

**Alternativas de usos de la cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) en Colombia para el  
mejoramiento del sector productivo y la industria**

**Claudia Liliana Lozano Rojas**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD**

**Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio Ambiente- ECAPMA**

**Programa Agronomía**

**Yopal**

**2020**

**Alternativas de usos de la cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) en Colombia para el  
mejoramiento del sector productivo y la industria**

**Claudia Liliana Lozano Rojas**

**Trabajo para optar al título de Agrónomo**

**Asesora:**

**Blanca Ninfa Carvajal Agudelo**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD**

**Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio Ambiente- ECAPMA**

**Programa Agronomía**

**Yopal**

**2020**

## Página de Aceptación

---

Blanca Ninfa Carvajal Agudelo

Asesora Trabajo de Grado

---

Jurado

---

Jurado

Yopal-2020

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

### **DEDICATORIA**

Quiero dedicar el proyecto de grado a mi familia más cercana, mis padres Virgelina Rojas y José Alirio Lozano, porque ellos han dado razón a mi vida, con su apoyo incondicional, me han permitido ser y tomar retos acompañándome con gran entusiasmo y determinación altruista.

A mis hermanos Diana Marcela Lozano y Camilo Andrés Lozano; gracias por motivarme.

### **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de tesis Ing. Blanca Ninfa Carvajal, por su aporte de conocimiento y enseñanza, guía, esfuerzo y correcciones durante el desarrollo de esta tesis, con lo que he logrado enfocar mi conocimiento.

A la universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, por abrirme las puertas de la institución y permitirme así terminar esta etapa y mis estudios.

A mis compañeros porque me hicieron parte de su equipo y con mucho esfuerzo buscamos estándares de calidad en el conocimiento que compartimos durante cuatro semestres.

Claudia Liliana Lozano Rojas

## Tabla de contenido

Resumen.....	9
Abstract.....	11
Introducción.....	13
1. Generalidades.....	15
1.1 Estado del arte de la investigación.....	15
1.2 Identificación del problema de Investigación.....	31
1.2.1 Formulación de la hipótesis de investigación.....	31
1.2.2 Sistematización del problema.....	32
2. Objetivos.....	33
2.1 Objetivo general.....	33
2.2 Objetivos específicos.....	33
3. Justificación.....	34
4. Cuerpo del trabajo.....	38
4.1 Utilización de la Cascara de arroz como abono orgánico.....	41
4.2 Utilización de la cascarilla de arroz para cama de animales.....	42
4.5 La cascarilla de arroz como combustible en el secado de cereales.....	48
4.6 Variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales.....	49
4.7 Uso del SiO <sub>2</sub> obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio.....	50
4.8 Comercialización de cascarilla.....	51
4.9 Cascarilla como sustituto de combustibles fósiles.....	52
4.10 La cascarilla de arroz como insumo para la construcción.....	52

Conclusiones y recomendaciones .....	55
Referencias bibliográficas .....	58
Anexo.....	63

### Lista de figuras

Figura No. 1 Estructura de la cadena productiva del arroz. ....	37
Figura No. 2 Característica de la ceniza de arroz en ignición .....	39

### Lista de tablas

Tabla No. 1 Area sembrada y producción de arroz mecanizado, según Departamentos .....	21
Tabla No. 2 Composición química de la cascarilla de arroz y de la ceniza de la cascarilla de arroz .....	22
Tabla No. 3 Proyección producción de arroz cascarilla de arroz en Colombia .....	24
Tabla No. 4 Capacidad calorífica de algunos residuos vegetales .....	49



## Resumen

En la industria molinera el principal desecho producido es la cascarilla que recubre el grano de arroz, material que viene ocasionando costos adicionales a los molineros, debido a los fletes de transporte asumidos para la evacuación oportuna de la cascarilla desde los molinos hacia el sitio en que es incinerada y/o utilizada naturalmente en los campos arroceros como subproducto mejorador de suelos y nutritivo para la planta. (Sierra, 2009).

La cantidad de cascarilla que se genera en la región, año tras año, puede superar las 100.000 ton/año (Prada, 2010)<sup>1</sup> con el agravante, que, por su baja degradabilidad natural, se acumula en el ambiente, llevando a condiciones extremas de contaminación.

El 94% de la cascarilla de arroz está compuesta por silicio, este elemento es tomado en grandes cantidades por la planta de arroz, indispensable para la nutrición de la planta, ya que repercute en los efectos relacionados con: resistencia de las plantas a las infecciones por hongos, ataques de insectos, mantenimiento de las hojas y tallos erectos (resistencia al vuelco), eficiencia en el uso del agua y translocación del fósforo. Según (Castellanos, 2015)<sup>2</sup> la *“absorción de Silicio puede ocasionar efectos benéficos para algunos cultivos como son resistencia a plagas, tolerancia a la toxicidad por metales pesados, al estrés hídrico y salino,*

---

<sup>1</sup>Prada, A., y Cortes, C. (2010) La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Tesis de grado, Universidad de los llanos. Villavicencio, Meta.

<sup>2</sup>Castellanos Gonzales Leonides, D. M. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos. *CULTROP Vol* 36, 16 - 24.

*menor evapotranspiración, promoción del crecimiento y nodulación en leguminosas, efecto en la actividad de las enzimas y en la composición mineral, mejoría de la arquitectura de las plantas, reducción del encamado de las plantas y por consiguiente aumento de la tasa fotosintética*<sup>73</sup>

En la revisión bibliográfica se encontró que a la cascarilla de arroz se le han realizado estudios en diferentes campos siendo útil en los siguientes usos:

- Como abono orgánico
- Como mezcla con cemento mejora las propiedades mecánicas de durabilidad y compresión del cemento
- La cascarilla de arroz "caolinizada" mejora la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos.
- Combustible en el secado de cereales, sustituto de combustibles fósiles
- Variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales.
- Uso del SiO<sub>2</sub> obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio
- Comercialización de cascarilla
- La cascarilla de arroz como insumo para la construcción de infraestructura
- Paneles solares con el silicio de la cascarilla de arroz

Palabras clave

Arroz, capacidad calórica, postcosecha, sílice, suelo, subproducto, sustrato.

---

### **Abstract**

In the rice industry the main waste produced is the husk that covers the grain of rice, material that is causing additional costs to the millers material that is causing additional costs to the millers, due to transportation costs assumed for the timely evacuation of the husk from the mills to the site where it is incinerated and / or used naturally in the rice fields as a byproduct soil improver and nutritious for the plant. The husk is one of the most important waste of rice production in Colombia.

The amount of husk that is generated in the region, year after year, can exceed 100000 tonnes / year (Martinez, 2005) with the aggravating factor, which due to its low natural degradability accumulates in the environment, leading to extreme pollution conditions.

94% of rice husk is composed of silicon, this element is taken in large quantities by the rice plant, this nutrient is essential for the nutrition of the plant, since it affects the effects related to: plant resistance to fungal infections, insect attacks, maintenance of leaves and erect stems (resistance to tipping), efficiency in the use of water and translocation of phosphorus.

In the literature review it was found that rice husks have been studied in different fields, being useful in the following uses:

- As organic fertilizer
- As a mixture with cement improves the mechanical properties of durability and compression of the cement.

- The “Kaolinized” rice husk improves moisture retention as a substrate for hydroponic crops.
- Fuel in cereal drying, fossil fuel substitute
- Variation in the thermal conductivity of the rice husk agglomerated with vegetable fibers.
- Use of SiO<sub>2</sub> obtained from rice husk in the synthesis of calcium silicates
- Rice husk Marketing
- Rice husk as Input for infrastructure construction
- Solar panels with rice husk silicon

## Introducción

El consumo per-cápita de arroz en Colombia es de 39 kilos; según él (DANE, 2017),<sup>4</sup> e incluso de 44,2 kilos en el sector rural, según Fedearroz. Una cifra nada despreciable, alcanza para posicionar al país como el más arrocero de la región. La industria arrocera es una de las actividades económicas con mayor potencial generadora de empleo en el departamento del Casanare y nivel Nacional, tanto en el sector rural como en el industrial. Otros procesos importantes que se generan en esta actividad es la magnitud de residuos de cosecha y por ende contaminación; se conoce que aproximadamente el total de toneladas anuales de cascarilla de arroz que se generan en Colombia ascienden a 700.000 toneladas (Echarri, 1998)<sup>5</sup>, las cuales en su gran mayoría son utilizadas en el proceso de secamiento del arroz, procedimiento que causa contaminación ambiental.

En la industria arrocera el principal desecho que se genera es la cascarilla que recubre el grano de arroz. La cascarilla del arroz, compuesta fundamentalmente por fibras, celulosa, y minerales, tiene una utilización restringida en el campo de la elaboración de alimentos concentrados para animales, debido a su alto contenido de sílice (SiO<sub>2</sub>) elemento que disminuye notablemente su digestibilidad. Debido a su constitución físico-química, la cascarilla es además un desecho de muy difícil biodegradación, esto sumado al hecho de que en las plantas procesadoras de arroz la cantidad de cascarilla generada oscila en cifras cercanas al

---

<sup>4</sup>DANE. (2017). *Encuesta nacional de arroz mecanizado i semestre de 2017*. Bogotá

<sup>5</sup>L. Echarri (1998). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Editorial Teide, Madrid.

20% en peso de la producción total, y considerando el muy bajo peso específico de la cascarilla a granel (100 Kg/m<sup>3</sup>) ocasiona que la evacuación y el transporte de la cascarilla represente un problema considerable que implica unos costos elevados y un impacto perjudicial para el medio ambiente al contaminar las fuentes de agua.

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. Por tal motivo el Ministerio de Salud, reglamento una norma para la prohibición de quemas a cielo abierto a través del Decreto 948 de 1995 en su Artículo 138. Decreto que desconocen muchos habitantes.

La producción desmedida de la cascarilla de arroz en el Departamento, y su desconocimiento en el uso potencial de este producto implica un problema que radica en el mal uso en las técnicas de incineración de este material en los campos a cielo abierto, por parte de algunos productores y molineros, originando daños serios en ambiente.

## 1. Generalidades

### 1.1 Estado del arte de la investigación

La industria arrocera colombiana produce 400'000 toneladas de cascarilla de arroz al año, de las cuales cerca de un 15% es aprovechado como combustible y otro tanto como elemento para esparcir en establos, lo que significa que una gran proporción de esta fibra es incinerada infructuosamente o arrojada a cursos de agua, lo cual repercute negativamente en el ecosistema, dadas las exigentes condiciones que requiere su combustión completa y su elevada resistencia al ataque biótico, respectivamente.

Los usos de la cascarilla de arroz en el mundo pueden clasificar en:

Uso como combustible y generador de gas

Uso constructivo

Uso como sustrato en hidroponía

Uso de camas para cría de aves

Uso en compost y abonos

Es importante la adecuación de tecnologías a las necesidades específicas de las poblaciones utilizando los recursos naturales de cada zona. La revisión de literatura nos conduce a considerar parte de las posibilidades del uso de la cascarilla de arroz como

combustible alternativo para uso doméstico. El poder calorífico de la cascarilla de arroz es similar al de la madera y al de otros residuos agrícolas (Assureira, 2002).<sup>6</sup>

Las aplicaciones de la cascarilla en construcciones son múltiples. Se piensa, sobre todo, en mobiliario y paredes de auditorios, cines o edificios altos, donde acude mucha gente, ya que representa una alta seguridad por su bajo nivel de combustión. No obstante, ya que resiste humedad, impacto e intemperie, también es ideal para señalamientos en zonas costeras.

También sirve como abrasivo natural, ya que su estructura incluye unos diminutos picos que se han utilizado con éxito para pulir y limpiar piezas metálicas. Además, se puede hacer en forma similar al triplay, aunque sin sus problemas de degradación y polilla o bien, como sustituto de corcho, para cabinas de transmisión o acústicas. Por ejemplo, en México se importa corcho, que se fabrica con la corteza del abedul y es muy costoso (Aguilar, 2009)<sup>7</sup>.

En la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina se consideran específicamente los materiales conglomerados (morteros y mini hormigones) de cemento Portland con cascarilla de arroz en estado natural o con tratamiento previo como agregado granular compuesto con partículas silíceas. El empleo de cascarilla de arroz (material de desecho común en la zona) como componente granular, y una tecnología que no requiere mano de obra especializada o equipos sofisticados de compactación y colocación, permitirá acercar esta propuesta a los

---

<sup>6</sup>Assureira, E. (2002). *Combustible alternativo: La cascarilla de arroz*. Mexico.

<sup>7</sup>Aguilar, J. S. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz*. Sincelejo.



usuarios de menores recursos, y la utilización de estos materiales en la construcción de viviendas de bajo costo. (Bizzotto, 1998).<sup>8</sup>

En Perú uno de los principales objetivos es sustituir la leña de algarrobo por cascarilla de arroz como combustible entre los pequeños productores de ladrillos de la ex Región Grau, desarrollando técnicas que permitan el empleo eficiente de la cascarilla de arroz en el proceso de quema, de esta forma generando un buen uso de los recursos naturales aprovechando los residuos que genera los grandes cultivos de arroz en la región (Ramírez, 2006)<sup>9</sup>.

Los forrajes son ricos en carbohidratos estructurales (fibra). Los rumiantes son consumidores de forrajes y otros carbohidratos no estructurales, como los grano y la melaza. Los carbohidratos (fibrosos y no fibrosos) son transformados por los microorganismos del rumen en energía (hasta en un 70 %), la cual es usada por los rumiantes en los procesos del metabolismo basal. En el proceso de fermentación los forrajes también contribuyen significativamente en la síntesis de proteína microbiana ruminal y consecuentemente en el aporte de la proteína requerida; En general, los forrajes son importantes desde el punto de vista del consumo, rumia, producción de saliva, fermentación y pasaje, garantizando un ambiente ruminal sano y funcional. (Ortiz, 2010).<sup>10</sup>

Desde el punto de vista productivo se ha propuesto que la inclusión de forrajes en las dietas del ganado de engorda, puede ayudar a alcanzar una mayor talla en el ganado en

---

<sup>8</sup>Ing. Bizzotto, M. B. (1998). *Minihormigones con cascarilla de arroz natural y tratada como agregado granular*. Chaco-Argentina: Universidad Nacional del Nordeste - Facultad de Ingeniería .

<sup>9</sup>Ramírez, T. S. (2006). *Uso de cascarilla de arroz como fuente energética en ladrilleras*. peru.

<sup>10</sup>Ortiz, J. G. (2010). *Los subproductos del arroz en la alimentación del ganado*. Uruguay.

crecimiento, en tanto que en el ganado en finalización contribuir a evitar trastornos metabólicos (acidosis, timpanismo, muerte súbita, etc.) ya que en la actualidad las exigencias de producción en el corral de engorda demanda una alta densidad energética en las raciones (granos y grasa) reduciendo al mínimo la adición de fibra en los programas de alimentación, con la finalidad de maximizar el consumo de energía. En este contexto los forrajes son referidos como ingredientes que hacen funcionar al resto de los alimentos de la ración. (Boschini, 2009)<sup>11</sup>.

Uso de la cascarilla de arroz en postcosecha. En Colombia, el Departamento Nacional de Planeación proyectó para el 2018, el 20% en aprovechamiento de residuos que van a los rellenos e incentivar el reciclaje, sin embargo no ha logrado superar el 17%, por lo tanto es prioritario incluir mecanismos de articulación del componente productivo y de investigación científica y tecnológica, de esta misma forma presentando algunas alternativas de subproductos en las que se aprovechan sus características y propiedades para obtener materiales que pueden ser utilizados en otros procesos como la industria de la construcción, biocombustibles, productos farmacéuticos, cosméticos y nutricionales; es el caso del glicerol, residuos de papa y café tanto de cultivo como procesados, arroz y caña de azúcar en el grupo de las gramíneas, y residuos de frutas y verduras (Peñaranda, 2017)<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup>Boschini, C. (2009). *Sistemas de crianza ii. comportamiento del consumo y la ganancia de peso de terneros alimentados a base de iniciadores con diferentes niveles de cascarilla de arroz*. Costa Rica.

<sup>12</sup>Peñaranda. (2017). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia*. Pereira.

Los residuos de postcosecha de arroz en Colombia son bastantes altos sometidos a un bio proceso para la obtención de ensilados mediante inoculación de microorganismos *Lactobacillus bulgaricus*, *L. delbrueckii*, *L. plantarum* y *Streptococcus thermophilus* teniendo como un óptimo resultado en los ensilajes de postcosecha para la alimentación de bovinos con valores de 25 y 50% de residuos de postcosecha de arroz (Campo, 2015)<sup>13</sup>. El ensilaje es el método menos demandante en maquinaria e infraestructura y menos dependiente de las condiciones climáticas reduciendo los costos de producción por lo que se emplea más comúnmente en las actuales explotaciones bovinas; Con este sistema se obtiene un alimento de aceptable a buena calidad nutricional empleando una mezcla de alimentos ricos en carbohidratos fermentables junto con substrato proteico no fermentable (Aguilera, Pérez, & Grande, 2007)<sup>14</sup>.

Usos de la cascarilla en el secamiento de arroz (Biomasa).La mayoría de los pequeños agricultores se ven forzados a la venta anticipada de sus cosechas de arroz ya que no cuentan con un mecanismo de secado limpieza y almacenamiento del grano (Moyano, 2010).<sup>15</sup>

Para el arroz es necesario reducir la humedad del arroz de cosecha hasta 12 a 14 % para su conservación y procesamiento. En el proceso de secado de arroz se consume una cantidad de energía considerable, la cual en los momentos actuales proviene de fuentes

---

<sup>13</sup>Campo, V. y. (2015). *Evaluación de ensilajes a partir de residuos de postcosecha de arroz tratados con bacterias ácido lácticas*. Cucuta.

<sup>14</sup>Aguilera, A., Pérez, F., & Grande. (2007). *Digestibilidad y características fermentativas de mango, limón y rastrojo de maíz ensilado, con o sin adición de melaza y urea*. Mexico.

<sup>15</sup>Moyano, F. A. (2010). *Diseño de una secadora de tandas para Arroz usado como combustible cascarilla de arroz*. Ecuador.

fósiles, por tal motivo el hecho de encontrar nuevas fuentes de energía para el secado de arroz resultaría muchos beneficios tanto en esfera económica como en la protección ambiental (Tipan luisa, 2015) las fuentes energéticas renovables que se estiman con muchas perspectivas es la biomasa.

En la actualidad se vuelve a la biomasa como una solución energética eficiente que permita nuevas concepciones económicas de su aprovechamiento para obtener una serie de beneficios entre los que se encuentra la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera, fundamentalmente de CO<sub>2</sub>, causante del efecto invernadero y SO<sub>2</sub> de la lluvia ácida. En efecto, el balance de producción de CO<sub>2</sub> se estima es nulo, ya que el carbono liberado a la atmósfera ha tenido que ser previamente fijado de ésta en el proceso de la fotosíntesis y en cuanto al SO<sub>2</sub>, el nivel de contenido de azufre es bajísimo. Un residuo agrícola que puede ser utilizado en un gran número de países para cubrir sus necesidades de energía es la cáscara de arroz, debido a su razonablemente elevado contenido de energía (Trung, 2011)<sup>16</sup>

Los principales departamentos productores de arroz son: Tolima, Casanare, Huila y Meta, con la participación más alta en la producción a nivel departamental se presentó en Tolima con 37,1 %, seguido por Resto Departamentos con 30,5 % y Huila con 14,0 % (DANE, 2017).<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup>Trung, K. T. (2011). : *Análisis de alternativas de secado de arroz con uso de energía renovable o residual*. Santa clara .

<sup>17</sup>DANE. (2017). *Encuesta nacional de arroz mecanizado i semestre de 2017*. Bogotá.

Tabla No. 1 área sembrada y producción de arroz mecanizado, según Departamentos

Departamento	Área sembrada					Producción <sup>3</sup>				
	2017-I	2018-I	Participación	Variación	Contribución	2017-I	2018-I	Participación	Variación	Contribución
	Área (ha)	Área (ha)	(%) <sup>1</sup>	(%)	(p.p)	Tonelada (t)	Tonelada (t)	(%) <sup>1</sup>	(%)	(p.p)
Total Nacional	414.059	333.778	100,0	-19,4		989.959	1.020.738	100,0	3,1	
Meta	68.052	52.063	15,6	-23,5	-3,9	74.395	71.252	7,0	-4,2	-0,3
<b>Casanare</b>	<b>161.882</b>	<b>129.562</b>	<b>38,8</b>	<b>-20,0</b>	<b>-7,8</b>	<b>107.814</b>	<b>93.031</b>	<b>9,1</b>	<b>-13,7</b>	<b>-1,5</b>
Tolima	53.099	55.251	16,6	4,1	0,5	366.957	391.267	38,3	6,6	2,5
Huila	17.190	16.219	4,9	-5,6	-0,2	138.878	117.562	11,5	-15,3	-2,2
Resto Departamentos <sup>2</sup>	113.836	80.683	24,2	-29,1	-8,0	301.915	347.626	34,1	15,1	4,6

Fuente: DANE - FEDEARROZ - ENAM I SEM 2018

La realización de un estudio de disponibilidad de biomásas en todo el territorio nacional se concluyó que en Colombia hay potencial de desarrollo de proyectos de sustitución de combustible en diferentes industrias, como en las plantas de cemento, ladrilleras y tabacaleras, debido a la alta disponibilidad de esta Biomasa; la cascarilla, es un residuo agrícola generado en el procesamiento industrial y su poder calórico (PCI) de 3603Kcal/kg] (UNPE-IDEAM, 2015).

Estos proyectos de sustitución en la actualidad están en fase de pruebas en la industria del ladrillo y tabaco, mientras que en el sector cementero ya se realizó la estructuración del Proyecto MDL, para Cemex Colombia, el cual ya fue aprobado y registrado por la UNFCCC (Alienergy, 2010)<sup>18</sup>. Utilizando del 2% y 4% de cascarilla de arroz con respecto a una sustitución de una parte de la arena peña, teniendo en cuenta lo establecido el Título D:

<sup>18</sup>Alienergy S.A. (2010). *Alternativas Integrales de Energia Renovable*. Recuperado el 15 de 09 de 2018, de [http://www.alienergy.com.co/proyectos\\_3.html](http://www.alienergy.com.co/proyectos_3.html)

*Mampostería estructural de la NSR-10 y lo establecido en la NTC 4694 (Placas onduladas de fibrocemento para cubiertas y revestimientos), con el fin de garantizar que la dosificación cumpliera con los estándares de resistencia y que la teja tuviera las dimensiones similares a las de las tejas tomadas como molde(Bernal, Brausini y Gutierrez, 2018)<sup>19</sup>.*

Tabla No. 2 Composición química de la cascarilla de arroz y de la ceniza de la cascarilla de arroz

CASCARILLA DE ARROZ		CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39,1	Ceniza de Sílice( SiO <sub>2</sub> )	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 <sub>2</sub> O)	2,10
Azufre	0,1	Oxido de Sodio( Na <sub>2</sub> O)	0,11
Cenizas	17,8	Sulfato	0,06
		Cloro	0,05
		Oxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0,05
		Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,12
		Otros componentes (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,82
Total	100,0	Total	100,0

*Fuente:* (Prada, 2010)

Los cultivos de arroz seco, presentan deficiencias de silicio, que pueden explicarse por la alta meteorización que sufren los suelos en algunas regiones que se cultiva este alimento, aspecto que repercute sobre la disponibilidad del silicio y por la ausencia de este en la lluvia, única fuente de agua en el sistema de siembra bajo la modalidad de arroz seco (Primaves, 1984)<sup>20</sup>

<sup>19</sup>Bernal, J., Brausin, B., Y Gutierrez, J. (2018). *Elaboración de teja tipo S con compositos de matriz cementicia adicionada con cascarilla de arroz en la ciudad de Villavicencio* ( tesis proyecto de grado). Facultad de Ingeniería, Universidad Cooperativa /Pag 155.

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

<sup>20</sup>Primaves, A. (1984). *Manejo Ecologico Del Suelo* . Mexico.

Composición del subproducto; cascarilla de arroz. Es un tejido vegetal constituido por Celulosa y Sílice, elementos que ayudan a su buen rendimiento como combustible. La cascarilla de arroz tiene aproximadamente un 72% de sílice, este valor aumenta en el momento en que esta biomasa se quema dando resultados de hasta 95% de sílice presente en la ceniza de la cascarilla de arroz (Della, Kühn & Hotza, 2002).<sup>21</sup>

La cascarilla de arroz presenta una gran variedad de características fisicoquímicas que es preciso estudiar, según la aplicación que se desee darle; siendo un desecho o residuo agroindustrial “*se produce en altos volúmenes en zonas donde se siembra y se procesa la planta de arroz*”. La cascarilla de arroz es un residuo que envuelve al grano de arroz y en tiempos pasado generaba muchos inconvenientes a los productores arroceros, poco a poco se ha convertido en una alternativa interesante para otros sectores económicos como el avícola, floricultor, ganadero, construcción y el de los combustible, de esta misma forma tiene diferentes usos según la industria; para cama en las avícolas, pesebreras, para flores, alimentos concentrados para animales y productores de compostaje principalmente.

---

<sup>21</sup>V. P. Della., I. Kühn. & D. Hotza. (2002) “Rice husk ash as an alternate source for active silica production” Editorial ELSEVIER, Vol. 57, pp. 818-821.

Tabla No. 3 Proyección producción de arroz cascarilla de arroz en Colombia

<b>2011</b>	<b>1195852,00</b>
<b>2012</b>	<b>1226115,00</b>
<b>2013</b>	<b>1256378,00</b>
<b>2014</b>	<b>1286641,00</b>
<b>2015</b>	<b>1316904,00</b>

Fuente: (Magap, 2010)

**Usos de la cascarilla de arroz.** Las aplicaciones que se vienen identificando permiten, usos potenciales para reincorporarla al sistema productivo como materia prima en procesos de los cuales se han documentado los siguientes:

- a) Cama de avicultura, porcicultura y en transporte de ganado.
- b) Obtención de etanol por vía fermentativa
- c) Tostado para su uso como sustrato en el cultivo de flores.
- d) Generación de energía de la biomasa (ladrilleras, secado de arroz y cereales).
- e) Combustión controlada para uso como sustrato en cultivos hidropónicos.
- f) Obtención de concreto, cemento y cerámicas.
- g) Aprovechamiento de cascarilla de arroz en compostaje
- h) lecho filtrante para aguas residuales.
- i) Absorbente alternativo y eficiente para la remoción de Cr (VI) en solución
- j) Fuente de sustancias químicas (Carboximetilcelulosa de sodio, dióxido de SiO<sub>2</sub>, Nitrito de silicio).



k) Producción de aglomerados (tableros).

l) Material aislante en construcción.

m) Cenizas en cultivos (frutas).

n) Biomasa para combustión

*Fuente:* (Piñeros, 2009)<sup>22</sup>



**Sustratos**



**Aglomerado**

---

<sup>22</sup>Piñeros Y, O. A. (2009). *Evaluación de la producción de etanol a partir de cascarilla de arroz pretratada con NaOCl, mediante hidrólisis y fermentación simultáneas XIII congreso de Biotecnología y Bioingeniería VII Simposio internacional Producción de etanoles y levaduras.* México .



**Camas porcícolas**



**Cultivos hidropónicos**



**Abonos Orgánicos (compostaje)**



**Materiales para construcción**

El residuo también se trabaja en la industria avícola en el uso de camas para los cultivos de pollos de las avícolas de la región, de esta misma forma se usa como combustible para la cocción en ladrillos, también como abono orgánico y compostaje en el sector agrícola (Assureira, 2002)<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup>Assureira, E. (2002). *Combustible alternativo: La cascarilla de arroz*. Mexico.

En Casanare departamento principal productor de arroz se está desarrollando una investigación en donde se evaluó un biofiltro a escala laboratorio para el tratamiento del efluente de la PTAR del INPEC de Yopal, Casanare, cuya finalidad era lograr un efluente de calidad óptima para reuso del agua en riego agrícola, como resultado se mostró que la cascarilla de arroz como sustrato funciona bien, las plantas crecieron permanentemente, ayudando a disminuir la carga orgánica. Como conclusión la cascarilla puede ser un sustituto total o parcial de otros sustratos de biofiltros o humedales de flujo subsuperficial, al ser menos costosa y estar disponible especialmente en la región de la Orinoquía. (Infante, 2017)<sup>24</sup>.

El uso tradicional de la cascarilla de arroz en Colombia es bastante amplio en el cauca se investiga sobre los desechos en las arroceras, y sus usos como componente de residuo, en este caso dichos residuos se puede utilizar como fuente de silicio para la obtención de silicatos de calcio. Los silicatos de calcio se utilizan en la fabricación de ladrillos de cal y arena, en la industria del cemento, como material de relleno en las industrias de pinturas y plásticos y en la fabricación de porcelanas dieléctricas, entre otros múltiples usos. Muy recientemente se han comenzado a utilizar en la fabricación de vidrios bioactivos. (Rodríguez, 2007)<sup>25</sup>

#### Ejemplo

*“Silicatos de calcio hidratados son compuestos del sistema SiO<sub>2</sub> -CaO-H<sub>2</sub>O. Estos materiales se utilizan para fabricar ladrillos de cal-arena, hormigones aireados (espumados) u*

---

<sup>24</sup> Infante, S. K. (2017). *Biofiltro con casca de arroz e vetiver (C. Zizanioides) para o tratamento de efluente da PTAR INPEC - Yopal, Casanare, Colômbia*. Yopal: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

<sup>25</sup>Rodríguez, G. R. (2007). *Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete*

*“hormigón celular”, ladrillos de cal-flint, como material de relleno en las industrias de productos de caucho, pinturas y plásticos, entre otros posibles usos”. (Rodríguez, 2006)<sup>26</sup>*

Indudablemente el grupo de las tobermoritas es el más interesante debido a su papel importante en la hidratación del cemento: los silicatos tricálcicos ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{C}_3\text{S}$ ) y di cálcico ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{C}_2\text{S}$ ) son los principales constituyentes del cemento Pórtland. En este trabajo se muestra la obtención de compuestos de silicato de calcio a través del método de precipitación controlada usando como fuente de silicio el dióxido de silicio,  $\text{SiO}_2$  obtenido de la cascarilla de arroz. Se analizan los fenómenos fisicoquímicos que ocurren durante el proceso de síntesis y se estudia la evolución de las fases cristalinas del producto obtenido, al ser sometido a tratamientos térmicos, utilizando para ello Difracción de Rayos X (DRX) y espectroscopía infrarroja (FTIR).

El departamento del Meta tiene una tradición agrícola sobresaliente en diferentes productos como: la palma africana, arroz, frutales, plátano, y entre otros, los cuales, dentro de los diferentes procesos agrícolas o de transformación, producen residuos heterogéneos, especialmente biomasa, que representa un problema desde el punto de vista ambiental debido a la falta de técnicas para su aprovechamiento y reúso. Estos subproductos de la producción agrícola y agroindustrial pueden generar beneficio para los productores, logrando el uso en la obtención de compostaje y devueltos al cultivo; o con una gran posibilidad de reusarse en la producción de energía para diferentes procesos, dentro de una producción agrícola o para

---

<sup>26</sup>Rodríguez, A. B. (2006). *Obtención de silicatos de calcio utilizando el método de precipitación controlada*. Popayan Cauca.

generar energía para la agroindustria, supliendo el uso de energía proveniente del carbón, diésel y gasolina, entre otros (Camargo, 2012)<sup>27</sup>.

**Beneficio de la cascarilla de arroz.** La cascarilla de arroz puede ocupar, en muchos casos, hasta un tercio del volumen total de los ingredientes de los abonos orgánicos. Es recomendable para controlar los excesos de humedad cuando se están preparando los abonos fermentados. Puede ser sustituida por cascarilla de café o pajas bien secas y trituradas. En algunos casos y en menor proporción, los pedazos de madera también pueden sustituirla dependiendo del tipo de madera que los originen, dado que algunas tienen la capacidad de paralizar la actividad microbiológica de la fermentación de los abonos por las sustancias tóxicas que poseen, La existencia de factores limitantes del suelo, como salinización, agotamiento de la fertilidad natural y deterioro físico, conlleva a una búsqueda del mejoramiento de las tecnologías (Sáenz, 2002)<sup>28</sup>.

De esta misma forma el subproducto de la industria molinera, que resulta abundantemente en las zonas arroceras, ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades fisicoquímicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación

---

<sup>27</sup>Camargo, D. W. (2012). *Uso de residuos Agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta*. Villavicencio Meta.

<sup>28</sup>Sáenz, F. C. (2002). *La cascarilla de arroz "caolinizada"; una alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos*. bogota.

y su principal costo es el transporte (Treviño, 2002)<sup>29</sup> La cascarilla de arroz es el sustrato más empleado para los cultivos hidropónicos en Colombia bien sea cruda o parcialmente carbonizada. El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas (Rodríguez, 2007).<sup>30</sup>

Anualmente se desaprovecha miles de toneladas de cascarilla de arroz, que bien puede ser aprovechado ese 65% de silicio que contiene la cascarilla y poder devolver al terreno bien como silicio líquido o como silicio sólido que constituye la ceniza, y es apto para todos los cultivos agrícolas, incluido en la acuicultura el líquido para fertilizar columnas de agua y suelo, no así la ceniza, no porque no es efectivo sino porque las espículas de silicio que contiene la ceniza es un problema para el tracto digestivo de peces y camarón (Zapata, 2009).<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup>Treviño, I. G. (2002). *Obtención de fases del cemento utilizando desechos agrícolas e industriales*. CIENCIA UANL .

<sup>30</sup>Rodríguez, G. R. (2007). *Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete*.

<sup>31</sup>Zapata, D. R. (2009). *Aprovechamiento de la cascarilla de oryza sativa (arroz) para la producción de silicio orgánico*. Guayas, Ecuador.

## 1.2 Identificación del problema de Investigación

La producción de arroz en Colombia en el año 2018 fue de 2,543,560 toneladas (DANE - FEDEARROZ, 2019)<sup>32</sup> la cual genera una gran cantidad de material de desecho que es la cascarilla que recubre el grano de arroz; la cascarilla se separa del grano de arroz en el proceso de molienda; residuos que si no se manejan adecuadamente ocasionan problemas ambientales por contaminación, ocupan extensas áreas; por su volumen cuando se dejan a plena exposición; lo que contraviene la normatividad ambiental colombiana dado que se considera una disposición inadecuada, además parte de los residuos generados por la agroindustria, son quemados a cielo abierto, pudiendo deteriorar la salud de la comunidad que habita alrededor del sitio de disposición final.

### 1.2.1 Formulación de la hipótesis de investigación

La agroindustria del arroz dentro de su apuesta de mejoramiento del sector puede reincorporar al proceso productivo el residuo proveniente de la molienda; la cascarilla como sustrato agrícola para mejoramiento de suelos, fabricación de productos agroindustriales, control de la contaminación, fabricación de insumos, construcción de vivienda, fabricación de productos químicos.

---

<sup>32</sup>DANE - FEDEARROZ. (8 de Febrero de 2019). *Boletín Técnico encuesta nacional de arroz mecanizado (ENAM)*. Obtenido de DANE:  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol\\_arroz\\_Isem18.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol_arroz_Isem18.pdf)

### 1.2.2 Sistematización del problema.

Con el crecimiento del sector arrocero se han generado residuos a gran magnitud en las zonas de influencia de molinos, lo que requiere planes de contingencia y uso continuo de los residuos para disminuir su impacto y reincorporarlos al sistema productivo en este sentido el presente estudio centro su interés en la documentación de los usos de la cascarilla de arroz; para el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo, mediante la implementación de ceniza de cascarilla de arroz y otros usos alternativos como subproductos de la industria arrocera con el fin de generar menores efectos ambientales y tener una cadena productiva eficiente sin mayores fugas de energía. De igual forma, describir las posibles alternativas de uso que se le puede brindar a dicho subproductos en la industria colombiana, de esta misma forma se enfatizó en la búsqueda de nuevos mecanismos de agricultura sostenible que buscan mitigar los efectos nocivos en la implementación de productos agroquímico y disminuir el impacto negativo al medio ambiente.

Se buscan buenas técnicas y uso de la cascarilla de arroz que se genera en las zonas productoras, dado que es el mayor residuo resultante de la producción agrícola de granos y su disposición final es uno de los mayores problemas existentes en los países productores de arroz. Cada 4 toneladas de arroz producen, 1 tonelada es cáscara de arroz (Ali, Adnan & Choy 1992 ).<sup>33</sup> Estimaron que más de 100 millones de toneladas de cáscara generadas cada año.

---

<sup>33</sup>Ali F. H, Adnan A. & Choy C. K. (1992 ). Propiedades geotecnicas de un suelo quimicamente de Malasia con ceniza de cascara de arroz como aditivo. *Ingeniería geotecnica y geologica Vol 10*, 117 - 134.



## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Documentar las alternativas de reincorporación de la cascarilla de arroz al proceso productivo.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analizar la situación actual de los residuos de arroz en el escenario colombiano.
- Describir los usos de la cascarilla de arroz en el país
- Identificar y documentar investigaciones y sus diferentes métodos para la transformación de la cascarilla de arroz en la agroindustria.

### 3. Justificación

El arroz es uno de los alimentos más comunes e importantes en el mundo por lo que se generen altas producciones anuales. La cascarilla de arroz no presenta propiedades nutritivas significativas. La cascarilla de arroz a diferencia de la cascarilla de trigo o salvado, cuya fibra es saludable para el aparato digestivo, no es comestible y no presenta propiedades nutritivas significativas. Presenta un alto contenido de Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>), que se encuentra en distintas especies de minerales como el cuarzo y es el componente principal de la arena. Al fundirse con otros óxidos metálicos, genera diferentes variedades de vidrio y se utiliza en la fabricación de cementos y materiales cerámicos; lo cual lo hace imposible de ingerir como alimento.

La cascarilla de arroz no es apta para el consumo humano debido a su alto contenido de sílice, aunque en algunos casos, se usa para la alimentación de animales de granja. La cascarilla casi no aporta fibra a la dieta de los animales, y provoca la irritación de los tractos digestivos de los animales que la consumen por el alto contenido de sílice (Echandi, 1975).<sup>34</sup> Además de contener un bajo contenido de celulosa 40%, presenta un valor nulo por ser deseco y no se le ha dado un uso adecuado para conferirle un valor agregado. Por esta característica, la cascarilla del arroz tiene aplicaciones limitadas: en Estados Unidos no puede emplearse más de 5% en la alimentación de animales, y en México también se aprovecha en muy baja proporción con ese fin. Aunque a veces se maneja como combustible, es un material

---

<sup>34</sup>Echandi, O. (1975). Alimentación del ganado con raciones a base de cascarilla de arroz, bagazo de caña o pulpa de café comparadas con pastoreo libre en verano. *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS Vol 23*. (Tesis Ingeniero Agrónomo, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica).

totalmente inadecuado para este uso, porque presenta una elevada resistencia al fuego. Es así que la cascarilla de arroz, que forma la tercera parte de las cosechas, por lo general se convierte en basura. (Kathleen, 2018)<sup>35</sup>.

En general, el tratamiento de los desechos sólidos que producen contaminación del ambiente es uno de los temas de mayor importancia en la actualidad; ya que se buscan formas adecuadas para su manejo y disposición final, de manera tal que no deteriore el entorno (Manterola & Cerda, 2015).<sup>36</sup> El incorporar los materiales lignocelulósicos en la elaboración de nuevos productos, es una tendencia que gana más fuerza conforme pasa el tiempo, ya que se obtienen productos similares a los provenientes de materias primas comerciales, y que además son amigables con el ambiente.

La cascarilla de arroz proviene de la espiga y es la cascara que cubre el grano de arroz, en la industria molinera resulta ser excesivo y contaminante por lo cual la utilización de este subproducto en la agricultura y en otras actividades resulta ser una solución a la gran producción de este subproducto. Está compuesto por celulosa, sílice, ceniza, extracto no nitrogenado y humedad. Por su capacidad inerte y porosidad es utilizado en la elaboración de

---

<sup>35</sup>Kathleen, m. (2018). *Salvado de Arroz Estabilizado: Ingrediente Económico y Nutricional para dietas de aves de corral y cerdos*. Mexico.

<sup>36</sup>Manterola, H., & Cerda, D. (2015). *Granos de cereales y sub-productos: Subproductos del arroz - Afrechillo de arroz*. Chile: Dep. de Prod. Animal, Fac. de Cs Agronómicas, Univ. de Chile.

abonos orgánicos, compost, lombriz compost entre otros así también como sustrato en la hidroponía, también se utiliza como fuente de energía debido a su volatilidad (Cortés, 2010)<sup>37</sup>.

La creciente demanda de alimento para la población, asociada a las frecuentes oscilaciones en la producción agrícola, ha generado, gran interés en la búsqueda de recursos alimenticios alternos para los animales, que permitan obtener una producción y productividad que satisfaga dichas necesidades, Está comprobado que la cascarilla de arroz puede ser utilizada como un ingrediente más en la alimentación del ganado vacuno. Es decir, que una vez mejorada puede ser utilizada como un alimento alternativo, Existen diferentes suplementos o subproductos que se encuentran dentro de las mismas fincas, que son utilizados por los ganaderos como alimento durante el verano; Es decir, la cascarilla sola no representa ninguna ventaja, pero si se le aplica urea a diferentes niveles, la cascarilla se vuelve un recurso alternativo al ser utilizado en la alimentación del ganado (Cardona, 2003)<sup>38</sup>.

El nombre científico de la planta de arroz, es (*Oriza sativa*), perteneciente a la familia POACEAE/GRAMÍNEA está constituida por cuatro componentes principales 1) germen que es la parte que contiene mayores nutrientes, ácidos grasos, aminoácidos, y encimas, es la parte que germina que da lugar a una nueva planta. 2) Endospermo que representa el 70% del volumen del grano y constituye al final del proceso el producto denominado arroz blanco; 3)

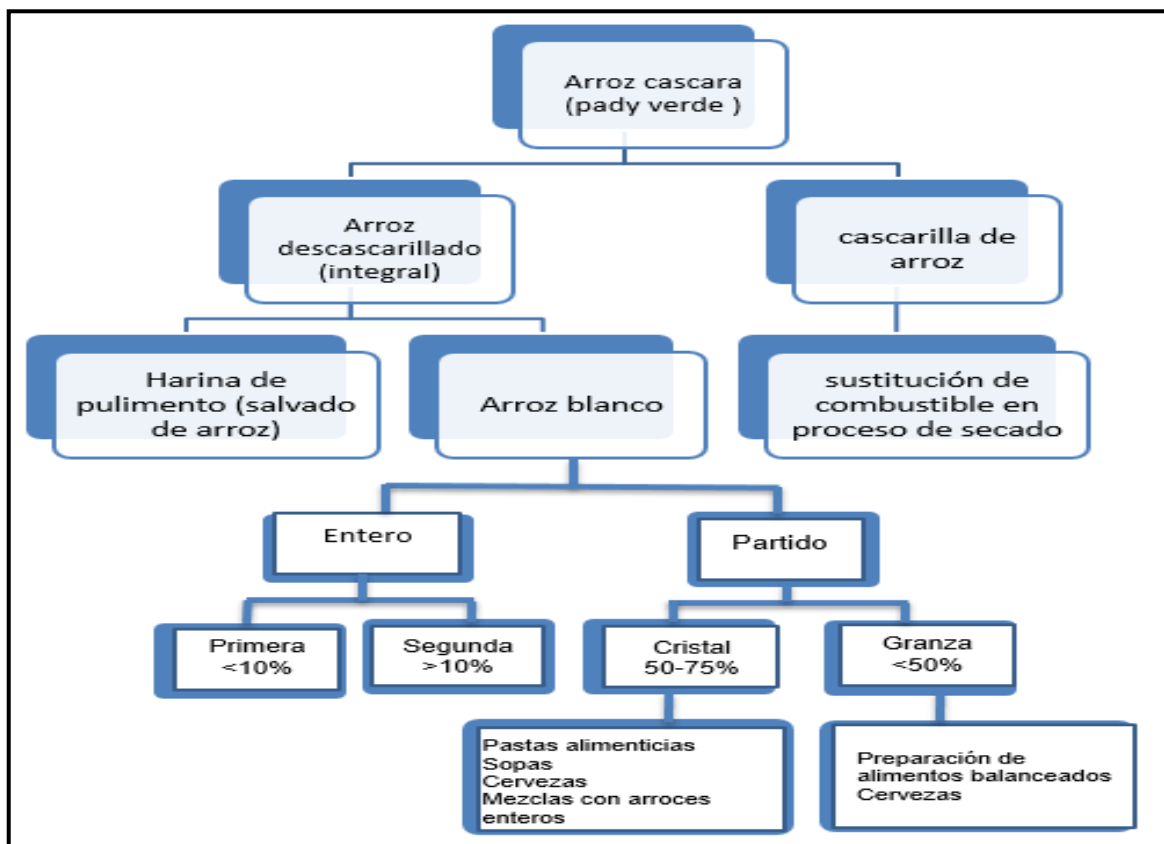
---

<sup>37</sup>Cortés, A. P. (2010). *La Descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral*. Villavicencio Meta .

<sup>38</sup>Cardona, B. T. (2003). *Obtencion y caracterizacion de carburo y nitruro de silicio a partir de cascarilla de Arroz*. Mexico.

Cutícula polvillo, que alcanza el 6,8 del volumen; se utiliza para alimento animal por su alto contenido de grasas. 4) Cascara o pajilla que es 20% del peso del grano, el que se separa el grano del ambiente natural. Seguida de la cascarilla se encuentran capas como: pericarpio, cubierta de la semilla, el nucelio y la aleurona, estas capas y lo que se llama el embrión se conoce como el salvado de arroz.

El proceso productivo por medio del cual se obtiene la cascarilla de arroz se presenta en la figura No. 1, en donde se identifica la importancia del cultivo en la producción de alimento.



**Figura No. 1 estructura de la cadena productiva del arroz.**

Fuente: Observatorio de agro cadenas, 2010

#### 4. Cuerpo del trabajo

La presente investigación tiene como objetivo examinar los usos de la cascarilla de arroz, dado principalmente en el mejoramiento de suelos colombianos, sujeto a la problemática de la contaminación ambiental que genera residuos en su disposición final; de igual forma identificar los posibles usos en la industria para su adecuado manejo, el cual se incluye el tipo de investigación, la técnica documentada y analizada en el procedimiento que se genera para llevar a cabo la indagación.

En la metodología se trabajara la investigación descriptiva la cual consiste en la caracterización de los hechos descriptivos que miden de forma independiente las variables enunciada en los objetivos, en su defecto desarrolla los análisis los usos de residuos de cascarilla de arroz frente al mejoramiento de los suelo colombianos, y la investigación explicativa que se encarga de buscar el porqué de los hechos, mediante el establecimiento de relaciones de causa-efecto, como indagar y examinar las causas y efectos que genera los residuo de la cascarilla de arroz y las posibles soluciones en la industria.

Las técnicas de recolección de datos se realizaron por el análisis documental, análisis de contenido y análisis de libros. Se alcanzan los objetivos de la investigación mediante la documentación. Se analizarán las publicaciones nacionales más importantes. Esto incluye los datos y documentos relativos al uso de dichos residuos y su participación en la legislación, las políticas y otros servicios, así como los documentos de planificación, evaluación y monitoreo pertinentes de los programas, además de realizar búsquedas en Internet de fuentes confiables como revistas y documentos reconocidos.

**Estabilización con ceniza cáscara de arroz.** Según las investigaciones con fines de estabilización del suelo usando residuos agrícolas, generalmente utilizados luego de un

proceso de combustión, tales como ceniza de cáscara de arroz, el cual se caracteriza por tener propiedades puzolánicas. Las propiedades de las cenizas de cáscara de arroz dependen de si la cáscara ha sufrido una combustión destructiva completa o ha sido quemada parcialmente. Los diferentes factores que influyen en las propiedades de la ceniza son la condición de incineración (temperatura y duración), la velocidad de calentamiento, la ubicación geográfica, la finura, el color y la variedad de cultivos y el año de la producción agrícola.

En el proceso de quemado de la cáscara de arroz, cuando la temperatura llega a los 100 °C se evapora el agua y a los 300 °C empieza a quemarse los componentes orgánicos. Cuando llega a los 500 °C se ha observado en diferentes investigaciones que casi todos los componentes han sido transferidos a su fase gaseosa, causando una fuerte disminución en peso del material antes de alcanzar una más estable (como se puede observar en la figura 2), el residuo en este estado es una ceniza rica en sílice.

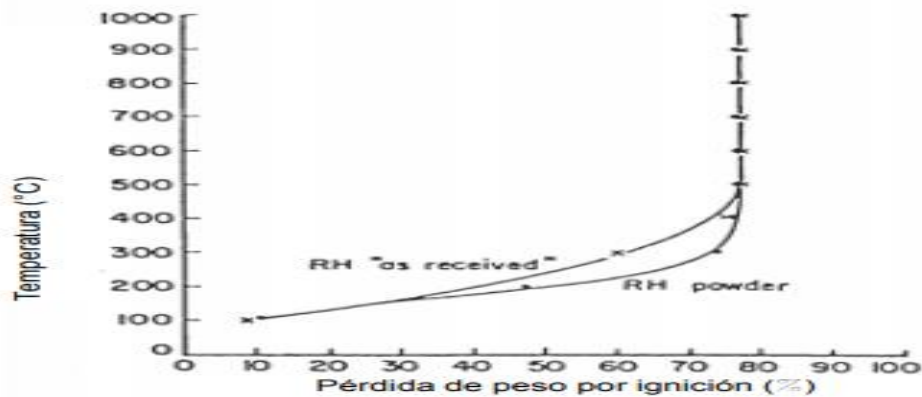


Figura No. 2 Característica de la ceniza de arroz en ignición

Para la eliminación de los materiales orgánicos de la cáscara de arroz se necesita de un tiempo para ser removidos totalmente. De acuerdo con el trabajo de (Nair, 2008)<sup>39</sup>, el proceso de quemado debe tener una temperatura de 500 °C y necesitar de 3 a 12 horas para poder lograr una masa de material estable, es decir, cuando los componentes orgánicos hayan sido eliminados completamente.

Además del uso como fertilizante, en el proceso también se extrae silicio orgánico que se puede usar para la industria cosmética y farmacéutica, a la vez que se regenera la tierra de cultivo.

Bioarroz soluciona tres graves problemas al mismo tiempo:

- Producción eficiente de alimentos esenciales.
- Reciclaje de la cascarilla de arroz, un residuo muy contaminante.
- Regeneración de los suelos erosionados.

Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz. A continuación, relacionaremos los diversos intentos por desarrollar tecnologías para aprovechar de manera sostenible la cascarilla de arroz desde el punto de vista energético y constructivo en Colombia. Las investigaciones han sido realizadas con la participación de universidades, empresas del sector arrocero, Colciencias y fundaciones ecológicas, como respuesta a los requerimientos de energía y uso sostenible de los productos de desecho de la actividad agroindustrial y la

---

<sup>39</sup>Nair, D. G. (2008). Investigación estructural relacionada con la actividad puzolanica de las ceniza de las cascarilla de arroz. En *Cement and Concrete Research* (págs. 861 - 869). Vol 38.



vinculación de profesionales del sector ingenieril en las áreas ambientales, civil, mecánica, entre otros.

Beneficios:

- Reincorporación de un desecho agroindustrial a un proceso productivo ahorrando costos y disminuyendo contaminación al medio ambiente.
- Reemplazo en la utilización de energía térmica altamente contaminante por sus emisiones principalmente de azufre y nitrógeno a la atmósfera.
- Reemplazo en la extracción de una materia prima no renovable (carbón térmico) evitando su impacto ambiental.

#### **4.1 Utilización de la Cascara de arroz como abono orgánico**

Con alto poder nutritivo. Los desechos de la agroindustria (cachaza, vinaza, cascarilla de arroz, cascara de yuca, bagazo de caña de azúcar, etc.), los cuales son fuentes importantes que mejoran las características físicas del suelo y de los mismos abonos orgánicos facilitando la aireación y la retención de humedad (Bongcam, 2003)<sup>40</sup>.

Se ha estado utilizando algunos residuos de cascarilla de arroz, en la fabricación de abono orgánico el cual presenta grandes características en macro y micronutrientes para el suelo, por tanto, es una gran alternativa de solución en la mitigación de la contaminación agroindustrial. Aunque las características de este producto son de gran utilidad en la agricultura

---

<sup>40</sup>Boncagm, V. E., (2003) Guía para compostaje y manejo de suelos. Convenio Andrés Bello CAB, serie ciencia y tecnología, Bogotá.

de la región, la demanda no alcanza a cubrir la cantidad de residuos generados en los dos molinos principales del municipio, estudios realizados indican la alta eficiencia de esta alternativa, pero la baja mitigación en cuanto a cantidades usadas en abono, las cuales no cubren ni una cuarta parte de la cascarilla producida.

Uno de los abonos fermentados donde se utiliza la cascarilla de arroz más conocido es el **Bocashi**. Este ingrediente mejora las características físicas de la tierra y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, la absorción de humedad y el filtrado de nutrientes. También beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas, así como de su actividad simbiótica con la microbiología de la rizosfera. Es, además, una fuente rica en silicio, lo que favorece a los cultivos, pues los hace más resistentes a los ataques de insectos y enfermedades. A largo plazo, se convierte en una fuente de humus. En la forma de cascarilla semi-calcinada o carbonizada, aporta principalmente silicio, fósforo, potasio y otros minerales trazos en menor cantidad y ayuda a corregir la acidez de los suelos.

#### **4.2 Utilización de la cascarilla de arroz para cama de animales**

##### Beneficios

- Permite un mejor manejo, suelta y se extiende fácilmente.

- Es un producto 100% natural. No recibe ningún tratamiento químico y está totalmente libre de mohos, patógenos o insectos lo que garantizará unas condiciones óptimas para guardar a los animales.
- No forma costras ni se pega al suelo, lo que facilita enormemente el proceso de recogida y limpieza.
- Presenta un porcentaje de humedad mucho menor que los métodos tradicionales, con valores un 20% menor que la paja a los 14 días de uso.
- A su vez, el mayor drenaje de la cascarilla de arroz frente a la viruta o la paja permite una mayor permanencia de la cama.

#### **4.3 Mejora de las propiedades mecánicas de durabilidad y compresión del cemento a partir de la mezcla con cascarilla de arroz**

Según (Carnaval, J. Agencia AUPEC. 2007)<sup>41</sup> El cemento Pórtland, el tradicional, el que se consigue en cualquier ferretería, mejora sus propiedades si se le agrega un producto obtenido a partir de la cascarilla de arroz. En uno de los proyectos de investigaciones del Grupo de Materiales Compuestos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle<sup>19</sup>, en convenio con la Empresa Arrocería La Esmeralda y el apoyo de Colciencias, se lograron mejorar las propiedades mecánicas de durabilidad y compresión del cemento. El procedimiento se inició con la quema de la cascarilla de arroz, para eliminar el compuesto orgánico de la misma. Luego, la ceniza se sometió a un proceso químico para extraer la sílice y adicionarlo,

---

<sup>41</sup>Carnaval, Jairo. Mejora de las propiedades mecánicas de durabilidad y compresión del cemento a partir de la mezcla con cascarilla de arroz. Agencia AUPEC.2007  
<http://http://aupec.univalle.edu.co/informes/2007/diciembre/cemento.htm> 1

en pequeñas cantidades al cemento. Luego de varias pruebas y de cambios, se obtuvo, en el laboratorio, una muestra del nuevo cemento compuesto, con una mejora del 20 por ciento de la resistencia a la compresión, en comparación con el Pórtland tradicional.

La compresión es la capacidad de soportar carga que tiene el concreto y las exigencias en compresión de este material son importantes a la hora de construir un puente, un edificio o una casa de habitación. Un edificio de gran altura requiere de materiales con buena capacidad de soportar cargas a compresión u otras propiedades, incluso aquellas relacionadas con el medio ambiente donde estará colocado. Además de mejorar la compresión, el nuevo compuesto cementante obtenido mostró una mejor durabilidad y un excelente desempeño en ambientes marinos. El cemento con la adición es menos permeable a los iones cloruros que son los que facilitan la corrosión del acero, que, recubierto de concreto, funciona como la columna vertebral de las construcciones. Al mismo tiempo, el grupo de Materiales Compuestos trabaja en el desarrollo de nuevos materiales cementantes con las mismas o superiores propiedades mecánicas que el cemento tradicional y que favorezcan el menor uso de recursos naturales no renovables, el mínimo consumo energético y sin emisiones, por ende, contribuyan a la sostenibilidad del medio ambiente. Consecuentes con tal idea, el Grupo sigue experimentando con subproductos industriales y agroindustriales, escoria siderúrgica, cenizas volantes y otros minerales, un objetivo es la producción de nano polvos activos. Los nanomateriales son aquellos de dimensiones minúsculas pues un nano equivale a la millonésima parte de un milímetro.

La sobrepoblación de los centros urbanos genera la necesidad de optimizar el cada vez más reducido espacio disponible. Una de las soluciones consiste en expandir las ciudades ya no de manera horizontal sino vertical construyendo edificios de gran altura. Estas edificaciones deben contar con estructuras apropiadas para soportar el peso de la obra. Las columnas y vigas que actúan como soporte de los edificios requieren de una gran cantidad de materiales como cemento y arenas, además su tamaño reduce las posibilidades de espacio. Ante esta situación, ingenieros de la Universidad del Valle – Colombia, realizaron una investigación para diseñar mezclas de concreto de alta resistencia con aplicación práctica en la región con materiales económicos y fáciles de Consecución en el mercado local.

#### **4.4 La cascarilla de arroz "caolinizada": alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos**

Según Calderón (2003)<sup>42</sup>Entre sus principales propiedades fisicoquímicas está; sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. La cascarilla de arroz es el sustrato más empleado para los cultivos hidropónicos en Colombia bien sea cruda o parcialmente carbonizada. El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas. La cascarilla de arroz ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades

---

<sup>42</sup>Calderón, F. 2003. Investigación: Cascarilla de Arroz Caolinizada

fisicoquímicas se tienen es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. ( (Saenz, 2002)<sup>43</sup>.

En la realización de este estudio con la participación de Sandoval (2007) se realizaron entrevistas personales mediante un cuestionario dirigido a productores de plantas ornamentales florecedoras del municipio de Aibonito porque representan el 57% del total de productores y a seis empresas dedicadas a la importación, venta y distribución de los sustratos e insumos para la producción de ornamentales.

El objetivo principal de estas entrevistas, fue conocer la disponibilidad de los productores para utilizar la cascarilla dentro de sus negocios, en la cual el 100% de ellos están en total disponibilidad de uso de la misma si no arriesgan su producción por su utilización. El 75% de los entrevistados son agricultores hombres en edades que oscilan entre los 31 años a 56 años y con una experiencia de más de 10 años en el área de las ornamentales, obteniendo para el año 2005 un Ingresos Bruto en venta superior a los \$40,000.

Para los distribuidores de las mezclas, la cascarilla no contiene ninguna importancia, porque las mezclas ya vienen preparadas y empacadas en balas

---

<sup>43</sup>Sáenz, F. C. (2002). *La cascarilla de arroz "caolinizada"; una alternativa para mejorar la retencion de humedad como sustrato para cultivos hidroponicos*. Bogota.

Comprimidas de 3.8 pies con el nombre de Promix y se ahorran los gastos de acarreo y almacenamiento, aduciendo que los costos aumentarían y la venta de la cascarilla no refleja importancia económica alguna.

Para mejorar la retención de Humedad de la cascarilla, se ha recurrido a la quema parcial de la misma. Esta práctica, aunque mejora notablemente la humectabilidad, es en realidad muy poco lo que aumenta la capilaridad ascensional y la retención de humedad. Entre sus principales propiedades físico – químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. La cascarilla de arroz es el sustrato ms empleado para los cultivos hidropónicos en Colombia bien sea cruda o parcialmente carbonizada. El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas. Valores típicos de retención de Humedad de algunos materiales utilizados como sustratos para cultivos Hidropónicos.

Materiales	Retención % v/v
Cascarilla de arroz cruda	9
Cascarilla de arroz quemada	10 – 13
Cascara de coco	35 - 50
Cascarilla de arroz caolinizada	25 - 35

Para mejorar la retención de Humedad de la cascarilla, se ha recurrido a la quema parcial de la misma, esta práctica, aunque mejora notablemente la humectabilidad, es en realidad muy poco lo que aumenta la capilaridad ascensional y la retención de humedad. Para la investigación en el país vecino Colombia se utilizaron agregados selectos como arenas extraídas de una de las zonas no contaminadas del río Cauca y varios agregados que incrementan la resistencia del material, el más importante de estos aditivos es la ceniza de cascarilla de arroz.

Este material es de fácil transporte y consecución pues es producido a gran escala en el departamento del Tolima y en los Llanos Orientales, además la utilización de la ceniza de la cascarilla de arroz favorece el establecimiento de industrias para su obtención.

#### **4.5 La cascarilla de arroz como combustible en el secado de cereales**

Se plantea el proyecto Ciclonas Convenio Colciencias Universidad del Norte.<sup>44</sup>Y contó con la asesoría de consultores externos y el apoyo financiero de Colciencias, organismo éste equivalente al Conicet argentino. En el diseño y construcción del nuevo horno, la idea concreta fue la de mejorar la vida útil del equipo, disminuir el costo de fabricación y el consumo de energía, así como cumplir con las normas técnicas internacionales para prevenir la contaminación ambiental. Dicho horno resultó ser altamente competitivo, entre otras razones

---

<sup>44</sup>Proyecto Ciclonas Convenio Colciencias Universidad del Norte. la cascarilla de arroz como combustible en el secado de cereales



por su elevada operatividad, su favorable precio de venta, el incremento de la eficiencia de combustión de un 60% a un 80% y su bajo consumo de energía eléctrica. Otra ventaja de estos hornos fue lograr un bajo nivel de contaminación, cumpliendo, de esta manera, con las normas EPA de protección ambiental. El estricto control de la polución se debe a que el equipo cuenta con un sistema de ciclones que recogen los gases provenientes de la combustión y decantan las partículas emitidas, evitando así que sean esparcidas a la atmósfera.

Tabla No. 4 Capacidad calorífica de algunos residuos vegetales

Tipo de Residuo	Capacidad Calorífica Kcal/kg
Cascara de Café	4.245,8
Palma Africana	3.558,5
Cascarilla de arroz	3.281,6
Bagazo	1.823,4

*Fuente: Futuro energético de Costa Rica. Disponible en Internet en: <http://www.tapic.info/arquitectura.medioambiental/chiapas/documentos/energiaslimpia>*

#### **4.6 Variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales.**

La necesidad de desarrollar alternativas tecnológicas que permitan la utilización de elementos desechados en procesos productivos para aprovechar su potencial y contribuir a la disminución del impacto ambiental que puedan generar por una inadecuada disposición, surge la oportunidad de aprovechar productos vegetales de desecho que permitan innovar en el área

de los materiales de ingeniería, campo en el cual la cascarilla de arroz se perfila como un aislante térmico de alta efectividad, competitividad y de fácil obtención, lo cual contribuye al reemplazo de productos derivados del petróleo. Este estudio, Cadena y Bula (2002) se proponen desarrollar nuevos materiales para aislamientos térmicos a partir de cascarilla de arroz y fibras vegetales, para lo cual se han realizado pruebas según la norma ASTM C-177, para la cuantificación de su capacidad conductiva de calor, lo cual ha puesto en evidencia su potencial aislante.

#### **4.7 Uso del SiO<sub>2</sub> obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio**

La cascarilla de arroz es un desecho agroindustrial que se produce en altos volúmenes en zonas donde se siembra y se procesa la planta de arroz; este desecho se puede utilizar como fuente de silicio para la obtención de silicatos de calcio. Los Silicatos de Calcio, se utilizan en la fabricación de ladrillos de cal y arena, en la industria del cemento, como material de relleno en las industrias de pinturas y plásticos y en la fabricación de porcelanas dieléctricas, entre otros múltiples usos. Muy recientemente se han comenzado a utilizar en la fabricación de vidrios bioactivos. En este trabajo se empleó el método de precipitación controlada para sintetizar silicatos de calcio. Se determinaron las condiciones óptimas de síntesis para obtener silicatos de calcio con una cierta composición y distribución de tamaño de partícula.

Se analizaron los fenómenos fisicoquímicos que ocurren durante el proceso de síntesis y se estudió el efecto de ciertos parámetros del proceso tales como la concentración de los

precursores, naturaleza del precipitante y la temperatura sobre las fases cristalinas que se obtienen al final del proceso. Se estudió la evolución de las fases cristalinas del compuesto al ser sometido a tratamientos térmicos; para ello se utilizó difracción de rayos X (DRX). Además, se empleó análisis térmico (ATD/TG) para conocer el comportamiento del sólido ante tratamientos térmicos y Microscopía Electrónica de Transmisión (MET) para determinar la morfología y el tamaño de las partículas sintetizadas.

Por medio de estudios se ha determinado la posibilidad de obtener dióxido de silicio de la cascarilla de arroz como agregado para el cemento, sirviendo para mejorar sus características mecánicas, conclusión que se ha podido determinar por medio de investigaciones de especialistas, que han determinado el enorme potencial que tiene dicho material como insumos alternativo para el campo de la construcción (Ahumada, 2006).<sup>45</sup> Siendo rico en silicatos y reaccionando positivamente con la mezcla del mortero, ayudando a incrementar su resistencia.

#### **4.8 Comercialización de cascarilla**

Nuestra actividad principal con este residuo es su Recolección, retiro y comercialización de los molinos de arroz Roa y Florhuila ubicados en las zonas del Tolima, Huila, Meta, Villavicencio y Casanare. Consiste básicamente en darle buen uso al residuo satisfaciendo la demanda de las diferentes industrias que la requieren manejando varias presentaciones (pacas de cascarilla, cascarilla cruda y cascarilla quemada). La cascarilla tiene diferentes usos según la industria,

---

<sup>45</sup>Ahumada, L. y.-P. (2006). Uso del SiO<sub>2</sub> obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. *Academia Colombiana de Ciencias*, 30(117) 581-594. ISSN 0370-3908

para cama en las avícolas, pesebreras, para flores, alimentos concentrados para animales y productores de compostaje principalmente (Sierra, 2009).<sup>46</sup>

#### **4.9 Cascarilla como sustituto de combustibles fósiles**

De acuerdo a este estudio, se concluyó que en Colombia hay mucho potencial de desarrollo de proyectos de sustitución de combustible en diferentes industrias, como en las plantas de cemento, ladrilleras y tabacaleras, debido a la alta disponibilidad de esta Biomasa. Estos proyectos de sustitución en la actualidad están en fase de pruebas en la industria del ladrillo y tabaco, mientras que en el sector cementero ya se realizó la estructuración del Proyecto MDL, para Cemex Colombia, el cual ya fue aprobado y registrado por la UNFCCC, y en la actualidad está en ejecución, gracias al trabajo realizado en conjunto con CO2 Solutions.

Assureira (2002) indica que el poder calorífico de la cascarilla de arroz es similar al de la madera y al de otros residuos agrícolas. La cascarilla de arroz frente a los demás residuos industriales tiene un Potencial energético de 4,46%.

#### **4.10 La cascarilla de arroz como insumo para la construcción**

Salgado (2005). Indica que las aplicaciones de la cascarilla en construcciones son múltiples. Se piensa, sobre todo, en mobiliario y paredes de auditorios, cines o edificios altos,

---

<sup>46</sup>J. Sierra, “Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia.” Universidad de Sucre, Sincelejo. 2009

donde acude mucha gente, ya que representa una alta seguridad por su bajo nivel de combustión. No obstante, ya que resiste humedad, impacto e intemperie, también es ideal para señalamientos en zonas costeras. Tolera más que el aglomerado de madera: si se pone aglomerado en agua, se hincha; este no, y tampoco genera hongos porque este sellado. También sirve como abrasivo natural, ya que su estructura incluye unos diminutos picos que se han utilizado con éxito para pulir y limpiar piezas metálicas. Además, se puede hacer en forma similar al triplay, aunque sin sus problemas de degradación y polilla o bien, como sustituto de corcho, para cabinas de transmisión o acústicas. Por ejemplo, en México se importa corcho, que se fabrica con la corteza del abedul y es muy costoso.

Todo este tipo de innovación tiene el potencial de crear toda una nueva industria, con la participación de empresas interesadas, por medio de convenios. De hecho, se podría incluso importar a Puerto Rico, prácticamente sin costo; se trata de un desperdicio, y convertirla en productos elaborados con un alto valor agregado. Esto es un ejemplo de que se puede aprovechar lo que otros desechan para crear materiales con tecnología de punta.

La experiencia expuesta a continuación se dio a partir de estudios realizados en México luego de 15 años de investigaciones en el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA) de la UNAM<sup>8</sup>: Encabezado por el doctor en física Víctor Manuel Castaño Meneses y su grupo de colaboradores tienen listo el material para transferirlo a la industria.

Considerada como un desperdicio de los cultivos de arroz, la cascarilla que cubre a ese grano comestible es la materia prima de un material creado por físicos de la UNAM para construir puertas, pisos y marcos para ventanas. Formada por entre 25 y 30 por ciento de

dióxido de silicio -elemento que constituye al vidrio, la arena y los cuarzos-, la cascarilla se mezcla con una resina comercial para obtener un aglomerado duro, moldeable, fácil de perforar y de clavar. El material resiste y no propaga el fuego, contiene la humedad e impide el ataque de hongos y bacterias, microorganismos que dañan a su más cercano competidor: el aglomerado de madera.

**Paneles solares con el silicio de las cascaras de arroz.** La empresa Vallombrosa Trust ha desarrollado un proceso tecnológico que, en palabras de sus gestores, permitirá abaratar en un 60% el costo de producción de los paneles solares. Ya que hasta la fecha tanto el silicio cristalino como el arseniuro de galio (ambos son la elección típica a la hora de fabricar celdas solares) determinan el coste de fabricación de los paneles solares.

El proceso patentado por Vallombrosa Trust obtiene el silicio necesario para producir los paneles fotovoltaicos, quemando y pulverizando las cascaras de arroz, una plantación de arroz toma del terreno de 1000 a 1200 kg por hectárea de óxido de silicio. Los silicatos se almacenan en la paja, la cascara del grano y en los granos. La función que tiene el silicio en la planta de arroz va desde protegerla de infecciones de hongos y ácaros, hasta disminuir la pérdida de humedad por transpiración. No es la primera vez que se utiliza la cascara de arroz con fines energéticos, ya a principios de año el grupo empresarial Galofer, anunciaba un proyecto de producción Energética en Uruguay, si bien en este caso el aprovechamiento era como biomasa.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

la cascarilla de arroz es un material subproducto de la actividad molinera que se ha convertido en un desecho difícil de manejar y se recurre a quemarlo, tirarlo a los ríos o usarlo inicialmente en transporte como cama de ganado que genera una mayor distribución de la misma afectando no solo el lugar de origen sino su zona de influencia.

Reutilizar la cascarilla en alternativas que generen aspectos benéficos para la población en lo económico, social y ambiental es un objetivo de todos.

Cascarilla como sustituto de combustibles fósiles: Gracias a la realización de un estudio de disponibilidad de biomásas en todo el territorio nacional, se concluyó que una de las biomásas más representativas es la cascarilla de arroz. De acuerdo a ese estudio se concluyó que en Colombia hay mucho potencial de desarrollo de proyectos de sustitución de combustibles en diferentes industrias, como en las plantas de cemento, ladrilleras y tabacaleras, debido a la alta disponibilidad de esta biomasa. Estos proyectos de sustitución en la actualidad están en la fase de pruebas en la industria del ladrillo y el tabaco, mientras que en el sector cementero ya se realizó la estructuración del proyecto del mecanismo del Protocolo de Kyoto MDL, para la empresa CEMEX Colombia, el cual ya fue aprobado y registrado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) y en la

actualidad está en ejecución, gracias al trabajo realizado en conjunto con la empresa CO2 SOLUTIONS. (Alienergy, 2010).<sup>47</sup>

En la actualidad y dado el nivel de investigaciones, a partir de la cascarilla de arroz y su aglomeración con otros elementos naturales y subproductos agrícolas se pueden obtener valores competitivos de conductividad térmica para aplicaciones en el área de los aislamientos.

En Colombia se dan investigaciones en el uso diverso de las propiedades de la cascarilla y se nota la vinculación de particulares Universidades e Instituciones estatales en el proceso.

La normatividad constitucional del país crea un espacio adecuado para liderar procesos investigativos cuya finalidad genere soluciones a los Problemas ambientales en un nivel preventivo.

La cascarilla de arroz puede ocupar, en muchos casos, hasta un tercio del volumen total de los ingredientes de los abonos orgánicos. Es recomendable para controlar los excesos de humedad cuando se están preparando los abonos fermentados.

La cascarilla de arroz como material de construcción es eficaz puesto que es resistente y no propaga el fuego (es ignífugo), contiene la humedad e impide el ataque de hongos y

---

<sup>47</sup>Alienergy S.A. (2010). *Altrnativas Integrales de Energia Renovable* . Recuperado el 15 de 09 de 2018, de [http://www.alienergy.com.co/proyectos\\_3.html](http://www.alienergy.com.co/proyectos_3.html)



bacterias, microorganismos que dañan el aglomerado de madera con el que cual es muy competitivo en el mercado global.

En las visitas y entrevistas realizadas a dos de las más importantes Agroindustrias Molineras del País pude concluir que la cascarilla de arroz es un insumo importante para el proceso de secamiento de arroz paddy.

Se concluyó que aproximadamente se produce alrededor de 2400 toneladas de Cascarilla de arroz en el año en la zona del Departamento de Casanare, siendo este valor tomado como referencia al equivalente al de las 160.000 has que se siembran aproximadamente en el año y el 18% de arroz paddy que se recolecta en I semestre.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. S. (2009). Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz. Sincelejo-Sucre.
- Aguilera, A., Pérez, F., y Grande. (2007). Digestibilidad y características fermentativas de mango, limón y rastrojo de maíz ensilado, con o sin adición de melaza y urea. Mexico.
- Ahumada, L.M. y Rodríguez, J. E. (2006). Uso del SiO<sub>2</sub> obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 30 (117): 581-594, 2006. ISSN 0370-3908
- Ali, F. H., Adnan, A. & Choy, C. K. (1992 ). Propiedades geotecnicas de un suelo quimicamente de Malasia con ceniza de cascara de arroz como aditivo. *Ingenieria geotecnica y geologica Vol (10)*, 117 - 134
- Alienergy S.A. (2010). *Alternativas Integrales de Energia Renovable* . Recuperado el 15 de 09 de 2018, de [http://www.alienergy.com.co/proyectos\\_3.html](http://www.alienergy.com.co/proyectos_3.html)
- Assureira, E. (2002). Combustible alternativo:La cascarilla de arroz. Mexico.
- Bernal, J., Brausin, B., Y Gutierrez, J. (2018). Elaboración de teja tipo S con compositos de matriz cementicia adicionada con cascarilla de arroz en la ciudad de Villavicencio ( tesis proyecto de grado). Facultad de Ingenieria, Universidad Cooperativa /Pag 155.
- Bizzotto, M. B. (1998). Minihormigones con cascarilla de arroz natural y tratada como agregado granular. Chaco, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ingeniería .
- Bongcam, V. E. (2003). Guia para compostaje y manejo de suelos. Bogotá: Convenio Andres Bello CAB, Ciencia y tecnologia.

- Boschini, C. (2009). Sistemas de crianza ii. comportamiento del consumo y la ganancia de peso de terneros alimentados a base de iniciadores con diferentes niveles de cascarilla de arroz . Costa Rica.
- Calderón, F. (2003). Investigación: Cascarilla de Arroz Caolinizada
- Camargo, D. W. (2012). Uso de residuos Agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. Villavicencio- Meta.
- Campo, V. Y. (2015). Evaluación de ensilajes a partir de residuos de postcosecha de arroz tratados con bacterias ácido lácticas. Cucuta.
- Cardona, B. T. (2003). Obtención y caracterización de carburo y nitruro de silicio a partir de cascarilla de Arroz. México.
- Carnaval, J. (2207) Agencia AUPEC.
- Castellanos, D. M. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos. *CULTROP Vol (36)* 16 - 24.
- Cortés, A. P. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Villavicencio,Meta .
- DANE. (2017). Encuesta Nacional de arroz mecanizado I semestre de 2017. Bogotá.
- DANE - FEDEARROZ. (8 de Febrero de 2019). Boletín Técnico Encuesta Nacional de arroz mecanizado (ENAM). Obtenido de DANE:  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol\\_arroz\\_lsem18.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol_arroz_lsem18.pdf)
- DANE-FEDEARROZ. (2018) Boletín Técnico encuesta Nacional de arroz Mecanizado ENAM I semestre 2018.
- Della, D.P., Kühn, I. & Hotza, D. (2002) "Rice husk ash as an alternate source for active silica production *Editorial ELSEVIER, Vol. (57)*, 818-821.

- Echandi, O. (1975). Alimentación del ganado con raciones a base de cascarilla de arroz, bagazo de caña opulpa de café comparadas con pastoreo libre en verano. *Instituto de Investigaciones Químicas Y Biológicas vol (23)*. (Tesis Ingeniero Agrónomo) Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Echarri, L. (1998). Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Editorial Teide, Madrid.
- Infante, S. K. (2017). Biofiltro con cascara de arroz e vetiver (C. Zizanioides) para tratamiento de efluentes de PTAR INPEC - Yopal, Casanare, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Kathleen, M. (2018). Salvado de Arroz Estabilizado: Ingrediente Económico y Nutricional para dietas de aves de corral y cerdos. Mexico.
- Magap. (Noviembre de 2010). *Ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca*.  
Obtenido de Ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca: [www.magap.gob.ec](http://www.magap.gob.ec)
- Manterola, H., y Cerda, D. (2015). Granos de cereales y sub-productos: Subproductos del arroz - Afrechillo de arroz. Chile: Dep. de Prod. Animal, Fac. de Cs Agronómicas, Univ. de Chile.
- Martos, J. (Febrero 2008). El silicio secreto del arroz. *ELPAIS*. Barcelona
- Martinez, A. G. (2005). La cadena del arroz en Colombia.
- Moyano, F. A. (2010). Diseño de una secadora de tandas para Arroz usado como combustible cascarilla de arroz. Ecuador.

- Nair, D. G. (2008). Investigación estructural relacionada con la actividad puzolanica de las ceniza de las cascarilla de arroz. *En cement and concrete research* vol (38). 861 - 869.
- Ortiz, J. G. (2010). Los subproductos del arroz en la alimentación del ganado. Uruguay.
- Peñaranda, L. V. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. Pereira.
- Piñeros, O. A. (2009). Evaluación de la producción de etanol a partir de cascarilla de arroz pretratada con NaOCl, mediante hidrólisis y fermentación simultáneas XIII congreso de Biotecnología y Bioingeniería VII Simposio internacional Producción de etanoles y levaduras. México .
- Prada, A., y Cortes, C. (2010) La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Tesis de grado, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta.
- Primaves, A. (1984). Manejo Ecologico Del Suelo . México.
- Proyecto Ciclones Convenio Colciencias Universidad del Norte. La cascarilla de arroz como combustible en el secado de cereales (1997)
- Ramírez, T. S. (2006). Uso de cascarilla de arroz como fuente energética en ladrilleras. Perú.
- Rodríguez, A. B. (2006). Obtención de silicatos de calcio utilizando el método de precipitación controlada. Popayan Cauca.
- Rodríguez, G. R. (2007). Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete.
- Sáenz, F. C. (2002). *La cascarilla de arroz "caolinizada"; una alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos*. Bogotá.
- Salgado, R. (2005). Cascarilla de arroz: un excelente sustituto de la madera

- Sandoval, A. R. (2007). Análisis de mercado para el uso de la cascarilla de arroz en la producción de plantas ornamentales florecedoras en Puerto Rico. Universidad De Puerto Rico, Recinto Universitario De Mayagüez.
- Sierra, J. (2009). "Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia". Universidad de sucre. Sincelejo.
- Tipanluisa, G. M. (2015). Estudio experimental de la combustión de la cascarilla de arroz en una cámara de lecho fijo. Ecuador .
- Treviño, I. G. (2002). Obtención de fases del cemento utilizando desechos agrícolas e industriales. CIENCIA UANL .
- Trung, K. T. (2011). Análisis de alternativas de secado de arroz con uso de energía renovable o residual. Santa clara .
- Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias y la Universidad Industrial de Santander, UIS. (2015). Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia. Bogotá. Colombia.
- Valepillai, M. D. (1996). Estudio del mercado para los sistemas y equipos de arroz, cascara a energia. Louisiana: Centro Agricola Louisiana.
- Valverde, A. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarrilla de arroz.Pereira.
- Zapata, D. R. (2009). Aprovechamiento de la cascarilla de oryza sativa (arroz) para la producción de silicio orgánico. Guayas, Ecuador.

## ANEXO

### Entrevista Molineros

#### Entrevista 1

**MOLINO:** Diana Corporación /Vía Morichal

**FECHA:** 15 octubre 2019

**FUNCIONARIO:** Nelson Corredor

**CARGO:** Director de Planta

1. Volumen de entrada de Cascarilla de arroz en el año

*Aproximadamente 50.000 Toneladas*

2. Meses con mayor volumen de entrada de Cascarilla de arroz

*Agosto y septiembre*

3. A cuanto equivale una tonelada de Paddy en Cascarilla de arroz

*Al 19% aproximadamente en base de paddy verde: 190 Kg de cascarilla*

4. Como se realiza el proceso de secamiento del Arroz con la cascarilla en la empresa donde labora

Recibo → Torre 1 → Torre 2 → Torre 3

5. Disposición final de la Cascarilla de arroz

- Secamiento de arroz paddy
- Industria Avícola “abono con gallinaza”
- Cultivos hidropónicos “Sustratos compostaje”

- Cascarilla deshidrata "Sustratos para flores"
- Agregados en Cementeras "Silicio"
- Generación de energía

6. Que usos conoce que se generen con la cascarilla de arroz en la región

- Sustrato en viveros
- Abono para cultivos agrícolas
- Secado de arroz
- Cascarilla deshidratada para la venta
- Uso en galpones de gallina
- Cascarilla prensada para venta

## **Entrevista 2**

**MOLINO:** Agroindustrial molino sonora / vía aguazul

**FECHA:** 16 octubre 2019

**FUNCIONARIO:** OSCAR JAIMES

**CARGO:** Coordinador de secamiento

1. Volumen de entrada de Cascarilla de arroz en el año

*Aproximadamente 93.000 Toneladas Arroz paddy verde, equivalente en 18% a Cascarilla de arroz 16.740 Toneladas*



2. Meses con mayor volumen de entrada de Cascarilla de arroz

*Julio, agosto y septiembre*

3. A cuanto equivale una tonelada de Paddy en Cascarilla de arroz

*Al 18% aproximadamente en base de paddy verde: 180 kg de Cascarilla*

4. Como se realiza el proceso de secamiento del Arroz con la cascarilla en la empresa donde labora

El arroz paddy verde se realiza un proceso de retiro de impurezas. Es entrado a 2 torres donde se lleva a cabo el proceso de secamiento

Torre 1: Entra con una humedad de 25% y se estandariza en una humedad del 17% se deja allí en silos de reposo de 20 a 30 horas.

Torre 2: Después de haber cumplido el proceso en la torre 1 se pasa con una temperatura de 16.5%, se hace un proceso de aireación y sale con una humedad de 13.2%. Duración de este proceso de 3 a 4 horas

Nota: se encuentran 4 torres en total, de las cuales cada una tiene una capacidad de 45 toneladas.

Cada torre hace un trabajo de 18 a 20 toneladas cada 24 horas y cada una cuenta con una tolva donde se mete la cascarilla y esta genera la energía calórica para el secamiento.

Se tiene la capacidad de hacer un secamiento de 400 toneladas por día, en este proceso se somete el arroz paddy a una temperatura de 344°C

En este molino se encuentran 10 silos de almacenamiento cada uno con capacidad de 3500 toneladas. Estos silos son condensados con aire acondicionado, manteniendo una temperatura de 22°C

## Área de cascarilla de arroz

### Silo de almacenamiento de cascarilla de arroz

Tiene una capacidad de almacenar 90 toneladas, cuenta con 2 tolvas, cada una cuenta con capacidad de 14 toneladas.

- Tienen pacas de cascarilla para la venta

#### 5. Disposición final de la Cascarilla de arroz

- Venta de pacas de cascarilla, precio de venta \$3500. Venden aproximadamente 1000 pacas semanales.

#### 6. Que usos conoce que se generen con la cascarilla de arroz en la región

- Uso en galpones
- Uso en viveros
- Uso para abonos orgánicos
- Secamiento de arroz paddy verde

### Registro fotográfico de visita a molino Sonora



Foto No 1-3 Silos de reposo, Torres de secamiento, Tolvas para depositar cascarilla de Arroz para producir energía calórica en el proceso de secamiento



Foto 4: Tablero de medición



Foto 5: Control de medición para el proceso de secamiento en las torres



Fotos 6-8 Zona de apilado de cascarilla de arroz compactada, Foto externa de zona de apilado y panorámica silos de almacenamiento.