 millones de hectáreas (ha), lo que estimó un promedio de 88.490 ha, anualmente. Así mismo, se aseguró que, en comparación del primer semestre de 2021, la deforestación en esta zona del país en los primeros seis meses de 2022 aumentó un 11% con 54.460 ha y se estima que la tendencia al alza continúe. Y” (Parr.2). Se menciona que para el 2022 esta cifra aumento en 2.60 hectáreas. Adicionalmente, en septiembre del 2022 en un artículo de la Revista Portafolio realizó una investigación en la cual se dijo que: “en Colombia durante el primer trimestre del 2021 se deforestaron al menos 45.000 hectáreas y que para el fin de año esta deforestación incremento a 50.400 hectáreas”.

Consecuentemente, Rodríguez, (2022) menciona tras su entrevista a Susana Muhammad, esta manifiesta que: “hay que ver qué está quedando atrás y el impacto acumulativo que tiene la deforestación. Estamos perdiendo conexiones, que es lo que sustenta el agua y es fundamental para la agricultura. Si queremos ser Colombia Potencia Mundial de la Vida no sólo hay que frenar la deforestación sino restaurar”. (Parr.6).

Esto quiere decir que el impacto ambiental que la deforestación está ejerciendo sobre Colombia es devastaste, dado el consumo excesivo de madera extraída de los árboles que funciona como materia prima en la fabricación de productos. Por ejemplo, cuadernos, muebles,

colorante comestible, medios de transporte, - barcos, carruajes-, todo tipo de carpintería, construcciones etc.... Muchos de los productos que ya son utilizados o brindados para un servicio ya no se pueden recuperar o requieren de procesos químicos que terminan afectando más al medio ambiente debido a sus compuestos. En la entrevista que realizó Rodríguez, (2022) a Susana Muhammad ella comenta que si Colombia desea ser Potencia mundial de la Vida no solo hay que frenar la deforestación, sino que debe ser restaurada. Se pueden usar métodos más naturales y que puedes conllevar a un uso similar que sea más sustentable para el medio ambiente y que no son muy utilizados para suplantar o disminuir en muchos ámbitos el uso de los árboles.

García, M. (2016) expresa que “La falta de bosques ocasiona la pérdida del hábitat de millones de especies porque, según algunos cálculos el 70 % de animales y plantas habitan los bosques, y coadyuva al cambio climático, los suelos húmedos sin la protección de los árboles se secan rápidamente.”(Pág. 165) Esto quiere decir que no solo se vive una problemática ocasionada por la deforestación que de por sí ya trae cambios climatológicos, debido a la falta de procesos naturales que se pueden efectuar tales como la fotosíntesis, sino que también ocasiona la pérdida del hábitat de millones de especies y la destrucción de ecosistemas. Es muy importante conservar a todos los actores que conforman un ecosistema, ya que, como lo menciona Simonetti y Dirzo, (2011) citado por Cepal. ORG (2023): “La destrucción del hábitat es resultado de los cambios de uso de suelo, ya sea por cultivos agrícolas, expansión urbana, construcción de carreteras u otras causas. Es la mayor causa de pérdida de biodiversidad en América Latina, depende tanto de factores locales como de presiones económicas y demanda de recursos que no son locales” (parr. 9). Dado lo anterior, se entiende que se puede romper la

simbiosis de muchos seres vivos que dependen del hábitat en el que se encuentran, también cabe mencionar las alteraciones al suelo, que tras condiciones específicas puede llegar a incluso a nunca recuperarse, volviéndose infértil. Esto contribuye también a cambios climatológicos; que desencadenan derretimiento de los polos, variabilidad en los trópicos, alteraciones en las migraciones y muerte tanto de especies vegetales como animales.

No solo el impacto ambiental es denotado en esta área, sino que también en Colombia se muestra el tráfico de madera, así como lo expresa semana, (2018) en su artículo Así funciona el tráfico de madera en Colombia: “El tráfico de madera es un negocio multimillonario. Su fuerza devastadora se concentra en las mayores joyas de la diversidad; en las especies de árboles más valiosas y escasas. La tala selectiva arrasa ecosistemas específicos y acaba con tipos concretos de flora. La tala ilegal en Colombia ocasiona el 10% de la deforestación, según los cálculos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).” (parr.2) Basados en el artículo de Semana (2020) nos informa de La Escasez de ciertas maderas hace se alcance hasta un 10% de tala de árboles ilegal. La dependencia de la madera hoy en día es tan alta que el mercado ilegal posee un 47% de la representación de venta de la madera.

Adicionalmente en el artículo presentado por la revista Semana, (2018) se menciona que alrededor de 750 millones de dólares es la tasa representativa de lo que se puede obtener al vender madera si se reúne el negocio entre la parte legal e ilegal. Esto quiere decir que la madera en Colombia mueve casi la tercera parte de lo promueve el narcotráfico. Nuestra dependencia proviene mucho sobre los inmuebles, la categoría de decoraciones como los marcos, cajones de invernaderos, vigas, casas, madera para cocinar, instrumentos musicales, suelos, carpintería, combustible, tablas de surf entre muchos otros. Adicionalmente el

ministerio de ambiente lanzo una cartilla de pacto en la cuarta edición del 2015-2018 (pg. 15) donde mencionan las diferentes usos y tendencias de la madera aserrada.

Adicionalmente, en el 2018, el ministerio de ambiente afirma que la madera aserrada “se usa para formaletas, andamios, estacas, travesaños, cerramientos, entre otros”. (pág.15), agregando también el uso continuo lujoso que estos inmuebles puedes otorgar y longevidad de las mismas.

Estas razones se traducen en alta dependencia al uso de la madera. Siendo así que el impacto negativo en el medio ambiente cada vez ocupa altas en sus porcentajes. Por esta razón, es necesario encontrar alternativas a la madera como materia prima, reutilizar materiales que se encuentren a disposición y sean biodegradables acarreado con esto un menor impacto ambiental, dadas características innatas en ellos que sean sustentables.

Al buscar alternativas al consumo de madera que puedan generar menos impactos ambientales, es importante determinar qué variables pueden ser tomados en cuenta. Dentro de las alternativas vistas se encontró la cascarilla de arroz, la cual tiene poco uso y posee una buena composición química que puede ser comparable con la madera, denotando que puede ser una buena alternativa con menor impacto ambiental y alto impacto social. Lozano, (2020) menciona que en Colombia tiene 700.000 toneladas de cascarilla de arroz que residen como residuos de las cosechas y no son utilizadas.

La cascarilla de arroz al ser un compuesto alto en silicio hace que su degradación sea más difícil de lo normal. Lozano, (2020) menciona que “Cuando la cascarilla de arroz es quemada al aire libre, se presenta un impacto nocivo para el medio ambiente y la salud humana, pues este proceso altera tanto las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo,

así mismo impacta la atmosfera con sus gases y partículas en suspensión presentes en el aire, produciendo enfermedades respiratorias a las personas que aspiran este gas, ocasiona problemas pulmonares respiratorios.” (pág. 14).

Es por ello por lo que el Ministerio de Salud (1995) realizó el Decreto 948 de 1995 el cual informa la prohibición de quemas a cielo abierto que afecta a muchas personas, causándoles muchos problemas respiratorios. Se debe tener en cuenta la cantidad de residuos que se obtienen anualmente y pueden afectar directamente el medio ambiente.

La composición química de la cascarilla está dada por componentes tales como el silicio, el carbono, oxígeno, cenizas; distribuidos en la concentración que se muestra a continuación en la **figura 3**.

Figura 3 Composición Química de la Cascarilla de Arroz y de las Cenizas de la Cascarilla de Arroz

CASCARILLA DE ARROZ		CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39,1	Ceniza de Silice (SiO ₂)	94,1
Hidrógeno	5,2	Oxido de Calcio (CaO)	0,55
Nitrógeno	0,6	Oxido de Magnesio (MgO)	0,95
Oxígeno	37,2	Oxido de Potasio (K ₂ O)	2,1
Azufre	0,1	Oxido de Sodio (Na ₂ O)	0,11
Cenizas	17,8	Sulfato	0,06
		Cloro	0,05
		Oxido de Titanio (TiO ₂)	0,05
		Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	0,12
		Otros componenetes (P ₂ O ₅ -F ₂ O ₃)	1,82
Total	100	Total	100

Fuente: La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Tesis de grado, Universidad de los llanos. Villavicencio, Meta. (Prada y Cortes, 2010) (pag.156).

Con estos componentes se resalta el uso efectivo y asegurado de la cascarilla de arroz en la reducción del impacto ambiental. Lozano, (2020.) Menciona algunos usos que se la han

brindado a la cascarilla de arroz; entre ellos como abono orgánico, al ser usado para mezclas con cemento brindando así un progreso a las propiedades básicas mejorando así su durabilidad y compresión entre otros. Al revisar el último boletín de producción en toneladas de arroz por departamentos en Colombia. En el semestre 2021- II el DANE, (2023) Menciona que a nivel nacional en ese periodo de tiempo se recolectaron 2.117.930 toneladas de arroz. Siendo el Casanare el departamento con más producción arrocerá. Aun así, tuvo una reducción de producción del 6.9%. Por consecuente si no se le encuentran alternativas a los posibles usos de la cascarilla de arroz, se estaría hablando de más de 4 millones de toneladas que no son utilizadas de manera alternativa y que por sus componentes pueden suplementar en diferentes áreas tales como construcción a la madera debido a sus componentes químicos como se ha revisado previamente en la investigación realizada.

Por otro lado, es importante también destacar que la cascarilla de arroz puede ser un buen sustituto de la madera bajo diferentes términos y condiciones que ayudaran a desarrollar una alternativa a la tala de árboles. Molina, (2010), expresa en su investigación otros usos como: medio alternativo para producir electricidad, tejas para techo, fabricación para cerámicos, fabricación de muebles.

Molina, (2010) menciona lo siguiente “El Instituto Tecnológico de Zacatepec (ITZ), México, con la intención de detener los problemas de tala indiscriminada, ha colocado la cascarilla de arroz como un material sustituto, por ser un polímero sintético que puede suplir perfectamente la madera en la fabricación de muebles o divisiones de paredes, por ejemplo, destacan las características de impermeabilidad y alta resistencia.” (pág.7). Dado sus componentes y la manera en la que pueden ser utilizadas para realizar muebles o hasta

divisiones de paredes puede darse una buena permeabilidad y durabilidad. Adicionalmente La cascarilla de arroz actualmente es uno de los residuos de mayor estudio debido a su composición química, el análisis elemental indica que presenta un 82% de masa en carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre. El 18 % restante es ceniza, compuesta principalmente por óxido de silicio (SiO_2) con un 95% aproximadamente, (Prada y Cortés 2010). Estos valores indican, que la cascarilla de arroz además de ser una fuente de carbono es un residuo que presenta una cantidad no despreciable de silicio. De acuerdo a Bruschi et al citados por Vela y Perez (2017) concluyen que “El impacto ambiental asociado a los residuos sólidos, varía su grado de contaminación en los cultivos de arroz, dependiendo de las condiciones particulares en su localización, geomorfología, y demás características de los medios físico, biótico y antrópico, así como las características de los materiales desechados.” (Pág. 4). También como adición Brigitte Baptiste, (2017). “Es urgente que comprometamos una transición regional para que el primer objetivo de los ODS, alimentar el mundo sin sacrificar su salud ecológica, se cumpla a cabalidad. Pero para ello necesitamos un gremio responsable y comprometido, acuerdos intersectoriales para que hagan posible la convivencia de múltiples actividades en el paisaje y autoridades ambientales con mayor capacidad de planificación y monitoreo.” Es importante tener en cuenta los objetivos de la ODS, alimentar al mundo sin causar ese sacrificio medio ambiental. Una de las maneras que se puede evitar es justamente otorgándole nuevas formas de ser utilizadas y así bajar el impacto medio ambiental que la cascarilla de arroz y la alta cosecha de arroz ocasiona a nivel nacional en Colombia.

El origen del cultivo del arroz se remonta a miles de años atrás entre China e India. Hoy, los dos países son los mayores productores de arroz y los principales consumidores del mundo.

China es el país que más arroz importa, mientras que el volumen de exportación de arroz de India ocupa el primer lugar en el mundo.(DFINNOVA, 2023).

La tendencia actual es hacia el desarrollo sostenible, por lo que existe la necesidad de encontrar procesos eficientes y amigables con el medio ambiente que proporcionen un valor agregado a los desechos agroindustriales contaminantes como la cascarilla de arroz en los países productores de arroz. Este estudio tuvo como objetivo analizar el uso de la cascarilla de arroz, como solución al cambio climático y las reducciones en la contaminación del aire urbano, los gases de efecto invernadero, los óxidos de nitrógeno y las emisiones de óxido de azufre de la fabricación, importante papel ya que serán medidas efectivas para reducir el impacto ambiental a nivel global.

Es particularmente importante favorecer los recursos locales, desarrollar materiales ecológicos al minimizar el impacto, la cosecha del arroz consiste en primer lugar en separar los granos de las pajas y eliminar las impurezas (insectos, minerales y residuos). A partir de entonces, los granos de arroz se someten a un proceso de secado antes del descascarillado, donde se retira la cubierta exterior del grano. Para cada grano de arroz ocurre un proceso de transformación, la cascarilla de arroz se califica como natural o algunas variedades se incineran.

Este residuo de cultivo constituye alrededor del 20 por ciento del peso del arroz, por lo que se producen toneladas de cáscara cada año. Actualmente, hay un uso muy limitado de cascarilla de arroz, ya que se considera un desecho y generalmente se entierra en el suelo o se usa como combustible. Sin embargo, el proceso de incineración es peligroso tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Por lo tanto, las cascarillas de arroz plantean un grave

problema en las áreas de cultivo de arroz debido a que la gran cantidad de cascarillas de arroz producidas no se utiliza de forma eficaz. (Marín. and Aguinaga, 2015).

Las arroceras deben manejar las cantidades a granel de cáscara y almacenarlas dentro de las instalaciones de la unidad hasta que se use o venda la cáscara. Durante la molienda del arroz con cáscara, la cáscara de arroz se separa en las máquinas descascaradoras y la cáscara se envía al patio de almacenamiento de muchas maneras, según la escala del molino, el tipo y el mecanismo empleado. (Marín. and Aguinaga, 2015).

En la mayoría de los molinos pequeños, la cáscara del descascarillado simplemente se transporta al patio de almacenamiento con la ayuda de sopladores. En la mayoría de los grandes molinos, la cáscara se extrae y se recoge en la cinta transportadora. Desde la cinta transportadora, la cáscara se transporta al patio de almacenamiento. Desde el sistema de extracción, los finos/polvo se llevan al ciclón desde donde el polvo/finos se separan y caen desde el fondo del ciclón. Pero la mayor parte de las partículas finas que no se recogen en los ciclones escapan a la atmósfera por la descarga del ventilador de tiro inducido. (Marín. and Aguinaga, 2015).

Otro activo es su disponibilidad durante todo el año porque la mayoría de las fincas almacenan arroz y lo procesan diariamente. Por lo tanto, se deben tomar medidas urgentes para mejorar el desempeño ambiental de los Molinos de Arroz. La cáscara de arroz se caracteriza por un menor contenido de materia orgánica en comparación con otros subproductos lignocelulósicos, ya que este compuesto de sílice en consecuencia, cuando la cascarilla de arroz se quema a más de 500 °C, la materia orgánica desaparece y da paso a una ceniza nanométrica rica en SiO₂ con interesantes propiedades. (Marín and Aguinaga, 2015).

Los materiales que son utilizados en la construcción no son absorbentes acústicos, por el contrario, son reflectantes en gran medida de las ondas acústicas. (Espejo, 2019, pág.18). La aplicación de la cascarilla de arroz como material de construcción, a partir de masa térmica, acústica y su conteo natural de resistencia, se ha experimentado en intentos de mejorar acústicamente el espacio, por un material con cascarilla de arroz como principal materia prima a base de materiales de origen natural y capacidad de respuesta a las necesidades requiere cada espacio dependiendo de la función que tenga, reduciendo sonidos no deseados expectativas dentro de los espacios, que a su vez realzan la intangibilidad de las palabras dentro de los espacios siendo también visualmente agradable.

“En Colombia, la normatividad en el campo de la acústica y sus fenómenos, como el ruido, carece de rigurosidad en cuanto a la aplicación y penalización de las faltas con respecto a los niveles peligrosos o alarmantes de ruido.” (Espejo, 2019, pág.18).

Para la elaboración de paneles anti acústicos o paneles para construcción de materas ecológicas se utiliza concepto básico de este prototipo es una prensa mecánica. Por medio de la cual la estructura que tiene una varilla enroscada va bajando progresivamente moviendo la tapa hacia abajo y ejerciendo la presión necesaria para compactar el material en un molde.

Una mezcla como la de colbón madera y la cascarilla de arroz es la que requiere menor tiempo de secado, es el más resistente y el que tarda menos tiempo en comparación con otras mezclas, el moldeado se efectúa por compresión para conservar su forma. Además, los colbones de madera no cubren completamente la porosidad de la mezcla, que facilita que conserve las principales características de un material acústico, es decir, porosos y densos. Por

medio de instrumentos como el Sonómetro, se efectúan mediciones de la capacidad del panel para absorber los decibeles altos.

También podemos usar la cascarilla de arroz, para diseñar hormigones o concreto de base biológica es totalmente novedoso. En este contexto, la cascarilla de arroz presenta muchas ventajas sustanciales. No se inflaman ni arden fácilmente debido a su particular disposición estructural de sílice-celulosa. La cascarilla de arroz es un tejido vegetal lignocelulósico constituido por un 85 % de material orgánico, representado por celulosa, lignina, D-xilosa y pequeñas cantidades de D- galactosa (Krishnarao, et al, 2001).

La composición de la cascarilla varía según las variedades de arroz, esta contiene del 17 al 20% de cenizas de cascarilla seca; su poder calorífico se establece en unas 3.3 a 3.6 calorías/kg; arde a los 800-1000 grados, pero con el inconveniente de dejar mucho residuo de cenizas, parte del cual no ha experimentado la combustión completa, como demuestra un análisis de las cenizas negras en la que se encuentra de un 12 a un 40% de residuo sólido por consumir; las cenizas grises o rosáceas están totalmente consumidas. (Arias & Meneses, 2016, p. 48).

Hay varios factores que afectan las propiedades de las cenizas, como la incineración condiciones (temperatura y duración), velocidad de calentamiento, técnica de quemado La composición química de la cascarilla de arroz se encuentra dada por 39,1% de carbono, 5,2% de hidrógeno, 0,6% de nitrógeno, 37,2% de oxígeno, 0,1% de azufre y 17,8% de cenizas (Prada & Cortés, 2010).

En estudios realizados por las universidades de Canadá, California, RP China y de Ibagué Colombia, se describe que la cascarilla de arroz cuando se oxida alcanza por lo menos 1223 K,

presentando los residuos como ceniza carbonizada. Las propiedades fisicoquímicas de la cascarilla de arroz en el Departamento del Tolima está entre los rangos que se manejan a nivel mundial. La cascarilla de arroz y otros residuos agrícolas secos alcanzan rápidamente la temperatura de ignición, cuando entran a la cámara de combustión. La etapa dominante de la combustión de la cascarilla donde se libera alrededor del 67 % del valor calórico es la combustión de los volátiles. (Pereira, U. Ed. 2007, p.260).

Al quemar cascarilla de arroz se debe tener un control sobre la temperatura de fusión de la ceniza la cual no debe sobrepasar los 1500°C, para evitar el ensuciamiento de las paredes internas del horno y la corrosión. (Pereira, U. Ed. 2007).

También podemos generar energía eléctrica con cáscara de arroz, una tonelada de cascarilla de arroz para producir un MWH de electricidad. También se utiliza como alternativa. (Psetizki, V. 2009). Una demostración de esta alternativa es una planta ubicada en Uruguay, esta genera 10 megavatios a partir de los residuos en forma de chips o de rolos que luego se convierten y se trasladan mediante cintas transportadoras para abastecer tres gasógenos. Dos de ellos están dedicados a chips de madera y el tercero a cáscara de arroz, que se almacena en silos separados. Mediante un sistema de gasógenos se hace una quema parcial que genera un gas de combustión, que es el combustible de una caldera gigantesca de alto rendimiento. (Psetizki, V. 2009).

La cáscara obtenida de la molienda del arroz como subproducto del proceso sirve como material de valor agregado para uso doméstico y procesamiento industrial como la preparación de valiosos materiales a base de sílice, cemento, como fuente de fibra en alimentos para mascotas y como fuente de fibra dietética, la preparación de carbón, industria de materiales

refractarios, polímeros, caucho, adsorbente de aguas residuales tratamientos para el control de plagas en alimentos almacenados en producción de bioetanol materias primas, industria cerámica y biosíntesis de nanopartículas de sílice.

Se han realizado estudios para aprovechar las importantes propiedades de la cáscara y la ceniza de arroz para aplicaciones industriales. Resumir todos estos datos puede ayudar a facilitar Investigaciones futuras sobre cascarilla de arroz y cenizas de cascarilla de arroz. (Sigalingging and Susanto, & Panggabean, 2019, pág1).

“La sobreexplotación de madera plantea preocupaciones sobre los impactos en la biodiversidad y la capacidad de almacenamiento de carbono de los bosques” (Garcia Marin, 2016). Para cuantificar los impactos ambientales y las reducciones de impacto relacionadas con el consumo de madera, podemos tomar como referencia el del consumo de papel como derivado de la madera. La madera es la materia prima por excelencia para la producción comercial de celulosa, para producir una tonelada de papel virgen se requiere de 2 a 3,5 toneladas de árboles, este proceso demanda grandes cantidades de agua, energía y químicos, así como también genera un impacto ambiental negativo para el planeta (Zambrano, García, & Alcívar, 2021).

La cascarilla de arroz tiene varias aplicaciones incluyendo: Conversión de la biomasa: se obtienen azúcares que pueden ser convertidos a otros químicos orgánicos, como por ejemplo etanol y furfural en la elaboración de abonos y material para el cultivo de hongos Obtención de papel y de pulpa En materiales de construcción como combustible, obtención de productos de silicio, a partir de la cascarilla o de sus cenizas. Bajo este contexto, en los últimos años diversos estudios han dado su aporte en la producción de celulosa a partir de la cascarilla de arroz como

una posibilidad de llevar a cabo estos procesos a escala industrial. (Gabriela, Vega, & Porras, 2013 p.6.).

Al tomar el estudio “Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa” de Zambrano, García, & Alcívar, (2021), se determina que, otra aplicación muy importante es la modificación química de la celulosa para producir derivados de bajo costo, reciclables y biocompatibles con excelentes propiedades mecánicas. Los derivados de celulosa, como la nano celulosa, se usan comúnmente para modificar la liberación de fármacos de tabletas y cápsulas, y también se usan como aglutinantes de tabletas, espesantes y agentes de control de la reología para la formación de películas, la retención de agua y la mejora de la viscosidad. (Nascimento et al., 2016).

El uso de cascarilla de arroz puede disminuir la huella ecológica que produce la agroindustria ya que puede agregar valor a estos residuos no aprovechados y se espera que sirva como materia prima potencial para la obtención de fibras de celulosa, las cuales pueden ser utilizadas en la fabricación de papel y son totalmente biodegradables. producción de materiales poliméricos.

Por medio de la agroindustria se impulsa el desarrollo económico, social y ambiental, siempre que se sustente un balance entre la actividad desarrollada y la protección del medio ambiente en cada proceso, desde el manejo de la materia prima hasta su posterior distribución y colocación final de los subproductos generados (Corredor & Pérez, 2018).

La industria de la construcción puede proporcionar un potencial significativo para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La eficiencia energética de los edificios durante su fase operativa tiende a mejorar con el tiempo como resultado de

materiales aislantes cada vez más avanzados. Los sistemas constructivos convencionales utilizados para edificios residenciales combinan mayoritariamente una capa aislante con una estructura portante (bloques de hormigón). Las lanas minerales y el poliestireno cubren casi todo el mercado de materiales aislantes a pesar de su alta huella de carbono. Las últimas dos décadas han sido testigos del surgimiento de materiales de construcción de base biológica, Los paneles de cascara de arroz muestran una baja conductividad térmica y una buena capacidad para amortiguar las variaciones de temperatura, humedad y ruido.

La recuperación de la cáscara de arroz entera sin quemarla ni molerla para diseñar un concreto de base biológica aislante liviano era casi inexplorada antes. El nuevo agregado vegetal se mezcla con aglutinantes a base de cal y las propiedades macroscópicas del innovador hormigón de cáscara de arroz se comparan con las del hormigón de cáñamo. UHPC es una nueva clase de hormigón que posee muchas ventajas en mecánica y propiedades de durabilidad. Sin embargo, la gran cantidad de cemento y contenido de humo de sílice hace que la alta contracción autógena, alto costo de material y baja sostenibilidad de UHPC. Usando aditivos puzolánicos renovables, baratos y menos intensivos en energía para reemplazar parcialmente el cemento y SF en la producción de UHPC es la tendencia adecuada para la investigación y la aplicación. (UHPC Hormigón de Alta Resistencia, 2022).

La cáscara de arroz es uno de los principales desechos en los países agrícolas de todo el mundo. El arroz la eliminación de la cáscara está provocando la contaminación del suelo, el agua y el aire. El RHA correctamente quemado es un aditivo puzolánico reactivo en la producción de concreto. Utilización de RHA en el hormigón.

La industria mejorará la calidad del hormigón, disminuirá el costo del hormigón al reducir la dosificación de SF y cemento. Disminuye la emisión de óxido de carbono de la producción de cemento. También aumenta los ingresos de los agricultores en los países en desarrollo. Por lo tanto, el uso de RHA en concreto la producción es sostenible. (UHPC Hormigón de Alta Resistencia, 2022).

La variación de la reactividad puzolánica de RHA y SF es el resultado de diferencias en su porosidad. Estructura, tamaño de partícula, composición química y mineral. Así, la reactividad puzolánica de RHA molido para diferentes períodos de tiempo y SF debe compararse por diferentes metodologías y discutido bajo los efectos sinérgicos de factores físicos y químicos. El objetivo es explicar en detalle el comportamiento del RHA en el hormigón, especialmente en una matriz muy densa de la UHPC. (UHPC Hormigón de Alta Resistencia, 2022).

Las investigaciones mostraron claramente que el RHA quemado correctamente es un combustible renovable material silíceo amorfo mesoporoso con muy alto contenido de sílice amorfa y área superficial específica. Finalmente, se puede concluir que la ceniza reactiva de cascarilla de arroz (RHA) puede ser un buen puzolánico mezcla para sustituir completamente al SF en la producción de UHPC en términos de compresión fuerza y durabilidad. Como resultado, se puede producir UHPC sostenible utilizando RHA o combinando RHA y GG. (UHPC Hormigón de Alta Resistencia, 2022).

Cada año, millones de libras de cascarilla de arroz son generadas por los países productores de arroz y la mayoría se desecha como subproducto de desecho. La cascarilla de arroz representa aproximadamente el 20% del peso seco de la cosecha de arroz. (Iozano 2020) En cuanto a la producción de arroz, para 2018-2020 se estimaron 1,8 millones de toneladas,

mientras que para el 2030 se proyecta llegar a 2 millones de toneladas, aumentando un 12%, según las organizaciones. (Rodríguez, 2022,parr.8).

Un aumento en el uso de la madera para la construcción de edificios, la ingeniería civil, los materiales para muebles y la producción de energía podría conducir a reducciones de los impactos ambientales (a través del almacenamiento de carbono, la sustitución de materiales y la sustitución de combustibles). Colombia ocupa el puesto 21 a nivel mundial en producción de arroz, considerando que es un producto en el consumo interno del país, Según el DANE y Fedearroz, la producción de arroz en Colombia ronda las 2.000.000 de toneladas anuales, de las cuales 400.000 corresponden a residuos de cascarilla de arroz, que no se aprovechan adecuadamente (Fedearroz, 2018).

METODOLOGÍA

Enfoque

Este proyecto abarca un tipo de investigación cualitativa, ya que describe y analiza el todo el proceso de fabricación de un producto, basado en el desarrollo experimental durante todo el proceso, además la interacción en todo el proceso será constante y abarcará pocos datos que puedan llegar a ser interpretados de manera estadística, todas las interpretaciones serán de tipo subjetivo atadas a los detalles observados en las fases de desarrollo del producto. Por otro lado, está apoyada por algunas bases teóricas que brindan un concepto base a la empleabilidad de la materia prima, es decir que prima la percepción de las experiencias vividas con el material por cada uno de los diferentes autores citados.

También se verá implicada la investigación-acción, puesto que se aborda un problema ambiental ocasionado por demandas sociales específicas como son el comercio de madera. Siendo así, que la investigación se enfoque en resaltar como un material alternativo y abundante bajo la implantación de métodos manuales y caseros propone un plan de acción que fomenta la disminución al consumo de madera, fomenta el desarrollo de técnica de manufactura e impulsa el desarrollo económico apoyado por un material que suele dejarse al desperdicio.

Alcance

A través de este proyecto, se pretende demostrar la versatilidad de la cascarilla de arroz como materia prima, en múltiples opciones de fabricación de productos. Presentando al

mercado un material que además de poder ser transformado en varios implementos, representa bajos costos de fabricación y contribuye a la conservación del medio ambiente y reducción de la tala de árboles. La característica principal de este proyecto no depende exclusivamente de abordar un material que pocas veces suele mencionarse en cuanto a temas de fabricación, sino que implica métodos de fabricación manual que no requieren de máquinas de difícil manejo o costosas, además de requerir materiales adicionales que son de fácil adquisición y en representan un uso complejo. Todo este proyecto se basa en la experimentación con el fin de alcanzar un producto específico, las técnicas aquí utilizadas no provienen de un manual, sino que fueron implementadas según consideración. Dado lo anterior, este proyecto impactara de manera positiva en la población que tiene acceso a esta materia prima y le da un huso limitado, siendo así que fomente el interés en la experimentación en cuanto a productos y métodos de fabricación en los cuales la cascarilla de arroz sea el material principal.

Diseño de investigación

Este proyecto se trabajó bajo un problema de investigación que ha tenido bastantes estudios, deforestación, y por otro lado la contaminación por exceso de cascarilla de arroz. Pese a que la primera temática abarca bastantes estudios, la cascarilla es un tema que recientemente ha cobrado auge investigativo, a tal punto de que, pese a que se encuentren algunas investigaciones y trabajos con este material, son contados los autores que han llegado a abordar una profundidad con este material. Dicho esto, se evidencia que el trabajo está apoyado en una temática poco estudiada, siendo así que esta investigación sea de tipo exploratorio, ya que cuenta con una materia prima que ha sido poco trabajada y que además se

estará complementando con otros materiales de los cuales no se observa mención alguna en las bases consultadas. Además, está apoyada en métodos de fabricación diseñados por iniciativa propia y a modo de prueba error, todo apoyado por técnicas manuales y la leve intervención de una maquina usada para triturar. Lo que se busca con este proyecto es resaltar la versatilidad en cuanto al uso potencial que tiene la cascarilla de arroz en diferentes frentes, promover a la investigación y desarrollo con este material, que además de ser barato y abundar, ambientalmente puede ser considerado como una alternativa al consumo de madera y promover a la reducción de la deforestación.

Restricciones

- Económicas: Debido a la falta de conocimiento sobre algunos de los materiales que deben ser usados, se efectúa investigación de los posibles componentes compatibles que pueden ser usados en la elaboración del cajón. Se evaluarán distintos tipos de materiales y compararlos con los valores comerciales para encontrar un precio moderado de adquisición del producto. Tomando en cuenta, que la influencia de los materiales de uso y sus costos, están atados a las ventajas que nos brindan en cuanto a tiempos de fabricación. Los costos para la elaboración de proyecto son altos debido al gran cantidad de materiales que se deben utilizar dado que son los que, para este caso (corto tiempo de entrega) se ajustan a los requerimientos. Para realizar el prototipo de cajón para invernadero con cascarilla de arroz los costos aproximados se muestran a continuación en la **tabla 1**:

Tabla 1 Costos de fabricación

Descripción de artículo	Precio (COP)
Costo Cascarilla bulto x 4	\$ 60.000
Transporte por acarreo	\$ 35.000
Pegante para madera 4.5L	\$ 91.900
Cinta de enmascarar	\$ 10.000
Barra de Silicona	\$ 1.000
Luz 24 hrs de licuado	\$ 7.000
Agua Litro x 20L	\$ 20.000
Bolsas negras	\$ 1.500
Cartón corrugado lamina	\$ 7.000
TOTAL INVERSIÓN	\$ 226.400

Fuente: Elaboración propia

Para un total de 226.400 pesos colombianos, aproximadamente, sin incluir los precios de adicionales que requiera la fabricación.

- **Técnicas:** Verificación de especificaciones del cajón de cultivo, estos serán evaluados por mediciones y resistencias a las que se tenga disponibilidad, para lograr concluir cuál es la manera adecuada de fabricar el prototipo.

- **Medio Ambiente:** En este requisito, se hace evaluación a fin de reducir el uso de material con impacto en el ambiente, también identificar posibles emisiones, y los desperdicios generados por la ejecución de las actividades de fabricación. Dado que todo el procedimiento se realizó con aparatos de uso doméstico, la cantidad de polvo resulta ser un factor a considerar puesto resulta ser muy volátil y se impregna sobre cualquier tipo de superficie, llegando a ser difícil de limpiar. También se pudo observar que la cascarilla húmeda desprendía un olor desagradable, por lo cual es necesario contar con un ambiente ventilado que contribuya tanto al secado como al flujo de aire que evite la concentración del olor.

- **Tiempo:** La entrega del proyecto presenta desventaja, dado que los procedimientos y los implementos usados no siguen una previa investigación, todo está dado a la prueba error, razón que deja en un amplio bache tener definido un tiempo de trabajo específico; sin embargo, según los parámetros establecidos en previa literatura consultada se prevé que el tiempo de fabricación sea de un mes y que la entrega del cajón estará a disposición de la Universidad durante un mes como mínimo.

- **Información:** La información en cuanto al desarrollo del cajón es limitada, ya que puntualmente no se han encontrado trabajos bases enfocados al desarrollo de un producto similar, a razón de esto, el proyecto abarca algunos métodos considerables para su ejecución, pero también está atado a la innovación e improvisación por parte del grupo de trabajo.

- **Calidad:** Para este requisito se evaluará que el prototipo cumpla con algunos indicadores como sean la resistencia y durabilidad, esto apoyado por métodos manuales y por un periodo de prueba en el cual el cajón hará sus funciones de cultivo durante un mes en el invernadero de la Universidad EAN.

- **Recursos:** Acceder a los equipos de laboratorio de la universidad presenta muchas trabas en cuanto a permisos y gestión, por lo cual fue imposible valerse de estos para la ejecución de este proyecto. Razón que limitó en cuanto a la facilidad para reducir tiempos de secado, triturado y procesos de compactación. Siendo así, que para la fabricación se deban emplear aparatos de uso doméstico, como licuadora y horno de cocina, para poder alcanzar las condiciones necesarias en la materia prima. En cuanto a la materia prima, dado que la zona arrocerá se encuentra algo alejada de la capital, acceder a material de buena calidad resulta un poco complejo y debe hacerse solicitud por encargo.

Desarrollo de prototipo

Para la elaboración del cajón se utilizaron los materiales que se mencionan a continuación en la **tabla 2**:

Tabla 2 Materiales para la fabricación del cajón

Material	Cantidad
Cascarilla de arroz	Un bulto (2 kilos y medio)
Pegante para madera	4 litros y medio
Resina epóxica	6 litros
Cartón Corrugado	1x (40cm X 40cm (base del cajón)) 4x (40cm x 20cm (laterales))
Silicona	Una barra
Cinta de enmascarar	2,5 m.
Agua	2 litros
Bisturí	1
Regla	1
Tornillos	80mm (x10 u.)
Poli sombra	80 cm x 80 cm

Fuente: Elaboración propia

Teniendo a disposición los materiales anteriormente mencionados, se procedió a realizar la fabricación del cajón en tres fases, como se indica a continuación:

Fase 1 - diseño de moldes

Para el diseño de los moldes se tomó una caja de cartón corrugado, la cual había servido de empaque a una silla ergonómica. Para darle uso, cada una de las pestañas de a caja se desarmo y posterior a ello, se realizó un corte con el cual se dejó un lamina que media 1m de largo por 50 cm de ancho. Tras esto, se procedió a demarcar el área que correspondería a cada una de las partes del cajón, dejando así en la lámina de cartón la señalización de los puntos de corte que debían hacerse para posteriormente hacer el molde.

Una vez terminada la demarcación, se procedió a realizar el corte de cinco (5) piezas de cartón, las cuales corresponde a la basa y los laterales que tendrá el cartón; así como se muestra en la **figura 4**.

Figura 4 Piezas del molde cortadas - sin ensamblar



Fuente: Elaboración propia

Una vez terminado el corte de los moldes, se procede a realizar el plegado de estos, siguiendo la demarcación previamente trazada. Definida la forma en la cual quedaría el molde una vez armado, se procede a pegar cada pestaña con silicona y cinta de enmascarar. Como se muestra a continuación en la **figura 5**.

Figura 5 Armado y pegado de molde



Fuente: Elaboración propia

Tras realizar todos lo ensambles, como resultad se obtuvieron un total de cinco (5) moldes, los cuales se usarán como base para la elaboración de las piezas del cajón de invernadero. A continuación, la **figura 6**, presenta los moldes listos para rellenar con la mezcla.

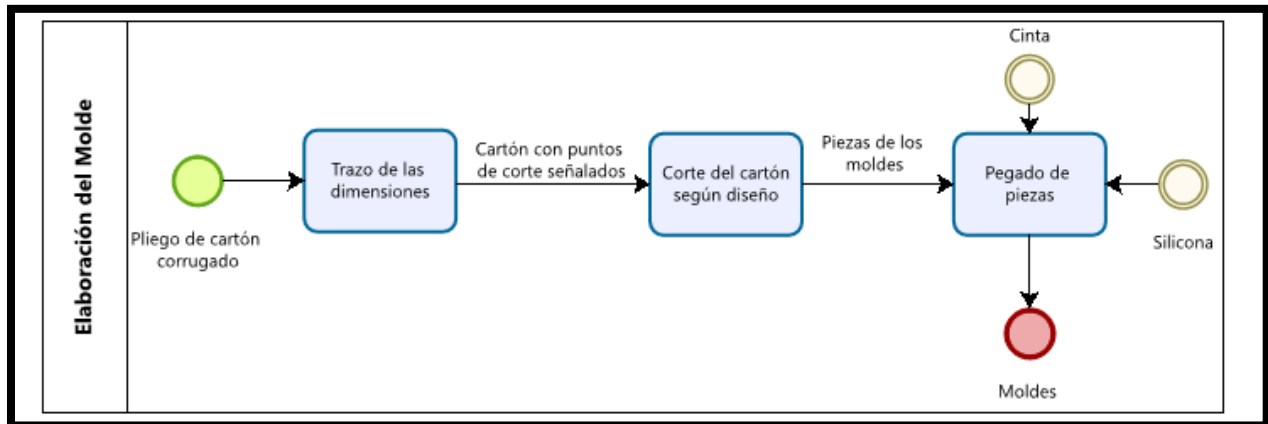
Figura 6 Moldes para relleno



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el diagrama de procesos correspondiente a la elaboración de los moldes

Figura 7 Diagrama de proceso, elaboración de moldes



Fuente: Elaboración propia

Fase 2 - licuado/molienda de la cascarilla

En esta fase se procedió a triturar la cascarilla de arroz en la licuadora, la idea de esto es disminuir el tamaño de la pieza, con el propósito de alcanzar mayor homogeneidad en la pieza una vez se deposite la mezcla en los moldes. En la **figura 8**, se observa la licuadora con la cascarilla tras un primer licuado de 1min.

Figura 8 Primer licuado - 1min.



Fuente: Elaboración propia

Después del primer licuado, se procedió a un segundo licuado, de 2 min de duración con este se obtuvo un polvo más fino, así como una notable disminución en el tamaño de la cascarilla, la **figura 9**, permite observar la variación en tamaño obtenido.

Figura 9 Cascarilla triturada



Fuente: Elaboración propia

Tras obtener los tres tamaños de la cascarilla se procedió a mezclarlos, tal como muestra la **figura 10**.

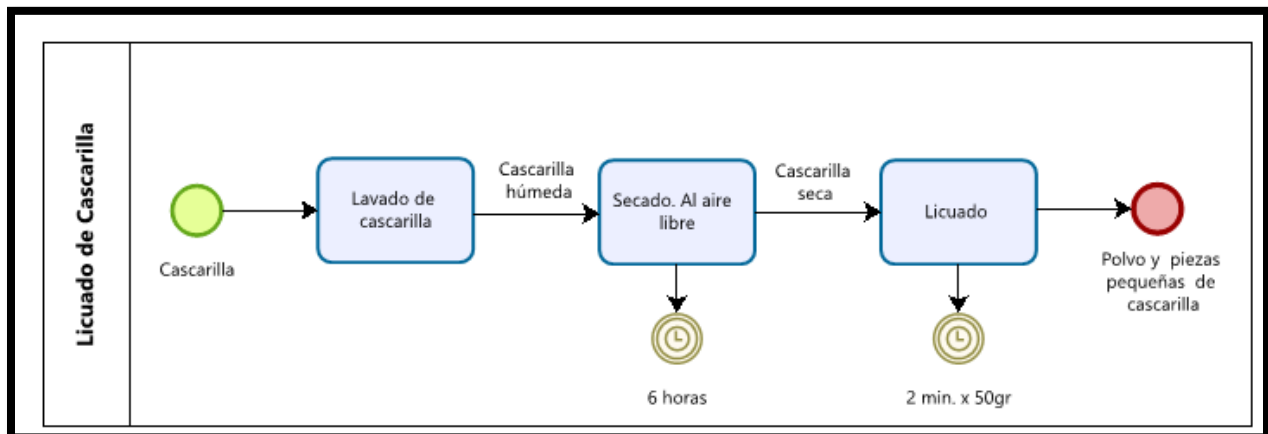
Figura 10 Mezcla de la cascarilla tras pasar por la licuadora



Fuente: Elaboración propia

A continuación, la **figura 11**, presenta el diagrama de procesos correspondiente a la disminución del tamaño de la cascarilla de arroz en la licuadora.

Figura 11 Diagrama de proceso, licuado de cascarilla



Fuente: Elaboración propia

Fase 3 - elaboración del cajón

Por último, en esta fase se procedió a realizar la mezcla de la cascarilla obtenida tras el licuado, con el pegante para madera y agua. A continuación, en la **figura 12** se puede observar cómo se vierte el pegante para madera sobre la cascarilla.

Figura 12 Hidratación de la cascarilla con pegante para madera y agua



Fuente: Elaboración propia

Tras continuar con la hidratación de la cascarilla, se puede observar en la **figura 13** como esta cambia su tonalidad.

Figura 13 Cascarilla hidratada, cambio de tonalidad



Fuente: Elaboración propia

Después de haber hidratado la cascarilla con la mezcla de pegante y agua se obtuvo una masa con estos componentes homogenizados y se procedió a llenar los moldes con ella, así como se evidencia en la **figura 14**. Una vez realizado el llenado de los moldes con la masa, se procedió a distribuirla por todo este, buscando adaptar la forma de este, tal como se evidencia en la **figura 15**; después de ello, se dejó secar por 20 días a temperatura ambiente.

Figura 14 Llenado de moldes con mezcla



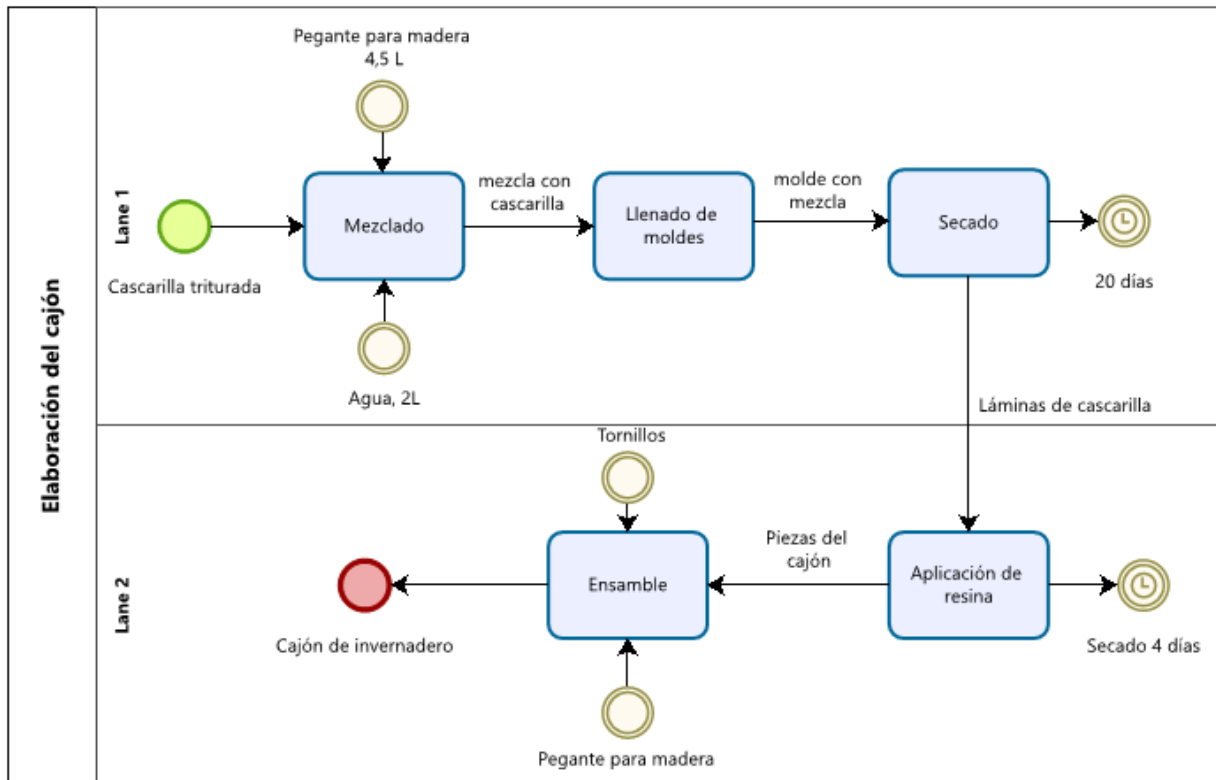
Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Mezcla en proceso de secado a temperatura ambiente



Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Diagrama de proceso, elaboración del cajón



Fuente: Elaboración Propia.

COSTOS DEL PROYECTO

En los costos directos tenemos las materias primas, es decir, los materiales que han servido de base para la elaboración del proyecto, así como Inversión en control de calidad del producto o proyecto en particular.

Costos directos.

Tabla 3 Costos directos

Producto	Cantidad	Especificación	Precios
Cascarilla de arroz.	1 bultos	1 bultos x cajón.	\$ 15.000
Pegante madera	4.5 Lt.	Aglomerado	\$ 91.900
Silicona	Barra	Pegante	\$ 1.000
Cinta de enmascarar	1 rollo	Delimitar	\$ 10.000
Resina epoxica	2 Gls.	Endurecedor y resina	\$ 220.000
Pistola de silicona	1 unidad	Aplicación pegante	\$ 17.000
Horno industrial	2 unidad	H6 – Horno Industrial	\$ 3.500.000
Brocha	1 unidad	Aplicación resina	\$ 4.500
Segueta	1 unidad	Cortes	\$ 2.000
Lija	1 unidad	Lijado	\$ 1.800
Total			\$ 3.863.200

Los costos fijos de este proyecto, tienen la particularidad de ser estables en el tiempo, por mucho que se llegue a producir.

Se consideraron todos los gastos en los que incurriremos durante un período, como un mes, para calcular los costos fijos. Servicios tales como electricidad, agua, arriendo. Estos costos nos permiten cubrir las necesidades y servicios que son indispensables para el funcionamiento de la empresa. Estos no son cambiantes a corto plazo.

Costos fijos.

Tabla 4 Costos fijos

Servicio	Cantidad	Costo
Luz	Duración 24 Hrs.	\$ 7.000
Agua	10 Lts.	\$ 20.000
Arriendo Local	Area.60 mts2	\$ 3.500.000
Total		3.527.000

Tas realizar el prototipo se considera que la fabricación implica pago de arriendo, dado el caso sea un espacio propio se abordarían impuesto predial o cuota de administración, transporte, legalización de documentación de representación legal, mano de obra factor fundamental por ser un proceso no industrial.

Costos indirectos.

Tabla 5 Costos indirectos

Producto	Especificación	Precios
Transporte		\$ 35.000
Registro cámara de comercio de Bogotá.	Matricula año 2023	\$ 132.000
Total		\$ 167.000

Mano de obra: Cuando se habla de este gasto, se hace referencia a todos los costos que la empresa tiene que pagar a cada uno de sus trabajadores. Además, se incluyen los pagos que componen la carga de los beneficios exigidos por la ley además de los pagos mensuales netos al trabajador. La tabla enumera cada operación del proyecto y la duración de cada una de estas actividades, por valor unitario la hora y, en última instancia el costo total de la mano de obra invertida.

Mano de obra.

Tabla 6 Mano de Obra

Trabajo	Duración (Horas)	Costo
Molienda	24	\$ 115.992
Armado de moldes	4	\$ 19.332
Lavado de cascarilla	30	\$ 144.990
Lijado	1	\$ 4.833
Aplicación de resina	2	\$ 9.666
Atornillar superficies	1	\$ 4.833
Total		\$ 299.646

El capital de trabajo es crucial para el éxito del proyecto. Tiene impacto en muchas áreas, incluido el pago de su personal y proveedores, mantener las luces encendidas y hacer planes de crecimiento sostenible a largo plazo. Es el dinero que tiene disponible para garantizar que la empresa va estar en funcionamiento por al menos unos cuantos meses mientras la comercialización de los productos sale a flote.

Capital de trabajo.

Tabla 7 Capital de trabajo

Rango de activos	\$ 10.000.000
Marketing digital	\$ 3.000.000

Valor total del cajón, cubre una variedad de gastos, como la adquisición de materias primas, el pago de la mano de obra, los costos asociados con la producción y los gastos generales. Duración del proceso de fabricación cajón de cultivo 30.5 días (hay que tener en cuenta los tiempos de lavado, triturado, secado del pegante, aplicación y secado de la resina son amplios y esto resulta en que la fabricación del cajón abarque bastante tiempo al ser un proceso en el cual no intervengan maquinas que fomenten la rapidez en el secado)

Costo por unidad fabricada.

Tabla 8 Costo por unidad fabricada

CONCEPTO	VALOR
MATERIAS PRIMAS	\$ 363.200
SERVICIOS	\$79.500
TRANSPORTE	\$35.000
MANO DE OBRA	\$328.000
OTROS	\$67.800
TOTAL	\$873.500

Por último, se determina el valor que acarrea producir un cajón para invernadero, tomando en cuenta los anteriores costos mencionados. Con esto, se evalúa un posible precio de venta que garantice una rentabilidad del 38% del valor de fabricación.

Costo por unidad vendida.

Tabla 9 Costo por unidad vendida

CAJON CACRILLA DE ARROZA	COSTO	\$873.500
PORCENTAJE DE GANANCIA	38%	\$331.930
IVA	19%	\$1.434.461

CONCLUSIONES

El grado de deforestación alcanzado en los últimos años es cada vez más notable y con esto se ha vuelto un problema de escalas mundiales, puesto que tan solo en Colombia a finales del año 2021 se talaron alrededor de 50.000 ha, siendo así que para el primer semestre de 2022 esta cifra aumentara un 11% (54.460 ha) esperando a que siga en aumento. Este problema genera un impacto negativo, no solo porque se esté arrasando la vegetación, sino que también representa un impacto en los diferentes ecosistemas que se ven afectados por la intervención de estas prácticas, el suelo y las comunidades cercanas a las zonas de tala.

La tala de árboles surge como una práctica milenaria, la cual con el paso de los años ha sido controlada en diferentes partes del mundo, por normativas que exigen un consumo adecuado del recurso, sin embargo, no todos lo dedicados a la tala de árboles cumplen con estas reglas, y suelen ejecutar prácticas de tala ilegal en las cuales afectan al medio ambiente.

El hecho de no reforestar y talar descontroladamente ha ocasionado que no solo especies de plantas desaparezcan, sino que además ha orillado a diferentes especies animales, nativas de los ecosistemas afectados a entrar en periodos de migración forzosa que terminan en alteraciones de otros ecosistemas para los cuales se vuelven especies invasoras o en su defecto, en el fin de dichas especies dado que las condiciones para su supervivencia no se encuentran en otros lugares.

A pesar de que esta práctica, comenzara mucho tiempo atrás, el consumo de madera y la necesidad de este material, sin importar que hoy en día existan nuevos materiales con propiedades únicas, la versatilidad de la madera hace que sea un material único que no ha podido ser sustituido en su totalidad.

Se encontró que la cascarilla de arroz, es un material que, aunque no comparte en su totalidad las propiedades de la madera, puede ser un buen sustituto, dado que cuenta con alta disponibilidad y, por otro lado, es un material que puede homogenizarse con otros, por ejemplo, las resinas, pegante para madera o con métodos como el termo formado; los cuales permiten que este material adquiera propiedades como durabilidad, resistencia, flexibilidad, dureza, resistencia térmica, etc. Cabe resaltar que se han hecho estudios en donde la cascarilla de arroz se usó como materia prima y no solo en la fabricación de productos, sino también como medio energético, filtro para limpieza de agua y en la construcción.

Tras evidenciar el potencial en cuanto uso de la cascarilla de arroz y dadas las bases teóricas consultadas, la propuesta de elaborar un cajón de invernadero con este material resulta ser viable. Para esto se consultaron los métodos utilizados en diferentes bases teóricas y mediante un proceso de análisis, se definió la metodología para alcanzar el producto deseado. Primero se redujo la cascarilla a polvo y a la mitad de su tamaño normal, Con estos tres productos se procedió a mezclar con pegante para madera y se dejó secar por un mes; una vez seco se le hizo un leve pulido para corregir algunas imperfecciones y por último se bañó con una capa de resina epóxica que dota al cajón de mayor resistencia y durabilidad.

El cajón fue ideado buscando crear un material que fuese resistente al peso, al agua y que conservase su forma. Para alcanzar estos tres aspectos, se decidió hacer trabajar con tres tamaños de cascarilla, esto buscando que cuando se hiciera la mezcla se redujeran los espacios de aire entre la mezcla y la compactación proveyese una estructura más sólida, con esto, se garantiza robustez en la mezcla y resistencia; el pegante de madera se tuvo en cuenta dado que este producto dota una fijación resistente y difícil de quebrar, también, desde la perspectiva de

la cascarilla y su tendencia a ser similar al aserrín, se consideró adecuado el uso de este tipo de pegamento para unir las partículas de cascarilla. Por último, buscando la resistencia externa del cajón, se decidió que la resina epóxica era el material adecuado para esta actividad, dado que representa una capa impermeable, y como el cajón va a estar en constante contacto con el agua, los factores que se debían garantizar son evitar que se pudra la cascarilla y por otro lado que a constante hidratación humecte el pegante a tal punto que se debilite y el cajón se rompa.

Con la planeación anterior, y basados en los principios mencionados, se creó un cajón que con material que le dotara de resistencia al deterioro, en el cual fueron tomados en cuenta factores como peso, contacto con agua, calor, moho, desgaste.

Vale resaltar que durante el proceso de fabricación se identificaron algunos detalles de los cuales se puede inferir que:

- Para triturar la cascarilla se necesita de equipo tipo industrial, puesto que el esfuerzo del motor es bastante, al realizarse el proceso con la cascarilla en seco.
- Por otro lado, el material resultante es muy volátil cuando se alcanza a desintegrar a polvo fino, con esto, el polvillo se adhiere fácilmente a algunas superficies. Se recomienda hacer el proceso en máquinas que tengan filtros y eviten el esparcimiento de material, además de procurar estar en áreas ventiladas.
- Previo a mezclar la cascarilla con el pegante de madera, se recomienda realizar la hidratación con agua, dado que una vez entra en contacto con líquido la cascarilla comienza la absorción de este y al ser mezclada directamente con el pegante, el rendimiento de este disminuye haciendo que sea necesaria una gran cantidad.

- En cuanto al secado, el proceso es bastante demorado, para este proyecto 20 días, se recomienda que se realice en una zona con bastante ventilación y en lo posible exposición al sol. También, procurar hacer orificios para que internamente el secado tenga efecto, ya que la capa exterior de la mezcla suele secarse y crear una capa impermeable que no permite el flujo del aire evitando que el pegante seque completamente. Podría intentarse un secado con horno a una temperatura de entre 150° a 250° por cortos lapsos de tiempo, aproximadamente 5 a 10 minutos. Quizá un secado en autoclave podría ser otra opción.
- Por otro lado, para alcanzar la uniformidad de la pieza, se debe procurar utilizar algún método de prensado durante el secado, esto evitara que la pieza tenga irregularidades y protuberancias.
- Otra de las dificultades evidenciadas estuvo atada al lijado de las piezas secas. Durante el proceso de lijado algunas zonas de la pieza se desmoronaban dada la fricción de la pulidora, dado esto, se hizo un lijado suave manualmente buscando reducir algunas de las irregularidades que más se marcaban en cada una de las piezas.
- Para la aplicación de la resina, se logró evidenciar una considerable ocupación de tiempo para el proceso de secado, dado que se aplicaron tres capas de resina, es recomendable aplicar métodos de calor para que el proceso pueda acelerarse un poco.

Una vez terminado el producto, será entregado al invernadero de la Universidad EAN para su uso, con esto, se determinarán factores como resistencia a los elementos, durabilidad, y

soporte al peso. Se realizaron averiguaciones frente a las políticas ambientales que exige la Universidad EAN para el desarrollo de productos y no se encontraron referencias, dado lo anterior, los requerimientos estarán dados en la resistencia y durabilidad que tenga el cajón una vez esté siendo usado.

Motivar al desarrollo de materiales, productos, técnicas y procesos en los cuales se utilice cascarilla de arroz resulta beneficioso no solo para temas ambientales, sino también para aspectos sociales y económicos, ya que el trabajar con este material y desarrollar nuevos productos puede convertirse en patentes que puedan ser aprovechadas para el crecimiento de las poblaciones en donde abunda este material. También se puede mencionar el nacimiento de nuevas empresas dedicadas al trabajo con esta materia prima, lo cual equivale a más oportunidades de empleo. En cuanto al tema académico, motivar a que los estudiantes tomen como base el cajón que se entrega en este proyecto puede darles luz en cuanto a un material para prototipado en el desarrollo de otros productos que requieran de características específicas pero siempre atados a la sostenibilidad ambiental, ya que como se mencionó para este proyecto, el eje de enfoque atacaba dos problemáticas, la primera tala de árboles ocasionada por la dependencia de la madera y segundo el exceso de cascarilla de arroz que en algunas zonas se está convirtiendo en un problema de tipo ambiental.

REFERENCIAS

Arias, R., & Meneses, J. (2016). Repositorio.unan.edu.ni.

<https://repositorio.unan.edu.ni/3793/1/53860.pdf>

Baptiste, B. (2020). ¿Desiertos de arroz? Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo. <https://www.semana.com/opinion/articulo/colombia-siembra-no-parece-estar-en-el-mismo-camino-de-colombia-sostenible/520164/>

Corredor & Pérez, (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 59-72.

<https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>

Dane. (2023). Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM) II Semestre 2022.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-arroz-mecanizado>

Daño y pérdida de biodiversidad | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s. f.). <https://www.cepal.org/es/temas/biodiversidad/perdida-biodiversidad>

DFINNOVA. (2023). *El arroz, uno de los productos agrícolas más importantes.*

<https://dfinnova.com/2022/06/27/el-arroz-uno-de-los-productos-agricolas-mas-importantes/>

Espejo Hernán Santiago. (2019). repository.ugc.edu.co.

<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5632/SISTEMA%20DE%20ABSORCI%C3%93N%20AC%3%9ASTICO.pdf>

Fedearroz, (2018). Contenido - Fedearroz.s3.amazonaws.com.

https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista_484.pdf

García Marín, María Eulalia. (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. Producción + Limpia, 11(2), 161-168. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a13>

Gabriela, Vega, & Porras, (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en ... https://www.researchgate.net/publication/307631222_Caracterizacion_del_subproducto_cascarillas_de_arroz_en_busqueda_de_posibles_aplicaciones_como_materia_prima_en_procesos

Krishnarao, R., Banerjee, H., Hanafi, S., Lanning, F., & Hanna, S. (2000, November 16). Studies on the formation of black particles in rice husk silica ash. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0955221900001709>

Ideam, (1995). DECRETO 948 DE 1995. REGLAMENTO DE PROTECCION Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527621/Decreto+948+de+1995.pdf/670a0603-4d1f-454f-941e-08e6ba70666d#:~:text=Prohibici%C3%B3n%20de%20generaci%C3%B3n%20de%20ruido,fijados%20por%20las%20normas%20respectivas.>

Lozano, C. (2020). Alternativas de usos de la cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) en Colombia para el mejoramiento del sector productivo y la industria. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33698/cllozanor.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Cuando%20la%20cascarilla%20de%20arroz,suspensi%C3%B3n%20presentes%20en%20el%20aire%2C>

Marín and Aguinaga (2015) Seminario para optar al título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. <https://core.ac.uk/download/pdf/129438669.pdf>

Molina (2010). Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto.

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6262/evaluaciondelusodelacascarilladearroz-en-lafabricacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Entre%20las%20principales%20propiedades%20f%C3%ADsico,principal%20costo%20es%20el%20transporte.>

Nascimento, P., Marim, R., Carvalho, G., & Mali, S. (2016). Nanocellulose produced from rice hulls and its effect on the properties of biodegradable starch films. *Materials Research*, 19(1), 167-174. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2015-0423>

Pereira, U. (Ed.). (2007). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ. Pereira, Colombia.4. Arias, R., & Meneses, J. (2016). Repositorio.unan.edu.ni. <https://repositorio.unan.edu.ni/3793/1/53860.pdf>

Pérez & Carril. (2009). Fotosíntesis: Aspectos Básicos. En *Reduca (Biología)*. Serie *Fisiología Vegetal*. 2 (3) (Vol. 2, Número 3, pp. 1–47).

https://eprints.ucm.es/id/eprint/9233/1/Fisiologia_Vegetal_Aspectos_basicos.pdf

Prada y Cortes (2010) La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Tesis de grado, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta.

<http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14s1/v14s1a13.pdf>

Psetizki (2009) Energía eléctrica con cáscara de arroz, BBC News Mundo. BBC.

https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2009/11/091110_1500_cambio_clima_biomasa_wbm

Quiroga, Agacino, Malmierca, & Del Villar. (2021). La pérdida de los bosques de América Latina y el Caribe 1990-2020: evidencia estadística. *Cepal*, 2, 1–9.

<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47151>

Rodríguez, D. (2022). Producción de trigo en el país aumentaría un 50% para 2030

| Finanzas | Economía | Portafolio. <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/produccion-de-trigo-en-el-pais-aumentaria-un-50-para-2030-567831>

Semana. (2020, 29 agosto). Así funciona el tráfico de madera en Colombia. Semana.com

Noticias de Colombia y el Mundo. <https://www.semana.com/nacion/articulo/asi-funciona-el-trafico-de-madera-en-colombia/585125/>

Sigalingging, Susanto. (2019). The effect of rice husk mass on temperature and characteristics of its ... <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/454/1/012043>

Triana, D. K. R. (2022, 16 septiembre). La deforestación en Colombia subió 11 % en el primer semestre de 2022. Portafolio.co.

<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/deforestacion-en-colombia-como-esta-el-pais-en-2022-571261>

UHPC Hormigón de Alta Resistencia (2022) Research & Development Concretes.

<https://rdconcrete.com/es/hormigon-uhpc-alta-resistencia/>

Valdéz Rodríguez, O. A. (2014). Como controlan la erosión las raíces de las plantas. La Ciencia y el Hombre Vol. 23 No. 2, 23 No. 2(May 2010), 1–5.

https://www.researchgate.net/publication/224895068_Como_controlan_la_erosion_las_raices_de_las_plantas

Van Eynde, K., & Blomley, T. (2015). Causas de la ilegalidad de la madera en Colombia (C. A. Dereix (ed.); Primera).

https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/ilegalidadmadera_m3_b18_c5_web.pdf

Zambrano, G., García, V., Cedeño, C., & Alcívar, U. (2021). Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa. Ecuador, Portoviejo:

Polo del conocimiento. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7927005>