

**MITIGACIÓN DEL DETERIORO AMBIENTAL PRODUCIDO POR CASCARILLA DE
ARROZ APLICANDO LOGISTICA INVERSA**



AUTOR

SARA LUCIA PEREA ABDALA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Director:

ING. ANDRÉS MAURICIO DIAZ MELGAREJO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

PROGRAMA INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTÁ, 28 JUNIO 2023

**MITIGACIÓN DEL DETERIORO AMBIENTAL PRODUCIDO POR CASCARILLA DE
ARROZ APLICANDO LOGISTICA INVERSA**

AUTOR

SARA LUCIA PEREA ABDALA

Proyecto de grado para optar al título de ingeniera industrial

DIRECTOR

ING. ANDRÉS MAURICIO DIAZ MELGAREJO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL A DISTANCIA

Bogotá D.C

2023

Agradecimientos

Agradezco primero a Dios por darme la fuerza y la sabiduría para culminar mi carrera de ingeniería industrial, a mis padres, hijos y esposo por ser mi apoyo incondicional y llenarme de motivos para continuar pese a las dificultades que se presentan día a día.

A mi director de tesis que siempre estuvo dispuesto con su conocimiento y experiencia para ser mi guía y sacar este trabajo adelante, y a todos los profesores que de una u otra manera me apoyaron y me dieron la oportunidad de realizar este trabajo para poder obtener mi título profesional.

Contenido

Resumen	6
Introducción.....	10
Capítulo I	14
El Problema.....	14
Planteamiento del Problema	14
Objetivos de la Investigación.....	19
<i>Objetivo General</i>	19
<i>Objetivos Específicos</i>	19
Justificación	20
Capítulo II.....	22
Marco Teórico.....	22
Antecedentes de la Investigación.....	22
<i>Internacionales</i>	22
<i>Nacionales</i>	24
Marco Conceptual.....	27
<i>Desarrollo Sostenible</i>	27
<i>Logística</i>	28
<i>Logística Inversa</i>	30
<i>Etapas o Actividades de la Logística inversa</i>	31
Definición de Términos Básicos.....	35
Capitulo III.....	37
Aspectos Metodológicos.....	37
Nivel de la Investigación	37
Diseño de la Investigación.....	38
Población y Muestra	39
Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	41
Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos.....	42
Informe sobre el manejo de la cascarilla del arroz.....	43
Usos comerciales de la cascarilla de arroz.....	46
Modelo de transporte o de comercialización de la cascarilla de arroz.....	52

Plan de logística inversa para la comercialización de la cascarilla de arroz	56
BIBLIOGRAFÍA	71

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Etapas o Actividades de la Logística Inversa</i>	30
Tabla 2. <i>Actividad versus objetivos específicos planteados</i>	36
Tabla 3. <i>Molinos ubicados en Villavicencio, Colombia</i>	40
Tabla 4. <i>Usos de la cascarilla de arroz</i>	45

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Composición de granza de arroz nacional.....</i>	16
Figura 2. <i>Toneladas producidas de arroz y porcentaje de cascarilla resultante.....</i>	17
Figura 3. <i>Actividades de la Logística Inversa.....</i>	34
Figura 4. <i>Modelo de transporte o comercialización de la cascarilla de arroz.....</i>	52
Figura 5. <i>Plan de Logística Inversa para la comercialización de la cascarilla de arroz</i>	53
Figura 6. <i>Cascarilla como nuevo producto de comercialización.....</i>	54
Figura 7. <i>Transporte y entrega a Cliente.....</i>	55
Figura 8. <i>Plan de Logística Inversa para la comercialización de la cascarilla de arroz.</i>	56
Figura 9. <i>Cascarilla nuevo insumo retorna al Molino.....</i>	59
Figura 10. <i>Comercialización de la Cascarilla nuevo insumo</i>	67

Lista de imágenes

Imagen1. <i>Arroz industrial</i>	57
Imagen2. <i>Cascarilla</i>	58
Imagen3. <i>Cascarilla en descomposición en lote de desalojo cerca al molino</i>	60
Imagen4. <i>Cascarilla dejada en lote de desalojo</i>	60
Imagen5. <i>Ubicación del Molino cerca de río</i>	61
Imagen6. <i>Tolva de almacenamiento de cascarilla de arroz</i>	61
Imagen7. <i>Lugar donde se parquea para ser llenado de cascarilla</i>	62
Imagen8. <i>Paca de arroz de 50 kg</i>	63
Imagen9. <i>Compactadora de cascarilla de arroz</i>	64
Imagen10. <i>Cascarilla ingresando a compactadora</i>	65
Imagen11. <i>Paca realizada con la compactadora</i>	66

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo proponer un plan de logística inversa para el manejo de la cascarilla de arroz en molinos, que contribuyen a mitigar el daño ambiental que producen. El estudio corresponde con un nivel de tipo descriptivo, adicional a un diseño que se ajusta a la investigación de campo. La población objeto de estudio estará representada por un (1) molino de Villavicencio. Para la recolección de los datos se emplearán dos (2) técnicas: la observación y la encuesta a través de los instrumentos nota de campo y el cuestionario respectivamente; posteriormente se llevará a cabo el análisis e interpretación de resultados utilizando la técnica de la estadística, y la información se organizará a través de distribución de frecuencias. Una vez aplicado el cuestionario se revisarán las respuestas en un cuadro de distribución de frecuencias para cada ítem, representados en gráficos estadísticos.

Finalizado el proyecto, se concluye la importancia de vincular la logística inversa en los molinos, a fin de lograr que la cascarilla retorne como un insumo de valor agregado para la empresa y que dé origen a una nueva cadena de movimiento. Además, se revisará su contribución de manera activa a la conservación del ambiente y a la preservación de la vida.

Introducción

La producción de arroz en Colombia tiene una importancia nacional e internacional, una mirada a las cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), sobre la producción mundial de arroz entre el 2022 y lo que va del 2023, así lo reflejan. La producción ha estado por el orden de los 516,7 millones de toneladas, así mismo la organización deja claro que para este año a consecuencia de las olas de calor prevén que descienda la producción (OPS, 2023).

En relación con las cifras en Colombia durante febrero del 2023, la Federación de Arroz Fedearroz señala las hectáreas sembradas para finales del 2022 con un total de 539915 (FEDEARROZ, 2022), estimando mayor extensión de siembra en el año en curso, buscando un cultivo sostenible y optimizando el uso de la tecnología con el objetivo de cuidar: la calidad del producto, el volumen de producción y la atención del mercado interno, así como, la posible expansión a otras latitudes.

La Federación señaló el dieciséis (16%) de incremento en producción de arroz, con proyección de mantenerse para el 2023, cuya información ha sido respaldada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas en Colombia DANE en el 2022 (DANE, 2023). Sin duda alguna, en materia económica y de desarrollo es de gran importancia para el país, ya que la biomasa que se produce como resultado de la producción de arroz representa un volumen significativo. Para el 2008, según el DANE era de 400 mil toneladas, de las cuales los posibles destinos son: afluentes, quema de desechos, y más recientemente se ha convertido en

insumo para la medicina, el fortalecimiento de cemento y la cosmética.

De lo expresado se genera un problema, la quema a cielo abierto trae consecuencias no solo para el suelo sino también para la población. En esto, la legislación del país es clara, ya que en el Decreto 0948 del 5 de junio de 1995, se especifica la relación de la prevención y el control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. En el correspondiente artículo 29 se expresa:

Quemas abiertas. Queda prohibido dentro del perímetro urbano de ciudades, poblados y asentamientos humanos, y en las zonas aledañas que fije la autoridad competente, la práctica de quemas abiertas. Ningún responsable de establecimientos comerciales, industriales y hospitalarios podrá efectuar quemas abiertas para tratar sus desechos sólidos. No podrán los responsables del manejo y disposición final de desechos sólidos, efectuar quemas abiertas para su tratamiento (Ministerio Medio Ambiente, 2023, p.29).

Adicional, en su artículo 33 indica:

Prohibición de emisiones riesgosas para la salud humana. El Ministerio del Medio Ambiente, en coordinación con el Ministerio de Salud, regulará, controlará o prohibirá, según sea el caso, la emisión de contaminantes que ocasionen altos riesgos para la salud humana, y exigirá la ejecución inmediata de los planes de contingencia y de control de emisiones que se requieran (Ministerio Medio Ambiente, 2023, p.14).

En este orden de ideas, la Resolución 619 del 7 de julio de 1997 establece parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas, tal

como es el caso de los Molinos, señalado en el artículo 1 sección 2.9.

Así mismo, la Ley 99 de 1993 en su artículo 3, establece la política ambiental del país:

Que el desarrollo sostenible es aquel que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades (OAS, 2023, p.1)

Todo ello amparado por la Constitución Política de Colombia, la cual establece en su artículo 79:

Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines (OAS, 2023, p.1).

Por su parte, el artículo 80 señala que:

El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (OAS, 2023, p.1).

De continuarse con la práctica de quema a cielo abierto, se tendrá como resultado mayor contaminación e incremento de enfermedades respiratorias en humanos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2020, se estimó que unas 30.000 personas mueren cada año por contaminación atmosférica, así lo publicaron a través de National Geographic, resultado de un estudio realizado por la Universidad de Córdoba.

En atención a lo expresado, la presente investigación plantea un plan de logística inversa para el manejo de la cascarilla de arroz en molinos que contribuya a mitigar el daño ambiental generado, definido en los objetivos específicos que permitieron el logro de este proyecto.

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron elementos o acciones que limitaron o dificultaron el cumplimiento de los objetivos, tal es el caso del tiempo y acceso a los molinos de arroz, para ello se planteó un cronograma de trabajo que permitió el cumplimiento de los objetivos trazados. En relación con la metodología, el estudio se ajustó a una investigación descriptiva con diseño de campo, a través del cual se cumplieron las fases de la investigación.

El estudio permitirá la aplicación de la logística inversa como técnica de la ingeniería industrial para la atención de los desechos producidos por el arroz, permitiendo mitigar la contaminación ambiental a través de la cadena de producción que se genera con la biomasa resultante.

Capítulo I

El Problema

Planteamiento del Problema

El arroz es uno de los productos de mayor consumo por la población de todos los estratos en el país, se le reconoce como un cultivo de ciclo corto de importante valor tanto en el aspecto nutricional como de producción nacional. Según el Dane en su informe técnico del segundo semestre del año 2021, en el cual, presenta los resultados de la encuesta nacional de arroz mecanizado (ENAM), el total nacional para el área sembrada estuvo representada por 151.988 hectáreas (DANE, 2023), lo que representó un total de 2.117.930 toneladas de arroz producidas.

Los departamentos que tuvieron mayor representación según el informe señalado fueron:

Casanare con un cuarenta y tres punto dos por ciento (43,2%) lo que representa novecientos catorce mil novecientos treinta dos toneladas (914.932), el Tolima un diecisiete punto cuatro por ciento (17,4%) un total de trecientos sesenta y siete mil quinientos treinta y una tonelada (367.531), por su parte el Meta con el catorce punto tres por ciento (14,3%), lo que representó trecientos dos mil veintisiete toneladas (302.027), el Huila con el cuatro punto siete por ciento (4,7%) para un noventa y ocho mil quinientos setenta y seis toneladas (98.576), y el resto de los Departamentos representaron el veinte punto cinco por ciento (20,5%) con un total de cuatrocientos

treinta y cuatro mil ochocientos sesenta y cuatro mil toneladas (434.864) (DANE, 2023).

Por su parte, el Ministerio de agricultura señaló los indicadores de arroz y acciones del 2017; es importante destacar que el país cuenta con un total de cinco zonas de producción la cual está presente en doscientos once (211) municipios representando para esas economías el noventa por ciento (90%) de dependencia en su economía de la producción de arroz, lo que permite deducir la importancia que tiene para la familia y para el desarrollo económico del país, ya que para el 2016 según el Ministerio de Agricultura el país contaba con dieciséis mil trescientos setenta y ocho productores (16378), cifras que le permitieron a Colombia convertirse en el mayor productor de arroz en la Comunidad Andina y alcanzar el segundo lugar en América del Sur.

Colombia para el segundo semestre del 2022 tuvo como área sembrada 177.221 hectáreas, datos publicados por Fedearroz a través de la revista Arroz en (2023), cifras que representan un importante avance del dieciséis por ciento (16%). En atención a la importancia de la producción de arroz en el país se han establecido instrumentos de política en la comercialización, la competitividad y transferencia tecnológica, así como también en la financiera.

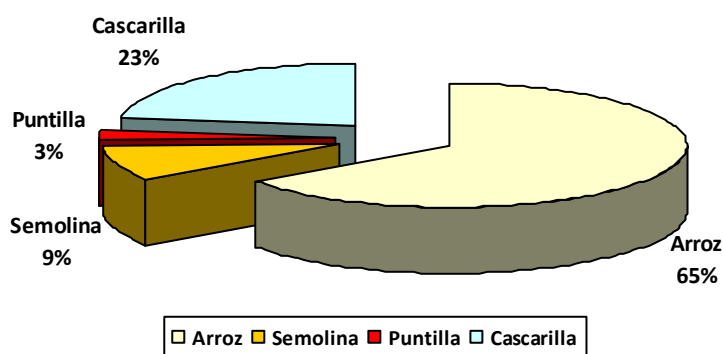
Al respecto se puede señalar según el Ministerio de Agricultura que existe apoyo en: asistencia técnica, programas sanitarios, agenda de investigación, líneas de crédito, incentivo a la capitalización rural, programas de compra de cartera y otros más, en temas como la comercialización, el incentivo al almacenamiento, laboratorios de referencia, competitividad y transferencia tecnológica.

En consecuencia, es relevante conocer la composición a fin de poder determinar las acciones correspondientes con los resultados de la producción. Según la Oficina de Estadísticas de CONARROZ (2017) la composición de granza de arroz nacional es:

Arroz el sesenta y cinco puntos treinta y tres por ciento (65.33%), semolina el nueve por ciento (9%), puntilla el dos punto cinco por ciento (2.5%) y cascarilla el veintitrés punto diecisiete por ciento (23.17%) (CONARROZ, 2017).

Figura 1.

Composición de granza de arroz nacional



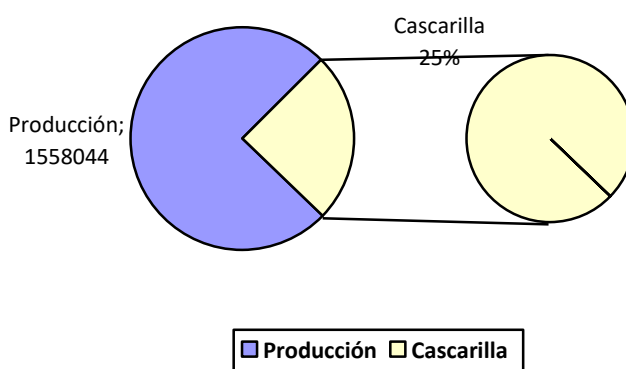
Nota: Representación de la composición de granza de arroz nacional en el país. Gráfico construido con los datos de la Oficina de Estadísticas de Conarroz (2008)

Por su parte, la cadena productiva del arroz tal como lo señalan Albarracín M., Mendoza L., Monrroy R. (2019), "...está conformada por la siembra, secado, molinería, transformación y comercialización..." (p. 7), de este proceso se genera como resultado la cascarilla de arroz. Según el DANE (2015) la producción de arroz fue de 1.558.044 toneladas de las cuales 389.511

son de cascarilla los que representa veinticinco por ciento (25%), cifra que ha venido en ascenso cada año en la medida que mejora la producción, sin duda que representa un volumen considerable de desecho que genera consecuencias negativas para el medio ambiente.

Figura 2.

Toneladas producidas de arroz y porcentaje de cascarilla resultante



Nota: Toneladas de Cascarilla de Arroz resultantes de la producción de arroz, gráfico construido con los datos del DANE (2015)

Sobre la incorporación de la logística inversa en cadenas de suministro, la investigación realizada por Lozano en el 2020 destaca que el volumen de cascarilla conlleva en muchas ocasiones a realizar la quema, lo que da como resultado humos contaminantes y en otros casos son desechados en afluentes deteriorando así la calidad del agua. En Colombia, se desarrolló en febrero del 2023 en Villavicencio zona productora de arroz un foro del cual el diario el Tiempo presentó el resultado del análisis realizado por ambientalistas y empresas productoras de arroz del país en relación con los problemas ambientales que se generan con la biomasa incinerada.

Explicaron que los destinos que puede tener la biomasa resultante no están en capacidad de

usar las toneladas de producción de cascarilla en el país, lo que sí está claro es que la quema produce enfermedades en el ser humano, así lo resalto Soto director regional de la Corporación Regional Autónoma de la Orinoquia en Villavicencio (Corporinoquia) durante el foro realizado denominado “Control a quema de cascarilla”. En el encuentro se reafirmó que la quema a cielo abierto de esta biomasa está prohibida tal como lo señala el Decreto 0948 del 5 de junio de 1995, la Resolución 619 del 7 de julio de 1997, la Ley 99 de 1993 y la Constitución Política de Colombia. Así mismo expresaron, sin duda alguna la situación problemática requiere ser abordada y buscar alternativas de solución, el arroz es un alimento imprescindible en la familia colombiana y a nivel mundial, como lo expresa la FAO en 2023 sobre los 516,7 millones de toneladas producidas en el mundo en 2022, por tanto, en la medida que la producción aumente, también lo hará la cascarilla.

En virtud de los daños ambientales que ocasiona el impacto al entorno en el presente estudio, se plantea desde la ingeniería industrial la aplicación de la logística inversa para el manejo de la cascarilla y desde esta herramienta de la gestión empresarial atender la problemática que brinden la solución a empresas del país en los diferentes municipios.

Las causas que originan la situación problemática son: escasas actividades para el uso de la cascarilla, insuficiente atención por parte de los productores sobre el destino de la cascarilla y el lento avance de la aplicación de técnicas para el uso de la cascarilla. La situación expuesta genera como consecuencia, incremento en el volumen de biomasa y quema a cielo abierto pese a su prohibición. Esta situación genera proliferación de enfermedades, deterioro

del suelo y contaminación de los afluentes hídricos, implicando que cada día se genere mayores problemas y daños irreversibles en el ambiente, siendo prominente la disminución de la calidad de vida con especial atención en la población de las zonas productoras. Es por ello, que la logística inversa se plantea como una alternativa para la generación de estrategias que permitan atender la situación.

La logística aporta la planeación, el control y el adecuado manejo de los materiales de producción en la cadena industrial, pero al emplear la logística inversa se logra redireccionar los desechos. En la actualidad la cascarilla de arroz presenta diferentes posibilidades de uso tales como: uso en la producción de cemento para mejorar su resistencia, uso en la industria cosmética, uso en granjas avícolas, incluso su uso en la medicina.

Pregunta problema

¿De qué forma se puede mitigar el deterioro ambiental producido por la cascarilla de arroz, aplicando logística inversa?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Proponer un plan de logística inversa para el manejo de la cascarilla en empresas productoras de arroz que contribuya a mitigar el daño ambiental que producen.

Objetivos Específicos

3.2.1 Indagar sobre los estudios que se han realizado con relación al manejo de la cascarilla

en Molinos.

3.2.2. Caracterizar los usos de la cascarilla producida en los molinos en Colombia.

3.3.3. Diseñar el proceso de traslado desde la planta arroceras a clientes

Justificación

La necesidad de la sociedad por alcanzar un desarrollo económico que no comprometa la sustentabilidad de las generaciones futuras exhorta a la Universidad como eje fundamental en la investigación a que asuma el desafío de la formación de profesionales responsables de generar proyectos enmarcados en un desarrollo sostenible. Los cuales, apropiados de los fundamentos intelectuales, sociales y ambientales, han de generar los mecanismos para alcanzar las metas de desarrollo de la sociedad con la aplicación de herramientas técnicas y tecnológicas sin alterar el entorno. Partiendo de esta postura, la investigación se justifica desde el ámbito ambiental, social, institucional, teórico y axiológico.

Desde el ámbito Institucional, la universidad representa el ente generador de la investigación y difusión del conocimiento, desde esta perspectiva de manera constante la universidad se redimensiona continuamente para ofrecer como resultado los proyectos que permitan el desarrollo, la sostenibilidad ambiental, la aplicación de teorías y conocimientos en beneficio de la sociedad.

En este orden de ideas, el saber en el ámbito de la ingeniería industrial es esencial, no sólo por la aplicación de contenidos correspondientes a las asignaturas de la malla curricular, sino por la interdisciplinariedad de conocimientos para lograr resultados en el campo de acción laboral,

que brinde aportes en lo ambiental, económico y social.

En relación con el aporte teórico, la investigación muestra un enfoque práctico, es decir, la interconexión entre el capital intelectual, el capital teórico representado por conceptualizaciones de trabajos previos y estudios realizados, y el contexto objeto de estudio en el cual, una vez analizado se aplicarán los conocimientos adquiridos en el aula de clase.

Desde la perspectiva ambiental, la presente investigación se justifica por el impacto que genera el desecho en la producción de arroz en zonas productoras del país, esta genera emisiones de metano y por ende contamina el medio ambiente, sin embargo, el correcto trabajo del desecho puede contribuir en otros campos, por ello la logística inversa podrá generar estrategias para contribuir con la mitigación de la contaminación.

La investigación reviste gran importancia para las empresas productoras de arroz, ya que podrán atender la situación de los desechos sólidos y cumplir al mismo tiempo con la responsabilidad social empresarial. Así mismo, la población será directamente beneficiada al lograr la mitigación del impacto ambiental, disminuyendo casos de salud por el tema de la contaminación lo que les devuelve la calidad de vida.

Capítulo II

Marco Teórico

Antecedentes de la Investigación

Internacionales

Moresco S. (2021). Realiza una investigación que consiste en el uso de la cáscara de arroz en la producción de caucho, la misma se efectúa en asociación entre la empresa Vipla Cauchos, la Universidad de Caxias do Sul, en Brasil y Lodz University of Technology, en Polonia, el estudio se encuentra en etapa de validación.

En la producción de arroz, la cascarilla se manipula como combustible de las plantas termoeléctricas, y de las cenizas se produce la combustión del residuo.

Rietta G. (2020). Director del proyecto la Gloria el cual, se encuentra en ejecución, consiste en una central de biomasa que busca generar energías renovables no convencionales (ERNC) a partir de estos desechos, particularmente, las cáscaras de arroz. La idea surgió debido a la falta y colapso de los vertederos para esta industria en los alrededores de Parral, zona arrocería de Chile. La energía eléctrica al sistema interconectado central a precio estabilizado, y la idea es exportar o vender en el mercado local.

Leiva M. (2017), observó que el comportamiento de la escayola aditivada con los residuos de arroz se pueden valorizar estudiar mediante un nuevo material de construcción llamado “escayola-residuos cáscara de arroz”, favoreciendo la reducción del impacto medioambiental. Este residuo es muy abundante sobre todo en los países asiáticos, grandes productores y

consumidores de arroz. En la Unión Europea, España es el segundo país productor de arroz y por tanto también uno de los países que generan más cantidad de residuo.

Se realizó un plan experimental haciendo observaciones al compuesto de escayola con varias escalas de residuo de cáscara de arroz, usando cáscara entera, cáscara triturada y ceniza de cáscara. Adicional, se realizaron ensayos físicos y mecánicos confrontando su comportamiento con el material de referencia. Se realizan también compuestos de yeso/escayola con incorporación de las cargas ligeras más utilizadas en la construcción de edificios como: Poliestireno expandido, arcilla expandida, corcho y perlita. Se compararon los resultados con la escayola de referencia y con los resultados realizados de escayola y residuos de arroz.

Los resultados finales muestran compuestos que presentan una densidad similar a la referencia pero que obtienen mejores resultados en resistencias mecánicas, adherencia superficial y evitan la rotura frágil. Además, estos compuestos tienen un coeficiente de conductividad térmica inferior a la referencia, por lo que se podrían aplicar en prefabricados y revestimientos horizontales y verticales en interiores.

Martí B (2014), realizó una investigación la cual denominó “La Logística Inversa: Gestión de Raees”, la cual tuvo como objetivo principal exponer la logística inversa y concretamente la gestión de residuos eléctricos y electrónicos como actividades empresariales de las que se puede obtener un beneficio. Partiendo de ello la investigación reviste un aporte importante al presente estudio en la forma en la cual ha sido considerada y aplicada la logística inversa y su beneficio para el medio ambiente.

Saluzzo A. (2014), analizó y propuso procedimientos y acciones con el objetivo de que se logren mejoras tanto en el circuito de los rechazos de mercadería y de igual manera, en el circuito de las devoluciones que se producen en el Centro de Distribución. Realizó una síntesis del desarrollo histórico y los conceptos de la logística inversa, sus clasificaciones, como así también sus semejanzas y diferencias principales con la logística tradicional. Así mismo, describió la importancia del concepto de sustentabilidad y su implementación en la empresa, impulsando la llamada Logística Verde que incluye trabajos denominados verdes que reducen el impacto ambiental de las empresas y los sectores económicos, hasta alcanzar niveles sostenibles.

Nacionales

Corredor J. (2021) reconoce la incidencia de la Logística Inversa en la Cadena de Suministro de la Industria Alimentaria en Colombia. Analizó los beneficios de la logística inversa como alternativa para promover el desarrollo sostenible, adicional describió la problemática que limita el desarrollo de la logística inversa en la industria alimentaria. Planteó la logística inversa como una característica principal para la reutilización y reciclaje de bienes que han perdido su beneficio dentro de la cadena de suministro, generando impacto en el medio ambiente. Y finalmente, concluye que en la industria alimentaria existen desafíos para el progreso de la logística inversa, debido a que se trabaja con residuos y desechos orgánicos, por lo cual se debe originar una articulación y unas tecnologías de colaboración entre los participantes de la cadena.

Arango L., Rojas L. Silva E. (2019). Realizaron el diseño de un modelo de logística

inversa para empresas del sector industrial en la ciudad de Pereira-Risaralda, para ello cumplieron con los objetivos específicos que son: identificar los procesos, estructurar el prototipo y formular el plan estratégico. Finalmente, concluyen en la posibilidad de desarrollar la logística inversa en más del ochenta y ocho por ciento de las empresas de la zona. Para la investigación es importante el estudio ya que define de manera clara la forma de aplicar la logística inversa.

Aristizábal E., Vélez J., Zuluaga D. (2012), establecieron estrategias de mejoramiento en el proceso de logística inversa en los productos lácteos comercializados por la empresa Alival S.A. Determinaron el manejo que se le da a las devoluciones, analizaron el nivel de servicio, reconocieron las implicaciones que genera la implementación de procesos de logística inversa y analizaron los procesos en que culmina, indagándose finalmente sobre las posibles estrategias de mejoramiento para dicho problema. Para ello, los investigadores realizaron un estudio de caso y diseñaron un instrumento de recolección de datos teniendo como documento base la caracterización de la logística.

Cruz A. (2009), planteó una propuesta de logística inversa para el mejoramiento del centro de distribución Puma Abarroterro. El trabajo logrado fue gracias a la identificación de la logística inversa como una característica importante para las empresas, bajo ventajas competitivas, no sólo por su efecto en la satisfacción de los clientes, sino también por la depreciación de costos relacionados a los flujos de materiales y de investigación en las empresas. Para el presente estudio el aporte se centra en la metodología para aplicar la logística inversa.

Ortega A., Quispe I. (2021), estudiaron las diferentes alternativas relacionadas al uso de la cascarilla de arroz como una herramienta para generar energía en Colombia. Es de gran ayuda originar y promover la utilización de energías que mitiguen la contaminación en el país, ya que la central energética depende prácticamente de los combustibles fósiles. Por esto es de importancia, hacer poco a poco una transición del uso de energías no renovables a otras energías más limpias y renovables. Una buena alternativa es la cascarilla de arroz, ya que los altos volúmenes de esta biomasa pueden ser utilizados como potencial energético.

Lozano C. (2020), revisó que en Colombia se pueden desarrollar otro tipo de proyectos para reemplazar los combustibles fósiles en la industria, siendo las principales las productoras de cemento, las ladrilleras, las tabacaleras, entre otras industrias que requieren de alto volumen de biomasa. Con la industria del cemento, ya se está adelantando la estructuración del proyecto, el cual es aprobado por el protocolo de Kyoto MDL, para la empresa CEMEX Colombia, admitido principalmente por las Naciones Unidas.

Rodríguez A. (2019), examinó que la cascarilla del arroz podía convertirse en cenizas bajo un procedimiento químico, lo que agrega valor al área superficial obtenida, que cuando la cascarilla no pasaba por el proceso químico, ya que se determinó que existe una relación directa entre el área superficial y la porosidad de la ceniza, debido a que los poros formados por el tratamiento químico aumentan la superficie con respecto al diámetro de dicho poro. Las cenizas a partir de la cascarilla de arroz, son usadas en la industria agrícola como adsorbente, siendo una nueva forma de aprovechamiento para los llamados desechos agrícolas.

Nuñez A.(2019), planteó un proyecto donde se utilizó luffa cilíndrica o también llamado estropajo, más cascarilla del arroz como una alternativa innovadora para tratar el agua lluvia de escorrentía de cubiertas como filtro de flujo descendente. Este proyecto se experimentó a través de fuentes hidráulicas y análisis físico, con componentes químicos y biológicos que permiten evaluar la eficiencia y la eficacia del proceso. El filtro es hecho de tubo PVC con lecho filtrante compuesto por la cascarilla y la luffa.

Sibaja C. (2020), evidenció que la cascarilla de arroz está altamente compuesta por carbono con una propiedad de adsorción, siendo ésta porosa utilizada en el proceso de separación o remoción del cromo. Se realizó varios experimentos los cuales arrojaron como resultado que al mezclar la cascarilla con hidróxido de potasio o ácido fosfórico se obtiene un PH óptimo de adsorción con una alta remoción de cromo, disminuyendo la concentración inicial del tóxico. Existen tres ventajas en el uso de la cascarilla, uno es que se dispone de gran cantidad de esta, ya que no es muy usada; segundo, se evita la contaminación ya que la cascarilla expulsa un tipo de polvillo que contamina, y tercero ayuda a remover el cromo, elemento tóxico.

Marco Conceptual

Desarrollo Sostenible

Hablar de desarrollo sostenible implica sin duda alguna traer a colación la Comisión Brundtland de 1987 la cual señala “progreso que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

(p.3)

El desarrollo de la sociedad ha estado definido en términos de industrialización y tecnología, sin embargo, el avance y crecimiento en estas áreas han dejado secuelas en el entorno, el medio ambiente como receptor de los desechos producidos por el hombre a niveles altos y exponenciales han conllevado al colapso, generando contaminación y con ello el deterioro del medio ambiente.

Para Martí (2014) el desarrollo sostenible “Se trata de un desarrollo equilibrado entre lo social, lo económico y lo ambiental” (p.18), indiscutiblemente pero desde la perspectiva de la autora lleva implícito un agregado axiológico que debe prevalecer para que realmente se cumpla el objetivo; debe doler al empresario los daños irreversibles que se puedan generar al medio ambiente, no basta con acciones que mitigan el daño, puesto que en el tiempo no habrá espacio para el desarrollo de la vida con estándares de calidad si el deterioro ambiental no para y continua con el avance acelerado, fulminando los ecosistemas.

Logística

Un primer acercamiento al concepto de Logística es el presentado por la Real academia (2014), en el cual se establece la siguiente definición “Conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución”, de una manera generalizada el concepto vislumbra la necesidad de establecer mecanismos que permitan cumplir con los procesos de manera efectiva y eficiente.

Por su parte, Hurtado (2018) señala que la logística se refiere a “...los procesos de planificar, implementar y controlar ...” (p.16), de manera más puntual el autor aborda el concepto

con elementos propios de la administración como lo es la planificación y el control, los cuales se entrelazan con la implementación como elemento propio de los procesos industriales. Desde esta perspectiva se puede deducir que la gestión de la logística ha desempeñado un papel importante en la industria, dado que la atención “proveedor a cliente”, cumple con las metas trazadas por la industria, en el caso objeto de estudio: su aplicación en el molino.

Analizando a Hurtado con la aplicación de la logística, se han diseñado flujos en los procesos de producción que permitan la eficiencia y la eficacia en materia prima, costes, insumos, así como la atención optima a la comercialización y distribución. Sin embargo, pese a la aplicación de la logística, la industria evidencia un problema luego de cumplida la cadena y es el manejo del desecho que se produce, si se considera como se valoró en el planteamiento del problema las estadísticas del DANE para 2022, las cuales reportaron un incremento en la producción de arroz con tendencia igual para el 2023, el problema objeto de estudio se agrava.

La logística y su aplicación han evolucionado en el tiempo y es así como se encuentra los términos de flujo directo e inverso. Para Oltra R. (2015), son definiciones que se refieren a **logística directa y logística inversa**, en el primer caso la logística directa permite establecer procesos lineales en los cuales no existe un retorno y hasta allí se reconoce como logística, ahora bien, se hace necesario establecer el vínculo que permita atender las situaciones una vez que la producción se genera y pasa a la cadena de comercialización, dado que está quedando una biomasa que debe ser tratada y es allí cuando desde la postura de Oltra, la logística inversa aborda nuevos elementos tales como almacenaje, recolección de desechos, tecnología, nuevo

tratamiento o reutilización, y eliminación.

En el caso de los molinos colombianos la logística se enmarca en el flujo de materiales desde y hacia la planta de producción; dentro de los elementos a considerar se encuentran costos, tiempos, calidad, ubicación, almacenaje, etc.

Logística Inversa

La logística inversa surge como resultado de la necesidad de retornar al punto de partida los desechos o materiales que se generan luego de la producción y que por lo general los restantes se convierten en un problema, no solo para la industria que los produce sino para el entorno, medio ambiente y/o personas.

Algunos autores han definido la logística inversa de la siguiente manera:

El proceso de planificación, implantación y control de una forma eficiente, del flujo de materias primas, de los materiales en curso de fabricación y de los productos terminados, así como de la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el objetivo de cubrir las necesidades de los clientes. (Lopez J, 2017, pp 14)

Por su parte Malpica W, Caicedo C., Lasso D. (2022) expresan que:

Las tendencias temáticas en logística inversa buscan relacionar el concepto con el aprovechamiento de recursos, la aplicación de tecnologías para lograr procesos con un mayor grado de sostenibilidad en las organizaciones y finalmente, los encadenamientos productivos que permitan aplicar procesos de logística inversa con actores que residan

en diferentes localizaciones de una misma región o incluso del mundo. Pp. 11

Como se puede observar, también el concepto de logística inversa ha ido en el tiempo teniendo ajustes los cuales en atención a su aplicación tendrán variantes. Por ejemplo, los ingenieros industriales tuvieron que hacer uso de la logística no solo durante la cadena de producción, sino una vez que ésta ha finalizado. De lo anterior se deduce la importancia que reviste una vez finalizado el proceso de aplicar la logística inversa convirtiendo en una nueva materia prima el desecho del proceso finalizado, cuyo producto se revaloriza y da paso a nuevos procesos de producción. En el campo de la agricultura se han dado pasos importantes para la reutilización de desechos, tal es el caso de la cascarilla de arroz, múltiples estudios en todas partes del mundo donde se produce el arroz han dado la importancia que tiene este desecho en virtud del volumen de producción, ya que casi un tercio de las toneladas producidas están representada por la cascarilla; a ello se suma el daño ambiental que produce su uso inadecuado, sin duda la situación ha dado como resultado el surgimiento de nuevas empresas que son receptoras de los desechos, los cuales se convierten en materia prima, revalorizando el producto y su desecho. Aplicando ciencia es evidente que la mitigación del deterioro ambiental es el objetivo central en la mayoría de los casos.

Aborda nuevos elementos tales como almacenaje, recolección de desechos, tecnología, nuevo tratamiento o reutilización, y eliminación.

Etapas o Actividades de la Logística inversa

La aplicación de la logística inversa se debe desarrollar atendiendo fases, etapas o

actividades, las cuales han sido consideradas por los autores previamente señalados. A continuación, se presentan las siguientes:

Tabla 1

Etapas o Actividades de la Logística Inversa

Material	Actividades de Logística Inversa
Productos	Retorno al proveedor
	Reventa Venta
	Vía fin de existencias
	Mercado menos exigente
	Reprocesamiento por parte de la propia empresa o por parte de un tercero
	Recuperación de materiales
	Reciclaje
Envases y Embalajes	Vertedero
	Reutilización
	Renovación
	Recuperación de materiales
	Reciclaje

Mercado menos exigente	
Insumos	Mercados secundarios
	Reciclaje
	Remanufactura
	Envases reutilizables
	Destrucción

Nota: Actividades correspondientes a la logística inversa que pueden ser aplicados a empresas de producción, en el cual se destaca los insumos que para el presente estudio corresponde a la cascarilla de arroz.

Figura 3.
Actividades de la Logística Inversa



Nota: Construcción propia producto de la compilación de información de los autores señalados en el texto.

Definición de Términos Básicos

Afluente

Arroyuelo o río subsiguiente que desemboca o desagua en otro principal (Valdivielso, 2023).

Biomasa

Materia orgánica ocasionada en un proceso de tipo biológico, improvisado o provocado, para ser utilizado como fuente de energía (renovable, 2023).

Cadena de Producción

Es un conjunto de operaciones sistematizadas de transformación de insumos en bienes o servicios mediante diferentes procesos. Una cadena de producción pasa por varios procesos para llegar al producto final y ser llevado al mercado (Vegas, 2018).

Cascarilla

Cubierta exterior de algunas semillas, para el caso de la investigación el arroz (Lozano, 2020).

Granza

Cáscara del grano de arroz (Lozano, 2020).

Semolina

Subproducto originario del grano de arroz entero, que se consigue a partir de la fricción del

grano de arroz, y que es retirado por una máquina descascaradora (Centena, 2015).

Capítulo III

Aspectos Metodológicos

La presente investigación se ajusta a la investigación mixta donde se tendrá en cuenta tanto aspectos para la definición de variables cualitativas como aspectos cuantitativos para efectuar su medición. Se iniciará con la investigación exploratoria por medio de la revisión bibliográfica, luego se hará descriptiva mediante el análisis de la Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM) y posteriormente, será explicativa centrada en los procesos de comprensión de un plan de logística inversa para el manejo de la cascarilla en empresas productoras de arroz que contribuya a mitigar el daño ambiental que producen.

Nivel de la Investigación

Con relación al tipo de estudio, los autores definen los estudios exploratorios como aquellos que examinan el problema de investigación, siendo realmente flexibles y amplios en su técnica o método para la obtención de la información requerida, en este caso sobre la cascarilla de arroz.

Los estudios descriptivos son aquellos que “Buscan especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”. (p.92). Para el desarrollo de la investigación se requiere describir las características que se presentan en el manejo de la cascarilla de arroz en empresas colombianas, para ello es necesario realizar una descripción de lo que se observe y encuentre en la indagación para poder abordar de forma correcta el estudio, considerando dentro de la investigación la

definición de variables.

Los estudios explicativos, son diferentes a los descriptivos ya que se enfocan en dar respuestas a los eventos que se estudiaron, en este caso mediante un plan de mitigación del deterioro ambiental producido por cascarilla de arroz aplicando Logística Inversa.

Diseño de la Investigación

En lo que refiere al diseño de la investigación, se tomará como estrategia para responder al problema planteado la investigación de campo, la cual es definida por Arias, F. (2006) como “la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes”. (p.31). Al respecto para atender el estudio planteado no se manipularán deliberadamente las variables, las cuales parten de los objetivos de la investigación reflejados en el capítulo I.

Para el cumplimiento de los objetivos se plantea:

Tabla 2

Actividad vs objetivos específicos planteados

OBJETIVO ESPECÍFICO	ACTIVIDADES
Indagar sobre los estudios que se han realizado con relación al manejo de la cascarilla en Molinos	1.- Establecer los estudios que se han realizado con relación al manejo de la cascarilla en Molinos. 2.- Realizar una indagación que en materia del manejo de la biomasa han elaborado instituciones tales como Fedearroz, el Ministerio de Agricultura, trabajo de grado y tesis sobre la materia.

	3.- Compilar y presentar como producto final tablas que permitan conocer la manera en la cual han tratado el tema.
	4.- Realizar gráficas estadísticas para saber la cuantificación de la biomasa y su tratamiento en otras actividades, así mismo los valores estadísticos de la cascarilla no tratada.
Caracterizar los usos de la cascarilla producida en los molinos en Colombia.	Identificar los diferentes usos de la cascarilla producida en los molinos en Colombia. Para el logro del objetivo se realizará una revisión de las investigaciones científicas en áreas como la medicina, cosmética, fertilizantes, cemento entre otras tanto a nivel nacional como internacional. De esta forma se podrá obtener como resultados los posibles destinos y tratamientos para la cascarilla de arroz.
Diseñar el proceso de traslado Desde Planta arrocer a clientes	Diseñar el proceso de traslado desde la planta arrocer a clientes. Una vez definido los destinos posibles y con base en la logística inversa se diseñará el proceso de manera gráfica y detallada para el traslado desde el sitio de producción de la biomasa hasta su nuevo destino que le permite convertirse en un insumo e iniciar una nueva cadena de producción

Nota: Actividades que se deben cumplir para atender los objetivos de la investigación

Población

Con relación a la población Arias, F. (2016) expresa que la población es “Como un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”. (p.81). Para efectos de la investigación y

considerando el concepto del autor, la población será definida en molinos ubicados en Villavicencio, a fin de que presenten las mismas características y puedan ser abordados de manera efectiva. Estos molinos son:

Tabla 3

Molinos ubicados en Villavicencio (Meta), Colombia

MOLINO	UBICACION
Molino Roa	Km 3 vía acacias
Induppady	Carrera 48 # 1 -50
Villavicencio y compañía SAS	Carrera 22 # 6 50 sur
Agrocom	Vía Puerto López entrada al barrio Juan Pablo II
Industrias Molillano SA	Calle 12, 18- 53
Cereales del llano	Km 4 Vía Acacias
Inproarroz	Vía Puerto López Km 15
Pacandé	Vía carretera del amor
Arroz del llano	Vía Puerto López Km 2

Nota: Construcción propia producto compilación de información de G. Mora (2019) & Google maps (2023).

Muestra

En lo que respeta a la muestra, el autor señala que es “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83), de acuerdo con este criterio, para la selección de la muestra, se considera la técnica de muestro estratificado, al respecto el autor explica que se deberá definir las características que deben cumplir los sujetos para poder ser elegidos.

Para la investigación se plantean las siguientes características:

- 1.- Tener al menos 3 años en la empresa

2.- Tener vinculación con la fase final de la cadena de producción

En este caso, se establece el molino en Villavicencio como sujeto de estudio.

Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Como fuente de datos para la investigación se tiene fuentes primarias y secundarias, las primarias están representadas por datos propios de la empresa ya que se trata de información única, privada y particular la cual para el tema de aplicar logística inversa no ha sido nunca tratada. Por su parte la investigación también contará con fuentes secundarias, dado que se requieren los libros sobre el tema de logística inversa.

Con relación a las técnicas para la recolección de información, será considerada la observación, y la encuesta, en lo que refiere al instrumento serán la nota de campo y el cuestionario, respectivamente. Arias, F. (2016), define la observación como una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación. (p.36), por su parte el autor señala que la encuesta es una técnica con la cual “se pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular”. (p.67). Con base en lo señalado han sido definidas las técnicas que serán aplicadas en el estudio.

En relación a los instrumentos para la observación se plantea el diseño de una nota de campo o bitácora, a través de la cual se plasmará todo aspecto observado sobre cada una de las fases o actividades que se desarrolla en el molino definidos para la investigación, así mismo será

aplicado un cuestionario con modalidad escrita como instrumento de recolección de datos que según Arias, F. (2006) “se realiza de forma escrita mediante un instrumento o formato en papel contentivo de una serie de preguntas...debe ser llenado por encuestado, sin intervención del encuestador.” (p.74). el mismo será aplicado a los sujetos que arroje la muestra en el presente estudio.

Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos

El procesamiento y análisis de la información se realizará a través de distribución de frecuencias una vez aplicado el cuestionario se revisarán las respuestas en un cuadro de distribución de frecuencias para cada ítem, gráficos estadísticos tal como lo expresa Palella, S. y Martins, P. (2012) “esto puede hacerse mediante representación gráfica (por ejemplo, sectoriales, curvas, diagramas de barras) o representación numérica, en cuadros.” (p.188). y posteriormente se realizará un análisis que permitirá vincular el marco teórico a los resultados obtenidos a fin de lograr un plan de logística inversa para el manejo de la cascarilla de arroz en empresas productoras de arroz que contribuya a mitigar el daño ambiental que producen.

Capítulo IV

Resultados

Informe sobre el manejo de la cascarilla del arroz

La cascarilla de arroz actualmente es una biomasa de gran importancia por el volumen que se produce a nivel internacional y nacional, tal como se indicó en el presente estudio, así como por los problemas ambientales que produce si sus desechos no son tratados desde el punto de vista de la industria, la tecnología y la investigación, la producción de este desecho se convierte en una importante ventaja competitiva en diferentes mercados, permitiendo la aplicación de técnica como la logística inversa, ya que el desecho no tiene como destino final el aire, el agua o espacios físicos improductivos, por el contrario retorna a la empresa como un insumo revalorizado que se ha convertido en materia productiva que representa para el molino un ingreso económico y la generación de nuevos clientes quienes a su vez iniciarían un proceso de producción.

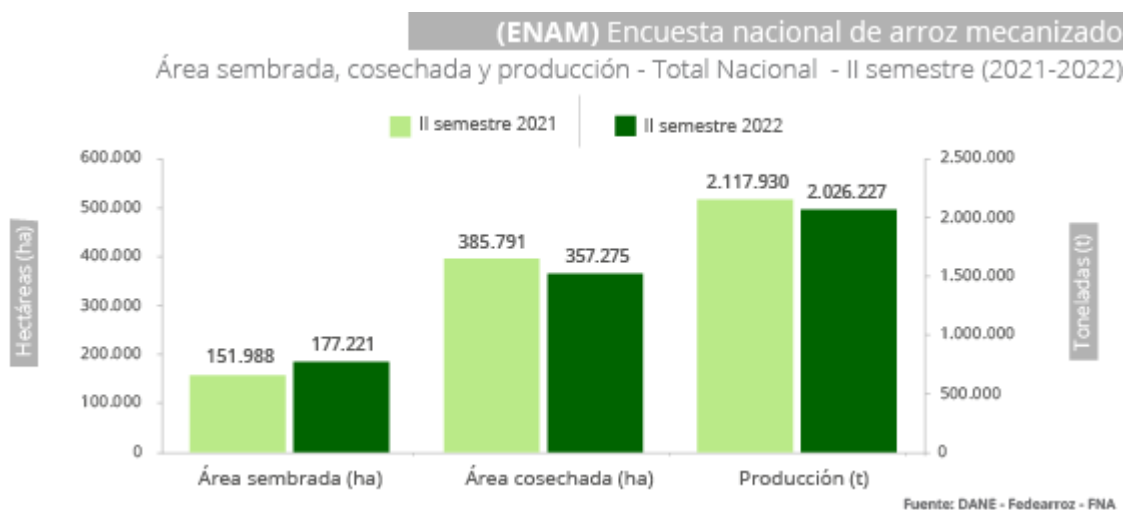
El volumen de cascarilla depende directamente de la producción de arroz, de allí que es importante dar una mirada a las estadísticas obtenidas por la Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM), quien señaló que “en el segundo semestre de 2022 la estimación del total nacional para la producción de arroz mecanizado fue 2.026.227 toneladas de arroz paddy verde”

Así mismo en el producto de la encuesta se pudo conocer que “El área sembrada estimada de arroz mecanizado para segundo semestre de 2022 fue 177.221 hectáreas. Esto corresponde a 25.234 hectáreas más frente al segundo semestre de 2021, cuando se presentaron 151.988

hectáreas, indicando un aumento de 16,6%”

Gráfica 1

Encuesta Nacional de arroz Mecanizado



Nota: información de ENAM publicada por el DANE

Es evidente que, al existir mayor siembra, se obtiene mayor producción y con ello se produce más volumen de la biomasa, la cual dado el complejo resultado de su desecho para el ambiente y el ser humano ha sido producto de múltiples estudios dirigidos a actividades varias tanto a nivel internacional como en Colombia.

A modo de resumen se presenta a continuación las propuestas que por medio de estudios de investigación a nivel nacional e internacional se han planteado como uso para la cascarilla de arroz, las cuales serán descritas en la siguiente sección de esta investigación.

Tabla 4*Usos de la Cascarilla de arroz*

Estudios Nacionales	Moresco S. (2021). Realiza una investigación que consiste en el uso de la cáscara de arroz en la producción de caucho
	Rietta G. (2020). Director del proyecto la Gloria el cual, se encuentra en ejecución, consiste en una central de biomasa que busca generar energías renovables no convencionales (ERNC) a partir de estos desechos, particularmente, las cáscaras de arroz.
	Leiva M. (2017), observó que el comportamiento de la escayola aditivada con los residuos de arroz se pueden valorizar estudiar mediante un nuevo material de construcción llamado “escayola-residuos cáscara de arroz”,
Estudios Internacionales	Ortega A., Quispe I. (2021), estudiaron las diferentes alternativas relacionadas al uso de la cascarilla de arroz como una herramienta para generar energía en Colombia.
	Rodríguez A. (2019), examinó que la cascarilla del arroz podía convertirse en cenizas bajo un procedimiento químico, lo que agrego valor al área superficial obtenida.
	Núñez A.(2019), planteó un proyecto donde se utilizó luffa cilíndrica o también llamado estropajo, más cascarilla del arroz como una alternativa innovadora para tratar el agua lluvia de escorrentía de cubiertas como filtro de flujo descendente.
	Sibaja C. (2020), evidenció que la cascarilla de arroz está altamente compuesta por carbono con una propiedad de adsorción, siendo ésta porosa utilizada en el proceso de separación o remoción del cromo de fuentes hídricas.

Nota: Algunos usos de la cascarilla de arroz unos en proceso de investigación y otros ya en aplicación.

Usos comerciales de la cascarilla de arroz

Durante el estudio se logró evidenciar los diferentes usos comerciales de la cascarilla de arroz presentados en la tabla 3 en la sección anterior. A continuación, se describen los aspectos de cada propuesta, en relación con la generación de Combustible para alimentar plantas termoeléctricas.

Una propuesta interesante que presenta Chile es el uso de la biomasa para generar Energías renovables no convencionales, en el año 2020 estimaron 200 millones de toneladas en la zona productora de arroz en el país, volumen que produjo colapso en los vertederos y de allí la necesidad de brindar una solución, adicional al tema ambiental se une el costo para el desecho de la cascarilla, que en Chile fue estimado en 1.500.millones de dólares anuales, suma alta por solo botar desechos, según los datos publicados por Rietta director del proyecto la planta tendrá una capacidad de generación de energía de 27 GWH/año (gigawatt hora por año), mientras que su rentabilidad estaría sobre el 15%.

La energía producida será vendida como energía eléctrica al sistema interconectado central a precio estabilizado; el proyecto busca exportar o vender en el mercado local, por tanto, la totalidad de la cascarilla producida será usada en la planta lo que significa que se evidencia el retorno del desecho con un valor agregado en los molinos, con un solo cliente representado en la planta la cual contará con múltiples proveedores, saliendo del molino directo a la planta.

En este orden de ideas, la biomasa puede ser utilizada también en la elaboración de compuestos de yeso que tengan como destino la construcción, para ello se ha considerado la verificación de compuestos a través de ensayos físicos y químicos, así la valoración en las

pruebas experimentales es importante destacar que el resultado de mezclar el yeso con la biomasa puede ser utilizado la fabricación de elementos prefabricados y otros elementos constructivos que requieran poco peso.

En este orden de ideas, además de la mezcla con yeso se han logrado determinar algunas dosificaciones de mezcla para bloques de pared de relleno, obteniéndose bloques de concreto ligero a base de el desecho de arroz, el beneficio que se puede alcanzar al utilizar la biomasa para la construcción: tiene propiedad aislante de ruido, es de bajo peso, costo y de fácil manejo, excelente aislante térmico, además capacidad de absorción de cargas, así como facilidad para el corte. Si se considera el volumen de producción de granza y la ventaja de su uso en la construcción representa una oportunidad importante su vinculación para lograr viviendas de bajo costo y con las ventajas señaladas en el material. Se debe destacar que para el uso de la cascarilla en la construcción debe pasar por el proceso de quema especial para eliminar el compuesto orgánico y, por ende, debe realizarse respetando la normativa legal vigente en el país.

Una de las áreas que puede lograr el aprovechamiento de los restos de la producción de arroz, es el agro, ya que puede lograrse importante compost, importante abono orgánico sólido, con un porcentaje del 50% en proporción volumétrica, el otro 50% estará entre residuos de soya, gallinaza y afrecho de arroz que es el polvillo. El resultado de este compost puede ser usado en tierra de cultivo con especial atención en la producción de frutas, como beneficio en las tierras que lo emplean teniendo mayor fertilidad del suelo, con especial uso en suelos mal drenados.

El sector pecuario también puede utilizar la biomasa como camas avícolas en los galpones de pollo de engorde, se aplica antes de la llegada de la camada de animales y dentro del galpón,

luego de la ubicación de los implementos para alimentación, así los pollos pican allí. En la producción porcina se utiliza como cama para lechones y cerdos lo que brinda una especie de colchón que brinda comodidad al animal; otra aplicación es en los novillos previa subida a los camiones a fin de generar un nido.

La agricultura es otro benefactor de la cascarilla de arroz, ya que mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos facilitando la aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes; su uso estimula el desarrollo uniforme de las plantas. Esta biomasa es rica en Sílice y esto provee mayor resistencia contra insectos y microorganismos. El uso prolongado es una gran fuente de humus.

La cascarilla de arroz es un insumo tan versátil que alcanza industrias como la cosmética y la salud, en el caso de la cosmética con especial atención en Japón, se utiliza entre otros la biomasa en sus productos de belleza para cuidar y destacar las pieles blancas y tersas, así mismo se emplea formular hidrolizados proteínicos destinados a hidratar y nutrir la piel. En el campo de la medicina su uso está en estudio. En nuestro país, la UNAL sede Manizales viene realizando un estudio sobre el uso de la cascarilla, el cual se ha dividido por etapas. En la primera se realizó el proceso de reutilización de la cascarilla de arroz para obtener la sílice, en la segunda etapa se buscó identificar la viabilidad de la sílice a través de pruebas de compatibilidad y bioactividad, es decir, si el compuesto es un elemento que será tolerado por el cuerpo.

Hincapié (2019). señala:

Estamos experimentando las pruebas de compatibilidad a través de plaquetas sanguíneas, que son las que más reaccionan ante agentes externos, bajo aceptación o rechazo. Además,

estamos ensayando diferentes tamaños de partículas para determinar cuál es el más adecuado y cuál es la variable que mejor responde. A través de este estudio han logrado descubrir que cuando se ingiere un medicamento, la liberación no es controlada sino es generada por el cuerpo.

Al usar nano partículas mediante una estimulación a través de un campo magnético, cambios de pH o de temperatura, se puede estimular la liberación de la partícula en puntos específicos, logrando tratamiento con mayor efectividad. El uso de las nano partículas podría estar cargadas con medicamentos como ibuprofeno, penicilina y eritromicina, entre otros.

Sin duda el uso en el ámbito de la salud va a permitir avances importantes en bienestar de la población.

Paiva A., Sanchez E. (2021) desarrollaron en la universidad Earth en Costa Rica una investigación sobre el uso de la cascarilla de arroz en la producción de envases biodegradables y al respecto se cita:

El estudio se realizó en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad, se llevó a cabo un ensayo piloto para la elaboración de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz, el cual se basó en tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, a excepción de la prueba de humedad que contó con cuatro repeticiones, donde se evaluaron el contenido de humedad y resistencia del material. Según los resultados de los análisis foliares y de metales pesados, se determinó que el material es apto para su uso como envase para alimentos, ya que se encuentra bajo los límites máximos permitidos en el Codex

Alimentarius. El tratamiento que presentó mejor resultado fue el T3 (40 % cascarilla de arroz), ya que en las pruebas de resistencia al impacto y rigidez obtuvo una media de 54,53 g y 2209,77 g respectivamente; mientras que el T2 (60 % cascarilla de arroz) obtuvo una media de 46,50 y 1186,62 en las pruebas de resistencia al impacto y rigidez; y el T1 (50 % de cascarilla de arroz) una media de 49,07 y 2042,47 en las mismas pruebas. Sin embargo, en la prueba de contenido de humedad el análisis estadístico Tukey indicó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Basado en estos resultados se comprobó que en cuanto mayor contenido de cascarilla de arroz tenga la mezcla, menor será la resistencia. Además, se determinó que el costo de producción del mejor tratamiento (T3) fue de CRC 521,84 para la producción artesanal y de CRC 330,19 para la producción industrial

Otro estudio de gran importancia se desarrolla en un Municipio de España, Tarragona donde el grupo empresarial Vallombrosa Trus desde el 2008 inició la construcción de una fábrica de paneles fotovoltaicos, la cual producirá anualmente un total de 100 megavatios (MW) de energía. La importancia del proyecto se fundamenta en el abaratamiento de las placas fotovoltaicas.

En atención al uso de la cascarilla de arroz en diversas áreas y considerando las empresas en Villavicencio se considera como clientes potenciales:

1. Avícola San Lorenzo Del Llano
2. Industria Nutricional Avícola S A S
3. Avícola La Unión Del Llano
4. Avícola Súper Huevo Del Llano

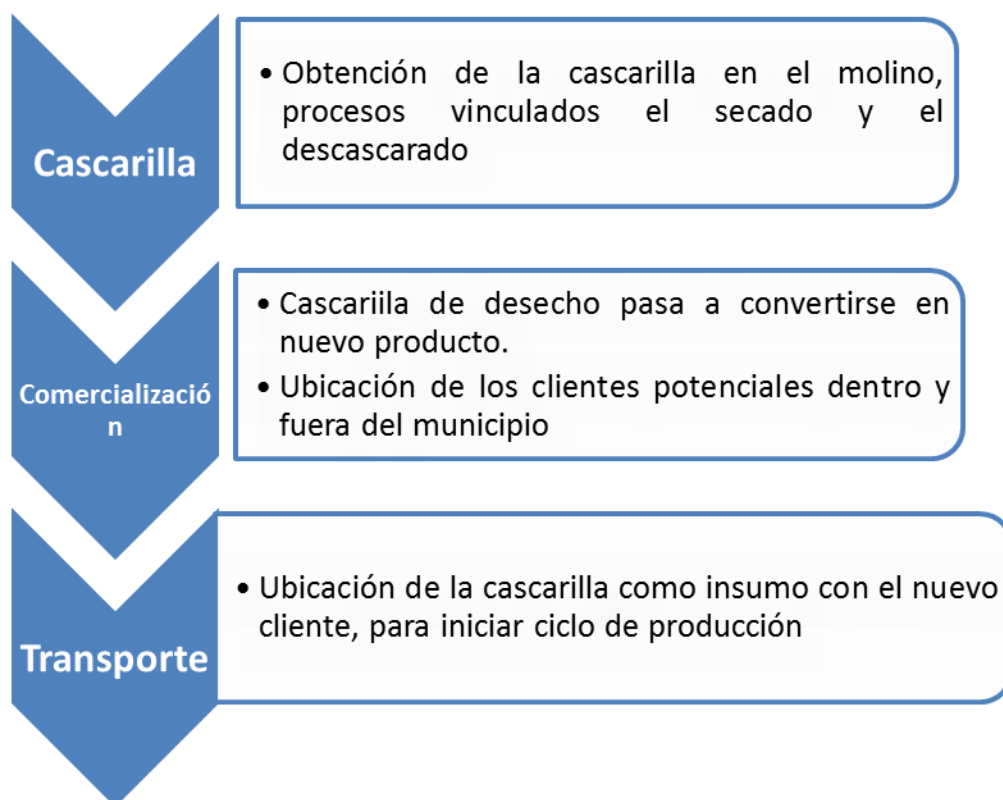
5. Granja Avícola Clementina
6. Transportes Y Servicios Agroindustriales Sas Onus
7. Industria Avícola Del Llano
8. Comercializadora Avícola Santa Helena Ltda.

Dado que el requerimiento será constante en el uso de camas y manejo de animales, por otra parte, empresas de producción de fertilizantes como es el caso de la empresa Crecer Cultivos la cual representa un cliente potencial de la biomasa y el uso frecuente del producto que se utiliza para la elaboración de sus productos.

Modelo de transporte o de comercialización de la cascarilla de arroz

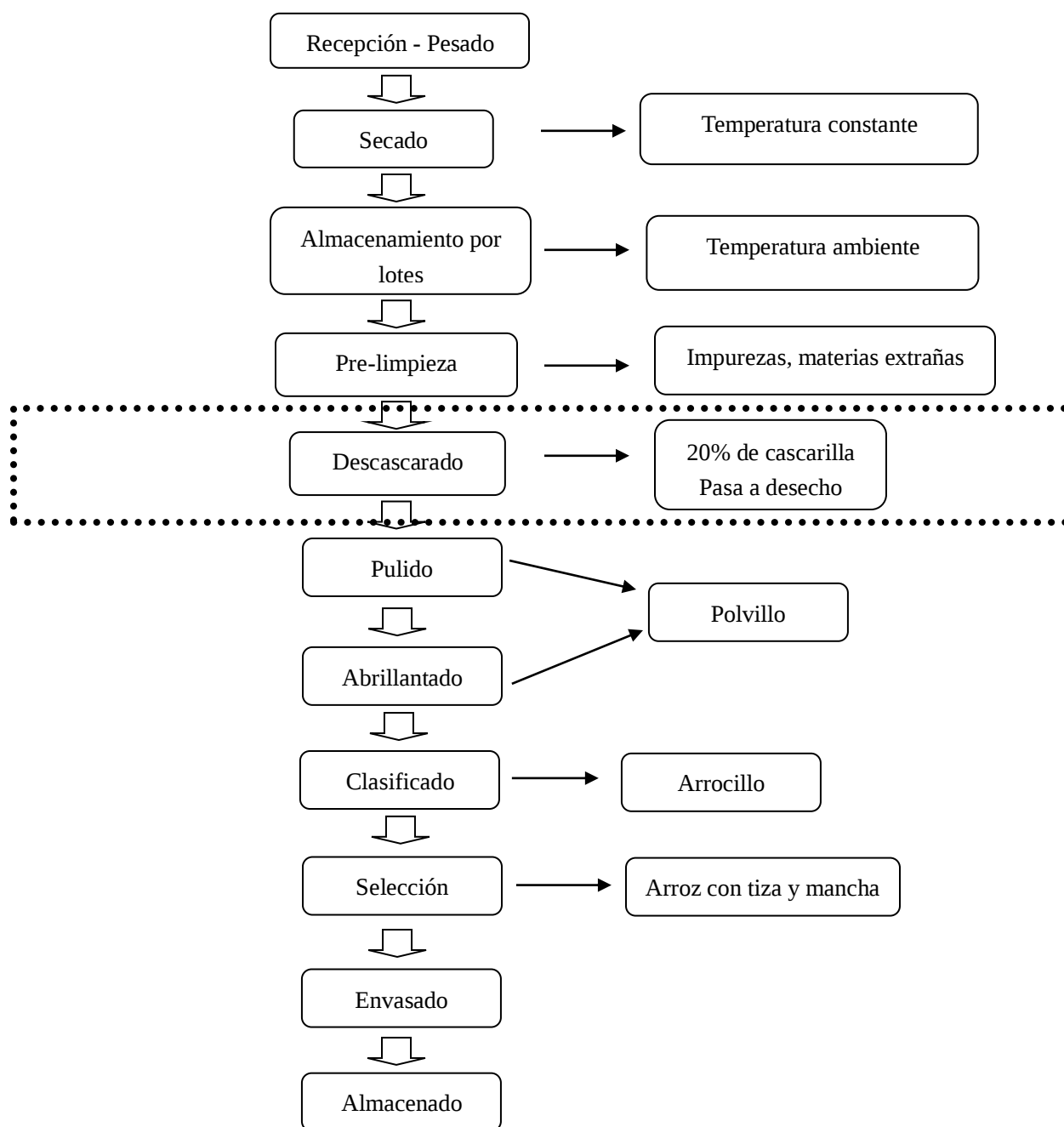
Figura 4.

Modelo de transporte o comercialización de la cascarilla de arroz



Nota: Construcción propia

En el caso del modelo de transporte o comercialización se considera importante representar a través de un diagrama de flujo como se obtiene la cascarilla en el proceso de producción de arroz. A continuación, se puede observar:

Figura 5.*Diagrama de Flujo de Pilado de Arroz*

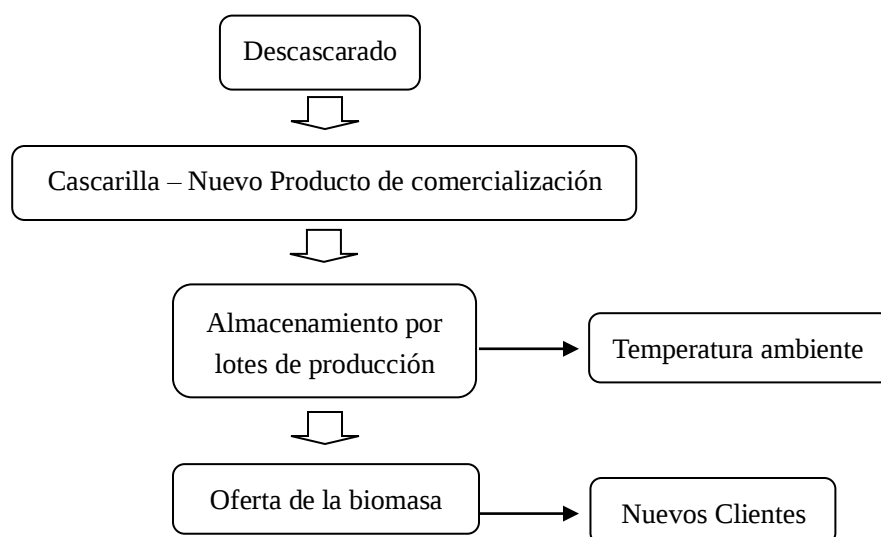
Nota: Compilación de información

Como se puede observar en la figura 5, el quinto paso del proceso permite alcanzar el

desecho o cascarilla de arroz, el cual actualmente pasa a desecho y requiere transporte hasta su destino final, sin embargo, en atención al modelo propuesto, obtenida la biomasa se debe recolectar, verificar temperatura y almacenar para su comercialización, por ende, debe recibir la atención y cuidado como insumo de valor producido durante la obtención de arroz.

Figura 6

Cascarilla como nuevo producto de comercialización



Nota: Producción propia

En relación con el transporte, es importante destacar que, aplicando la logística inversa, la cascarilla al ser obtenida en el proceso de descascarado, la manipulación debe ser controlada y supervisada para evitar que tenga residuos o que al momento del manejo sea humedecida, ya que es importante mantener el estado sanitario de la misma, en especial si su destino es la agricultura como abono, fertilizante u otro uso.

La empresa debe garantizar los dos tipos de transporte, el interno que corresponde a una

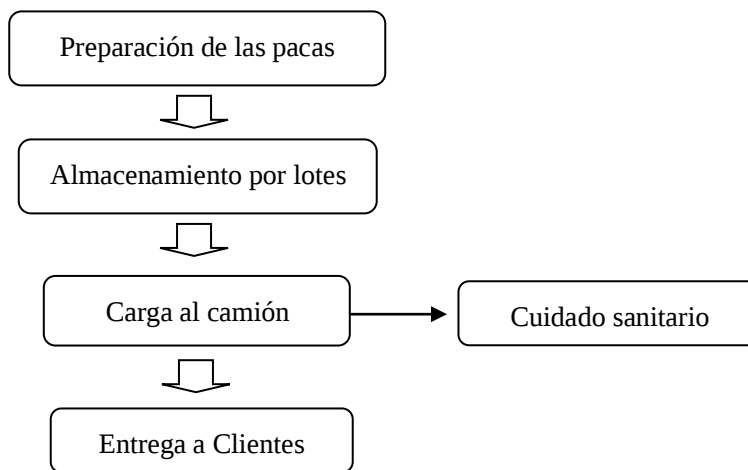
volqueta propiedad del molino ya que una vez que se obtiene la cascarilla por lote de producción se pasa a la maquina compactadora de cascarilla e inmediatamente se trasladada a depósito o al cliente, cuidando la temperatura y cubriéndola de cualquier tipo de humedad.

El otro transporte que se considera es el utilizado para el traslado hasta el cliente, para ello se puede utilizar la misma volqueta en que se transportaba la cascarilla al sitio de desecho, con la marcada diferencia que ahora deberá ser dispuesta en pacas de 50 Kg.

El molino cuentan con el transporte propio, por tanto, no se requiere contratar empresas de transporte a menos que llegue a suceder una eventualidad en la empresa productora.

Figura 7

Transporte y entrega a Cliente

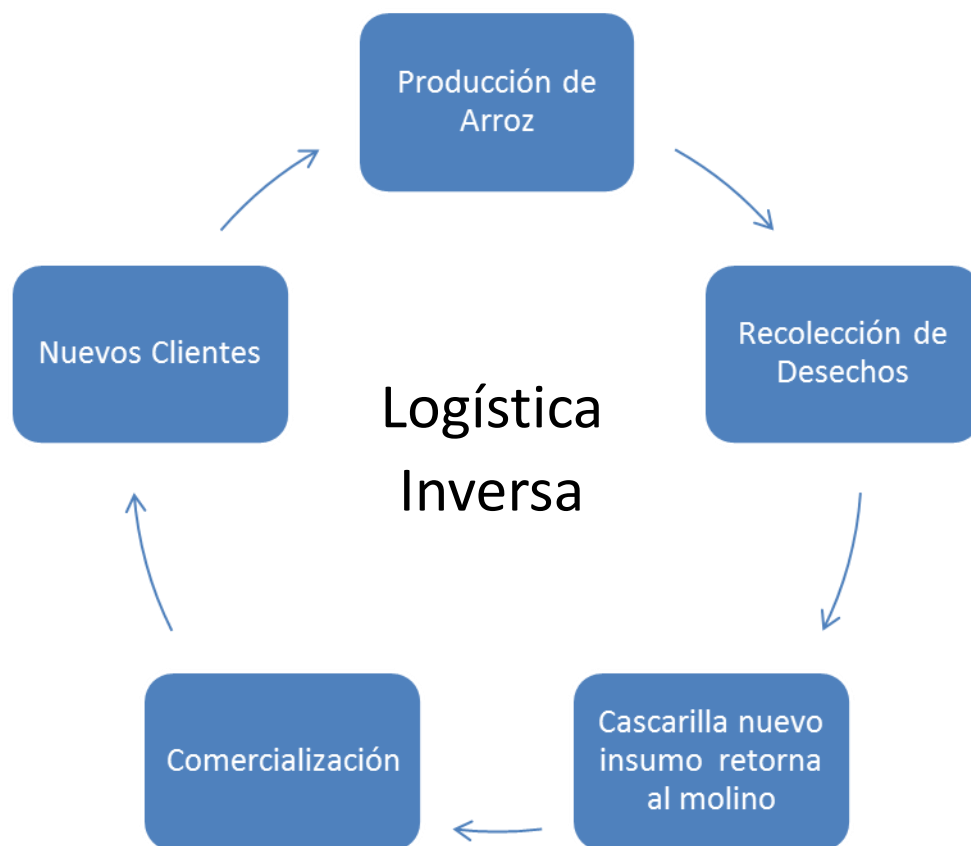


Nota: Producción propia

Plan de logística inversa para la comercialización de la cascarilla de arroz

Figura 8.

Plan de Logística Inversa para la comercialización de la cascarilla de arroz



Nota: Construcción propia

Como se puede observar en la figura 8, el plan de logística inversa que se propone permite convertir un desecho en un subproducto para comercialización. El proceso de producción de arroz dependerá del tipo de siembra, extensión y maquinaria de la empresa; en el caso de Molinos en villavicencio se tiene:

Tipo de arroz producido: la empresa produce arroz Cristal cuyos nombres comerciales son

arroz blancos que se seleccionan electrónicamente y por ello es un arroz parejo que no requiere ser lavado por el consumidor final para su preparación. Se caracteriza por ser:

1. Grano Entero y bien pulido
2. Grano blanco clasificado
3. Grano Blando al Cocinar
4. Rendimiento del Grano

La empresa produce el arroz industrial que se corresponde a un grano quebrado de tamaño por debajo de $\frac{1}{4}$ del grano entero, tal como se observa en la imagen.

Imagen 1
Arroz industrial



Nota: imagen de archivo en Molino Pacande (2023)

Forma de siembra:

La siembra se desarrolla durante la época de lluvia, que en la zona corresponde a los meses de julio hasta octubre.

Cantidad de arroz sembrado:

En arroz Paddy por cosecha en promedio son 20.000 Ton con + o – 25% de humedad y 5% de impurezas. Los kg de Paddy verde se deben llevar a Kg de Paddy seco, para esto se aplica un

factor de merma por humedad del 0,8443%, por lo cual se obtiene:

$$20.000 \text{ Ton paddy verde} \times 0,8443\% = 16.886 \text{ Ton de paddy seco}$$

Desecho de la Producción (Cascarilla)

La cascarilla físicamente es la envoltura externa del arroz, la cual ha sido objeto de múltiples investigaciones para su uso, así queda evidenciado en el presente trabajo. Para su obtención se cumple con un proceso de elaboración que se conoce como descascarado que fue representado en la figura 5. Este asunto consiste en la frotación producida por descascaradoras, así se despega la llamada cascarilla, pero la operación es delicada porque no debe dividirse el grano, ya que es débil (Najar, 2017). El grano de arroz se procesa común y corriente mientras que, la cascarilla tiene otro proceso industrial. El proceso descrito corresponde a Molino en Villavicencio.

Imagen 2

Cascarilla



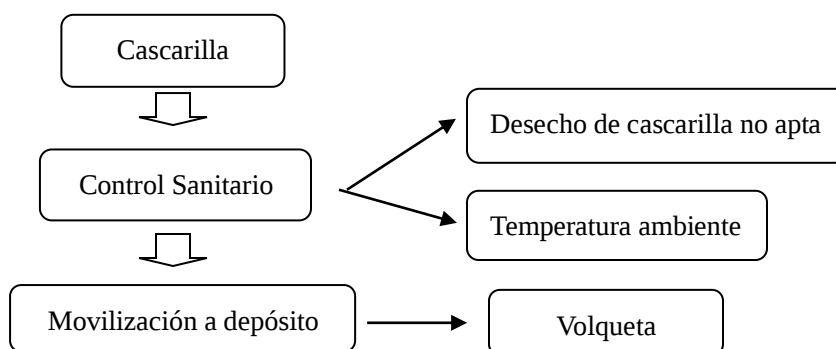
Nota: imagen de archivo en Molino Pacande (2023)

Cascarilla nuevo insumo retorna al Molino

En este proceso se aplica la logística inversa en la cadena de producción de arroz, como se muestra en la figura 5, el proceso descascarado genera un sub producto que tenía como destino final vertederos de diferente tipos, pero ahora al convertirse en un sub producto revalorizado y que entrará de nuevo a la empresa con valor agregado, cumplirá con nuevos procesos y efectuará controles sanitarios, ya que la empresa al igual que en sus productos finales de arroz cuidará el producto que comercializa para los diferentes usos, con especial atención en este estudio como abono en empresas palmeras y viveros de plantas ornamentales y frutales.

Figura 9.

Cascarilla nuevo insumo retorna al Molino



Nota: Producción Propia.

Volumen de cascarilla evacuada diariamente:

El porcentaje teórico de cascarilla en paddy seco es del 20%, por lo cual:

$$16.886 \text{ Ton paddy seco} \times 20\% = 3.377,2 \text{ Ton de cascarilla de arroz}$$

Diariamente en cosecha se trillan en promedio 120 toneladas de arroz Paddy seco y se

obtienen 24 toneladas de cascarilla que llegan a la tolva, la cual tiene capacidad para 15 Ton de cascarilla, desde esta se abre una compuerta y se llenan las volquetas para ir evacuando la cascarilla, para esto el molino dispone de una volqueta que transporta 6 toneladas de cascarilla por viaje y hace 4 viajes diarios.

Imagen 3

Cascarilla en descomposición en lote de desalojo cerca al molino



Nota: Foto propia

Imagen 4

Cascarilla dejada en lote de desalojo



Nota: Foto propia

Imagen 5

Ubicación del molino cerca de río



Nota: Foto propia

Imagen 6

Tolva de almacenamiento de cascarilla de arroz



Nota: Foto propia

Imagen 7

Lugar donde se parquea el vehículo para ser llenado de cascarilla que cae por gravedad



Nota: Foto propia

Para calcular el volumen de cascarilla evacuada diariamente, una tonelada de cascarilla ocupa un espacio de $8m^3$ a granel y su peso específico es de $125 Kg/m^3$ (Prada, 2018), por lo cual:

$$6 Ton \times 8m^3 = 48 m^3 \text{ de cascarilla de arroz se transportan en cada viaje de la volqueta}$$

$$48m^3 \times 4 \text{ viajes diarios} = 192 m^3 \text{ de cascarilla transportados diariamente a granel}$$

En el mercado el kg de cascarilla a granel se comercializa en \$150 de esta forma la tonelada de cascarilla cuesta \$150.000, por lo cual:

$$24 Ton \times \$150.000 = \$3.600.000 \text{ ingreso diario por venta de cascarilla}$$

Otra alternativa sería vender la cascarilla compactada en pacas de 50 Kg, para este proceso se ubicaría una maquina compactadora en el lugar donde se ubicaba la volqueta para ser llenada, y se llenará la compactadora directamente desde la tolva, la cual según información suministrada por el fabricante compacta una paca de cascarilla cada 3 minutos, esta máquina representará una inversión para el molino ya que su valor es de \$46.000.000 según cotización hecha a la empresa MS COMPACTADORAS Y EQUIPOS SAS (ANEXO A), pero de esta forma podrá vender su producto a un mejor precio que le generará mayor margen de utilidad.

$$1000 \text{ Kg} \div 50 \text{ Kg} = 20 \text{ pacas por tonelada de cascarilla}$$

La producción diaria de cascarilla es de 24 Ton

$$20 \text{ pacas/Ton} \times 24 \text{ Ton} = 480 \text{ pacas diarias}$$

Cada paca de arroz tiene unas medidas de: 50 ancho x 50 fondo x 70 altura.

Imagen 8

Paca de arroz de 50 kg



Nota: imagen de archivo en AGRODOYARE (2023)

El volumen de cada paca es respectivamente:

$$0,5 \times 0,5 \times 0,7 = 0,175 \text{ m}^3 \text{ por paca de } 50 \text{ Kg de cascarilla}$$

$$\frac{1 \text{ m}^3}{0,175 \text{ m}^3} = 5,71 \text{ pacas de cascarilla por m}^3$$

$$5,71 \text{ pacas} \times 50 \text{ Kg} = 285,5 \text{ Kg /m}^3 = 0,2855 \text{ Ton/m}^3$$

La capacidad de la volqueta del molino es de 48 m^3 , por lo cual:

$$48 \text{ m}^3 \times 5,71 \text{ pacas} = 274,08 \text{ pacas por viaje}$$

Para cumplir con el requerimiento de transporte diario de cascarilla compactada que equivale a 480 pacas se deben hacer 2 viajes en la volqueta, la cual representaría una reducción del 50% en los costos de transporte.

Imagen 9

Compactadora de cascarilla de arroz



Nota: imagen de archivo de MS Compactadoras y equipos (2023)

Imagen 10

Cascarilla ingresando a la compactadora



Nota: imagen de archivo de MS Compactadoras y equipos (2023)

Imagen 11

Paca realizada con la compactadora



Nota: imagen de archivo de MS Compactadoras y equipos (2023)

Precio de venta de la cascarilla:

El precio de venta promedio de la paca de cascarilla de arroz, es de 12.000 pesos, de esta forma las 24 Ton/día que se producen de cascarilla de arroz le generarían un ingreso de \$ 5.760.000, como se puede ver a continuación:

$$480 \text{ pacas diarias} \times \$ 12.000 = \$ 5.760.000$$

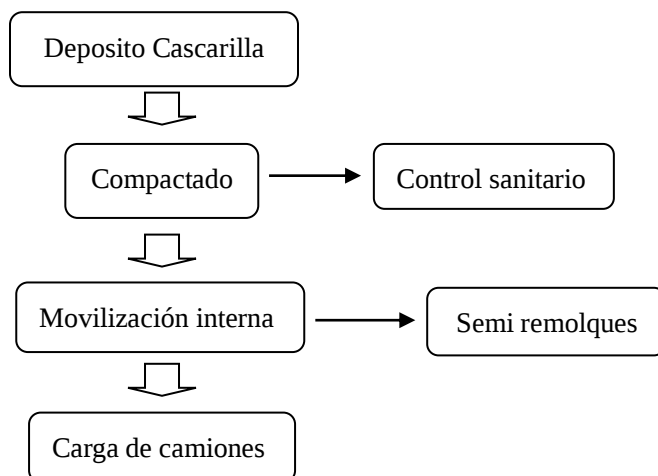
Comercialización de la Cascarilla

Una vez que se obtiene el nuevo producto estará disponible para ser transportado inmediatamente o en las bodegas del molino para su posterior comercialización, esto permitirá estabilidad en el precio ya que al no ser constante la producción durante el año, en época de cosecha la cascarilla baja demasiado su precio en el mercado y en épocas donde no se está trillando arroz la cascarilla tiene un valor mucho más alto. El producto será retirado del depósito una vez sea solicitada por el cliente, para ello, se utilizará la volqueta y las pacas de cascarilla serán llevadas a su nuevo destino.

El proceso de comercialización de la biomasa representa una ventaja para la empresa, ya que el costo de movilización simboliza un gasto. Anteriormente, la empresa debía retirar el desecho a granel y por su gran volumen debía hacer 4 viajes para llevar la cascarilla al cliente o a algún vertedero, ahora en una nueva cadena de comercialización, el transporte pasa a ser un proceso generando dividendos a la empresa.

Figura 10.

Comercialización de la Cascarilla nuevo insumo



Nota: Producción Propia.

Nuevos Clientes

La cadena de comercialización de la empresa se amplía, ya que podrá ofrecer el desecho como producto de calidad a sus clientes, por lo tanto, se comercializa un producto de mejor calidad en cuanto a manejo y conservación.

CONCLUSIONES

Finalizado el proyecto y luego de haber desarrollado el proceso de investigación, se concluye que en cuanto al manejo de la cascarilla de arroz y la aplicación de la logística inversa, la técnica permite que el desecho producido por el molino se convierta en una nueva oportunidad de negocio, además permite el cumplimiento de las normativas vigentes en el país señaladas en el presente estudio y contribuye con el cuidado ambiental y la preservación de la vida, ya que evita contaminantes para los habitantes de las zonas productoras de arroz.

El desecho retorna como un insumo importante para otra industria, por lo tanto, se preserva con el valor agregado que le da su destino y se inicia una nueva cadena de comercialización a través de la ubicación de nuevos clientes, con quienes se mercadea la biomasa y la llevan a la generación de nuevos productos en una diversidad de mercados.

Con relación a los usos de la cascarilla de arroz, se ha podido evidenciar que crece cada día y se inserta en una infinidad de áreas, entre ellas se resalta las más recientes que son: la generación de combustible para alimentar plantas termoeléctricas y brindar estudios en la vinculación a la industria farmacéutica en Europa y en nuestro país. Dada la relevancia de esta biomasa es importante que los molinos comiencen a considerar las oportunidades de negocio y brinden el cuidado y la atención correspondiente a este insumo para otras industrias.

Sobre el modelo de transporte y comercialización se vincula el uso de la logística inversa, una vez que se ha podido evidenciar la importancia del retorno del desecho, el cual tenía como finalización de la cadena un vertedero. En atención al presente estudio, se da un retorno de lo que

permite vincular la logística inversa en este punto e iniciar una nueva cadena.

Finalmente, se presenta un esquema sobre la logística inversa que se plantea para los molinos, el cual como propuesta se recomienda sea considerado y desarrollado con las particularidades del molino, citado en el presente estudio.

ANEXOS

ANEXO A. Cotización hecha a la empresa MS COMPACTADORAS Y EQUIPOS

SAS

 COMPACTADORAS CONTRIBUIMOS A UN FUTURO MÁS SOSTENIBLE www.compactadoras.com.co (604) 3223805 (57) 311 335 36 23	✓ Fabricación de compactadoras hidráulicas ✓ Repuestos ✓ Asistencia Técnica ✓ Mantenimiento ✓ Asesorías
---	---

Contacto: Sara Perea Abdala
Teléfono: 3138762745
Correo electrónico: pazyfloracultivos@gmail.com
Dirección:
Código cotización: MS 900581
Fecha: 24/05/2023

Contacto en ventas
 Karla Bedoya Cardona
 Correo: direccioncomercial@compactadoras.com.co
 Teléfonos: 6043223805 - 3113353623

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal
Compactadora vertical cascarilla de arroz	1	\$ 46.500.000	\$ 46.500.000

Términos y condiciones

Los Valores anteriores No incluyen IVA

* Todos los valores cotizados están sujetos a modificaciones sin previo aviso antes de la aceptación formal de cualquier pedido.

Validez de la oferta: 15 días a partir del envío de la propuesta

Folleto: Manual de operación.

Garantía:

1 año por defectos de fabricación.

La garantía no cubre partes de desgaste normales del equipo (ver política de calidad)

Aceite:

Nuestros equipos incluyen aceite.

Accesorios:

Se puede adicionar accesorios como: Base con deposito de lixiviados, Circuito de seguridad, Base con ruedas, todos los accesorios aplican para cada maquina, excepto la base con ruedas, esta solo aplica para compactadora institucional.

Servicio posventa:

MS COMPACTADORAS Y EQUIPOS ofrece servicios de MANTENIMIENTO CORRECTIVO O PREVENTIVO - ASESORIA TECNICA- ASISTENCIA TECNICA- REPUESTOS- GARANTIAS. Los precios de estos servicios pueden variar de acuerdo a la condición en la que se encuentra el equipo y si es garantía o no.

Servicio Transporte:

* MS COMPACTADORAS Y EQUIPOS presta a sus clientes servicios logísticos y de transporte este servicio tiene un valor adicional según ciudad y municipio de entrega, Nuestros servicios de transporte incluyen:

* Transporte del equipo a sus instalaciones.

* Personal técnico para ayuda con maniobra en lugar de entrega.

* Personal técnico para capacitación en lugar de entrega.

* Asesoría técnica

Alcance de la propuesta:

* Nuestros equipos serán entregados con todos los protocolos de pruebas para su óptimo funcionamiento.

* El equipo se entregara tipo plug and play (enchufar, conectar y usar).

* Esta propuesta incluye entrega de los equipos por parte de MS COMPACTADORAS Y EQUIPOS en plataforma (Sobre camión)

Teléfono: 604 322 3805 - (+57) 311 335 36 23

www.compactadoras.com.co

Email: comercial2@compactadoras.com.co

BIBLIOGRAFÍA

- Ambiente, M. d. (2023). *DECRETO 948 DE 1995*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527621/Decreto+948+de+1995.pdf/670a0603-4d1f-454f-941e-08e6ba70666d>
- Arias F. (2006). *Desarrollo Sostenible y sus indicadores*. <https://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/colombia/cidse/Doc93.pdf>
- Arias, F. (2016) *El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. Editorial Episteme 7ma edición.
- Albarracin M., Mendoza L., Monrroy R. (2019). *Modelo para la diversificación y sofisticación del sector arrocero en el área metropolitana de Cúcuta*. [Trabajo de Grado, Universidad Libre de Colombia] <https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/15807/PAPER%20ARROZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arango L., Rojas L. Silva E. (2019). *Diseño de un modelo de logística inversa para empresas del sector industrial en la ciudad de Pereira, Risaralda*. [Trabajo de Grado, Universidad Libre de Colombia] <https://repository.unilivre.edu.co/handle/10901/17157>
- Aristizabal E., Vélez J., Zuluaga D. (2012). *Proceso de Logística Inversa en la empresa alival S.A de Pereira*. [Trabajo de Grado, Universidad Católica de Pereira Colombia] <https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/2236/1/CDMAE104.pdf>
- Boletín Técnico (2021). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM) II semestre*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/boletin_ENAM_IIm21.pdf
- Centena, O. (10 de noviembre de 2015). *Estimación de proteína en semolina de arroz, mediante aplicación de regresiones en el infrarrojo cercano*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43745945014/html/>
- Cepal (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- CONARROZ. (2017). *Arroz con un alto valor nutricional*. Obtenido de <https://www.conarroz.com/images/revista/Revista7.pdf>
- Corredor J. (2021). *Incidencia del proceso de Logística Inversa en la Cadena de Suministro de la Industria Alimentaria en Colombia*. [Trabajo de Grado,

Universidad Nueva Granada Colombia]
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38648/CorredorPrietoJeysonDario2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cruz A. (2009). *Propuesta de aplicación de logística inversa para el mejoramiento del centro de distribución. Puma Abarrotero*. [Trabajo de Grado, Instituto Politécnico Nacional de México]
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4136/1/I2.1117.pdf>

DANE. (2023). *Encuesta nacional de arroz mecanizado (ENAM)*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-arroz-mecanizado>

DECRETO 948 DE 1995. En relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire
<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527621/Decreto+948+de+1995.pdf/670a0603-4d1f-454f-941e-08e6ba70666d>

Fedearroz (2023). *2022 año arroceros para replicar en las siembras del 2023*.
<https://fedearroz.com.co/es/publicaciones/editoriales/2023/02/27/2022-a%C3%B1o-arroceros-para-replicar-en-las-siembras-del-2023/>

Hernández, R. Fernández, C y Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial: McGraw-Hill.

Hurtado F. (2018) *Gestión Logística*. Perú. Editorial: Fondo Editorial de la UIGV.
<http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/3513/GESTION%20LOGISTICA.pdf?sequence=3>

Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Nota del secretario general. (1987).
https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

Informe Ministerio de Agricultura (2017). *Arroz, Indicadores y Acciones*.
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Arroz/Documentos/2017-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Leiva M. (2017). *Escayola aditivada con residuos de cáscara de arroz*. [Tesis, Universidad Politécnica de Madrid España]
https://oa.upm.es/54716/1/MARIA_JOSEFA_LEIVA_AGUILERA.pdf

Ley 99 de 1993. Por medio de la cual se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA,

y se dictan otras disposiciones
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

Lopez J. (2009). *Incorporación de la Logística Inversa en la cadena de suministros y su influencia en la estructura organizativa de las empresas*. [Tesis, Universidad de Barcelona]
https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1493/03.JLP_3de10.pdf;sequence=4

López J. (2017). *Logística Inversa*. [Tesis, Universidad de Catalunya España]
https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/139629/1/Log%C3%ADstica%20inversa_M%C3%B3dulo%20did%C3%A1ctico%201_Log%C3%ADstica%20inversa.pdf

Lozano C. (2020). *Alternativas de usos de la cascarilla de arroz (Oriza sativa) en Colombia para el mejoramiento del sector productivo y la industria*. [Trabajo de Grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD Colombia]
<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>

Malpica W, Caicedo C., Lasso D. (2022). Estudio de la logística inversa y su importancia en la gestión empresarial de organizaciones sostenibles. *Revista Estrategia Organizacional*
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/133/1332965002/1332965002.pdf>

Martí B. (2014). *La Logística Inversa: Gestión de Raees*. [Trabajo de Grado, Universidad Politécnica de Valencia España]
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38908/TFC%20Marti%20Frias%2C%20Blanca.pdf?sequence=1>

Méndez M. (2010). *Caracterización de la Casalluzscarilla de Arroz para utilizar como energía renovable en Gasificación*. [Proyecto de Grado, Universidad de los Andes Colombia]
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/24547/u419491.pdf?sequence=1#:~:text=De%20la%20producci%C3%B3n%20total%20de,de%20fibras%2C%20celulosa%20y%20minerales>.

Mora L. (s/f). *Gestión Logística Integral*.
https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/gestion_logistica.pdf

Najar, C. (2017). *Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y*

- tecnologías limpias en un. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol10_n1/a05.pdf
- National Geographic (2022). *Cascara del Arroz contra la Contaminación*. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/cascara-arroz-contra-contaminacion_15189
- OAS. (2023). *Ley 99 de 1993, Ley del medio ambiente*. Obtenido de <http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/Ley99de1993demedioambienteColombia.pdf>
- Oltra R. (2015). *La Logística Inversa: Concepto y Definición* https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/46172/Art_Docente_LI_Cast.pdf
- OPS. (2023). *Olas de calor y salud*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/campanas/olas-calor-salud>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023). *Situación Alimentaria Mundial* <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Ortega, A., & Quispe, I. (2021). *Alternativas del uso de la cascarilla de arroz como fuente*. Obtenido de <file:///C:/Users/Carlos/Downloads/Dialnet-AlternativasDelUsoDeLaCascarillaDeArrozComoFuenteE-8362704.pdf>
- Páez O. et (2016). *La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación*. [Investigación financiada por Universidad del Tolima] http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000200013
- Palella, S. y Martins, P. (2012) *Metodología de la investigación cuantitativa*. Editorial FEDUPEL 3era Edición,
- Real Academia Española (2014). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/log%C3%ADstico>
- renovable, A. (2023). *¿Qué es la biomasa?* Obtenido de <https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/#:~:text=En%20el%20contexto%20energ%C3%A9tico%2C%20la,general%20en%20agr%C3%ADcolas%20y%20forestales>
- Rietta G. (2020). *Energías renovables a partir de cáscaras de arroz*.
- Rodriguez, A. (2019). *Obtención y caracterización de materiales*. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/8447/1515-Texto%20del%20art%C3%ADculo-3738-2-10-20191031.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Rojas Cano, G. (2011). *Logística Integral*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Resolución 619 del 7 de julio de 1997. Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.

https://www.cornare.gov.co/SIAR/aire/FUENTES_FIJAS/NORMATIVA/Resolucion_619_de_1997.pdf

Saluzzo A. (2014). *La logística inversa en el centro de distribución de ARCOR ARROYITO*. [Trabajo de Grado, Instituto Aeronáutico ARCOR Argentina] <https://rdu.iua.edu.ar/bitstream/123456789/918/1/PG.A%20SALUZZO.pdf>

Sibaja, C. (2020). *Identificación De Las Aplicaciones De La Cascarilla De Arroz En Tratamiento De cromo en Aguas*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38805/cbsilbaja.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Soto V. (2023). *Control a quema de la Cascarilla*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-972709>

Valdivielso, A. (2023). *¿Qué es un afluente?* Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-afluente#:~:text=Un%20afluente%20se%20define%20como,dos%20r%C3%ADos%20se%20denomina%20confluencia>.

Vegas, C. (2018). *Cadenas productivas*. Obtenido de https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/Sites/ueperu/consultora/docs_taller/Presentaciones_Tumbes_y_Piura/1.2.1.2.F1%20Cadenas_Productivas%2020080912.pdf

Xercavins J., Cayuela D. Cervantes G. Sabater A. (2005). *Desarrollo Sostenible*. https://www.e-buc.com/portades/9788498800715_L33_23.pdf