

**ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ
EN COLOMBIA.**

JAIDER SIERRA AGUILAR

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA
SINCELEJO
2009**

**ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ
EN COLOMBIA.**

LINEA DE PROFUNDIZACION: GESTION AMBIENTAL

JAIDER SIERRA AGUILAR

MODALIDAD MONOGRAFIA

DIRECTOR

CARLOS VERGARA GARAY

Ingeniero agrícola

**Especialista en Ciencias Ambientales,
Candidato a Magíster en Ingeniería Civil**

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

SINCELEJO

2009

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Director

Sincelejo 2009

DEDICATORIA

A Dios.

A mis abuelos Francisco Sierra (Q.E.P.D.) y Aura Méndez Buelvas.

A Yadid Estela Paternina Aviléz.

A Samuel Sierra Paternina.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del Consejo Académico de la Universidad De Sucre.

A los miembros del Departamento de Ingeniería Agrícola.

A todos aquellos que colaboraron en cualquier aspecto en la construcción de este documento.

CONTENIDO

TEMA	Pág.
INTRODUCCION	16
CAPITULO I	18
1 BREVE RESEÑA DE EL CULTIVO DEL ARROZ	18
2 PRODUCCION DE LA CASCARILLA DE ARROZ	21
2.1 Importancia económica y social del arroz	22
2.2 Unidades de producción	24
2.3 Área sembrada	24
2.4 Producción de Arroz Paddy	25
2.5 Datos comparativos entre el II y III Censo Nacional Arroceros	26
3 RIQUEZA ENERGETICA Y NUTRICIONAL	27
3.1 Descripción de la cascarilla de arroz	27
4. PROBLEMAS GENERADAS POR LA DISPOSICION INADECUADA DE LA CASCARILLA DE ARROZ	31
5 ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO	34
5.1 Usos potenciales para su aprovechamiento a nivel de Latinoamérica	35
5.1.1 Combustible alternativo en el Perú por Estela Assureira	35
5.1.1.1 Briquetas de cascarilla de arroz	36
5.2 Otras utilidades de la Cascarilla de Arroz	38
5.3 Usos de importancia en Construcciones en México	38
5.3.1 Ventajas múltiples	40
5.4 La Cascarilla como sustrato en proyectos de Cultivos Hidropónicos en Perú.	41

CONTENIDO

TEMA	Pág.
5.5 Gasificación	41
5.5.1 Usos del gas de síntesis	42
5.6 Contribución de la Biomasa no cañera a la generación de electricidad en cuba por Dr. Alfredo Curbelo Alonso y colaboradores	43
5.7 Uso de la Cascarilla de Arroz en la producción de plantas ornamentales florecedoras en Puerto Rico Por Ana Ruth Lizbeth Sandoval Lemus	44
6 LEGISLACION Y POLITICAS AMBIENTALES VIGENTES EN COLOMBIA ACERCA DE LA DISPOSICION DE RESIDUOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD AGROINDUSTRIAL.	45
6.1 Normatividad constitucional y legal	46
6.2 Gestión Integral De Residuos Sólidos	57
6.2.1 Reducción en el origen	60
6.2.2 Gestión diferencial de residuos aprovechables y basuras	61
6.2.3 Residuos Aprovechables	62
6.2.4 Basuras.	63
6.3 Producción Más Limpia	65
6.3.1 Definición De Producción Más Limpia	65
6.3.2 Marco Normativo	66
6.3.3 Promoción de Producción Más Limpia en sectores productivos	67
CAPITULO II	68
7 ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN COLOMBIA.	68

CONTENIDO

TEMA	Pág.
7.1 Briquetas de Cascarilla de Arroz, Fundación Ecológica de Colombia FUNDEC	68
7.1.1 Fogon de cascarilla	70
7.2 Mejora de las propiedades mecánicas de durabilidad y compresión del Cemento a partir de la mezcla con Cascarilla de Arroz. Universidad del Valle, Colciencias, Empresa Arrocería la Esmeralda	71
7.3 La Cascarilla de Arroz "Caolinizada": Alternativa para Mejorar la Retención de Humedad como sustrato para cultivos Hidropónicos	72
7.4 La Cascarilla de Arroz como Combustible en el Secado de Cereales	73
7.5 Uso del SiO₂ obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio por L.M. Ahumada & J.E. Rodríguez-Páez	74
7.6 Variación en la conductividad térmica de la Cascarilla de Arroz Aglomerada con Fibras Vegetales por Carolina Cadena, Antonio Bula Silvera	75
7.7 Experiencias de implementación de Producción más Limpia en la empresa arrocería Arroz Diana del Tolima	76
7.7.1 Acciones	76
7.7.2 Beneficios	76
7.7.3 Indicador	76
7.7.4 Alternativa	76
7.7.5 Fundamento teórico	76

CONTENIDO

TEMA	Pág.
7.8 Usos en Sucre y Bolívar	77
7.8.1 Estufas	77
7.8.2 Material Refrigerante	77

7.8.3 Cama para transporte de Ganado y Pollos de Engorde	78
7.8.4 Hornos de secado En Magangué	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
REVISION BIBLIOGRAFICA	81
ANEXOS	85

LISTA DE TABLAS

<i>TABLA</i>	<i>Pág.</i>
Tabla 1 Conductividad térmica	29
Tabla 2 Composición Química de la Cascarilla de Arroz	30
Tabla 3 Valores típicos de retención de Humedad de algunos materiales utilizados como sustratos para cultivos Hidropónicos	73
Tabla 4 Eficiencia de la combustión (Assureira, 2004)	89
Tabla 5 Características de la cocina (Assureira, 2004)	90
Tabla 6 Cascarilla de arroz características como combustible	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
Figura 1 Grano de Arroz	28
Figura 2 Cascarrillas De Arroz Luego Del Proceso De Briqueado	37
Figura 3 Aspecto de las briquetas	69
Figura 4 Estructura Del Fogon De Cascarrilla	70
Figura 5 Sistemas De Cultivo Del Arroz En Colombia	86
Figura 6 Etapas del proceso de Briqueado de arroz para obtener el nuevo tipo de combustible (Assureira, 2004).	88
Figura 7 Cocina de briquetas de cascarrilla de arroz Pícará (Assureira, 2004)	88
Figura 8 Retencion De Humedad	91
Figura 9 Capacidad De Retención De Humedad Del Sustrato	92
Figura 10 Capilaridad Ascensional	92
Figura 11 Humectabilidad	93

LISTA DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA	Pág.
Diagrama 1 Estructura de la cadena productiva del Arroz	23
Diagrama 2 Clasificación de Residuos	59
Diagrama 3 Gestión diferenciada –aprovechables y basura	64

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA	Pág.
Grafica 1 Cadena de valor del Arroz en Colombia.	21
Grafica 2 Distribución de bienes producidos por la industria trilladora y pulidora en Colombia.	22

LISTA DE ANEXOS

<i>ANEXOS</i>	<i>Pág.</i>
ANEXO 1 Sistemas de Cultivo y Área Cultivada de arroz en Colombia 2007	86
ANEXO 2 Etapas del proceso de Briqueteado de arroz para obtener el nuevo tipo de combustible	88
ANEXO 3 Alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para Cultivos Hidropónicos	91

RESUMEN

Crear conciencia del uso racional de los recursos naturales por parte de los seres humanos es un compromiso que ha trascendido las fronteras nacionales para convertirse en una causa global.

Uno de los mecanismos a la mano es el uso de los subproductos de los procesos industriales o agroindustriales de los cuales se generan una serie de residuos que en cierto grado se pueden aprovechar y con ello se apunta a mejorar dos condiciones, una de ellas es el manejo de las basuras y otra, qué al aprovecharlos oportunamente se disminuye el uso de recursos energéticos tales como el petróleo, la madera, que cada día incrementan sus costos y tienden a escasearse. Con la realización de esta monografía, centramos la atención en la cascarilla de arroz como alternativa de uso en niveles energéticos y constructivos dada sus características de aislante térmico, combustible alternativo entre otras posibilidades. Se hace referencia así a todas las aproximaciones tecnológicas e investigativas a nivel de Latinoamérica y Colombia y la contribución de las mismas a la problemática generada por el destino final de dicho subproducto.

INTRODUCCION.

En los últimos treinta años, la crisis energética mundial ha obligado a las empresas del sector industrial y agroindustrial a buscar nuevas alternativas de fuentes de generación de energía a más bajo costo y con menos influencia negativa en el medio ambiente. Es imposible negar la creciente escasez de los combustibles fósiles, y el daño ambiental que produce su explotación y utilización en la industria y el alto costo que implicaría utilizar la generación de energía aprovechando fuentes naturales como la corriente de los ríos, las caídas de agua, la energía de los vientos, la energía solar, y otras pueden considerarse ecológicamente convenientes, sin embargo en unas presupone una infraestructura e inversión inicial considerable, y en otras es dependiente de condiciones ambientales y geográficas específicas que no permiten su masificación(es decir la presencia de zonas en el planeta aun en niveles tecnológicos y científicos muy atrasados) . Este hecho obliga a las industrias a buscar fuentes alternativas de generación de energía. Ante 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.

La utilización de desechos como fuente de obtención de energía representa un importante avance en esta dirección, viable desde el punto de vista técnico, además de ser muy conveniente desde el punto de vista económico y ecológico, siguiendo así la tendencia de los últimos años de las políticas encaminadas al uso sostenible y el aprovechamiento adecuado de los recursos.

En la industria arroceras 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_2) 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 20% en peso de la producción total, y considerando el muy bajo peso específico de la cascarilla a granel (100 Kg./m^3) 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.

Estamos en un siglo donde la información es la base de todo proyecto, donde para poder avanzar es mejor saber en dónde estamos. Muchas veces nos quejamos por no saber que ruta tomar, sin embargo todo está ahí, solo hay que tomarlo, es el caso de los cereales que luego de miles de años de estar utilizándolos de diferentes maneras, aun no es difícil hacerlo bien. En este caso solo vamos a tomar un segmento muy pequeño que es el caso del arroz y aun más específicamente el de la cascarilla de arroz. Aunque en Colombia es muy buena la información agronómica sobre el arroz, son muy pocos los estudios que se hacen alrededor de subproductos de origen vegetal para su utilización e implementación a nivel comercial.

CAPITULO 1

1- BREVE RESEÑA DE EL CULTIVO DEL ARROZ

El arroz, forma parte de un grupo de 19 especies de hierbas anuales de la familia de las Gramíneas, aunque es el arroz común (*Oryza sativa*) la única especie importante para el consumo humano. Algunos historiadores afirman que este cereal es nativo del Sureste asiático y se cultiva desde hace más de 7 000 años. Se tienen evidencias de su cultivo, anteriores al año 5000 a.n.e. en el oriente de China, y antes del año 6000 a.n.e. en una caverna del norte de Tailandia.

La nacionalidad del arroz es tan controversial como su historia. Estudiosos del tema, consideran que el arroz es oriundo de Asia meridional, porque crece silvestre en la India, Indochina y China. Si bien es cierto que en estas zonas muchas variedades se desarrollan espontáneamente desde épocas muy antiguas, otros investigadores aseguran que el cereal se originó en África y luego se trasladó al Asia. Una tercera hipótesis afirma que surgió en ambos continentes a la vez. Lo indiscutible para todos, es que se trata de uno de los alimentos más antiguos de la humanidad. No se ha podido determinar con exactitud la época en que apareció sobre la tierra ni cuánto tiempo el hombre necesitó para domesticarlo, muchos países asiáticos se atribuyen su origen. La literatura china considera al arroz como el alimento básico de ese pueblo desde el año 3000 a.n.e; donde se indica que la siembra de este cereal era motivo de una gran ceremonia y señala que el arroz se domesticó entre 1000 y 1300 años a.n.e. Dicen los historiadores, que es desde Asia, donde comienza a difundirse el arroz hacia la India, durante la invasión de los Arios.

Ellos basan su criterio en que al parecer el término griego **Oryza** se deriva de los nombres en sánscrito **yrini** y **arunya**. Sin embargo, la Biblia no menciona el cereal en sus relatos, por tanto se deduce que era desconocido en el Medio Oriente, para la fecha en que otros lo describían en sus testimonios.

Otros doctos en la materia, reportan la existencia del arroz unos 4 000 a 6000 años antes de nuestra era, al menos el género **Oryza sativa**. Para algunos existen dos puntos de vista sobre el origen del arroz; uno tiene su respuesta en las Ciencias Naturales y el otro en las Humanistas.

El primero está basado en los estudios genéticos y la evolución; mientras que el segundo examina los récords históricos de las literaturas arqueológicas y etnológicas, y precisa que el mismo apareció de 6000 a 7000 años antes de nuestra era en Asia Tropical, más específico en Hemudú, cerca del valle de Ningpo, en la parte central de China.

Los libros históricos mencionan que en Persia y Mesopotamia, se conoció el arroz a través de los intercambios comerciales y diplomáticos del rey persa Darío con China y la India. Entre los testimonios de esa época se afirma que el emperador chino Chen-Nung (año 2700 a.n.e.) realizaba una ceremonia, en la que sembraban cinco cereales: el arroz, el trigo, el mijo, la soja y el sorgo, pero él personalmente era quien sembraba el arroz dándole así una significación mayor.

Posteriormente, durante la expansión de China hacia Occidente, el arroz se difundió en Egipto y Siria. En el año 300 a.n.e. el filósofo y botánico griego Teofrasto cita el **Oruzun** como una planta exótica desconocida para los griegos. Otros investigadores señalan en sus estudios una clasificación preliminar agronómica y alimenticia del arroz. Describen que su origen tuvo lugar en la región central del Sudoeste de Asia, fijan dos centros de origen que son: India y Birmania. Según los historiadores, entre los griegos y romanos, el arroz se consideraba como una especia exótica de lujo que se traía desde el Oriente, útil solamente para las personas más ricas de la sociedad. Ellos veneraban el cereal

sobre todo por las propiedades del agua de arroz. En la época de Nerón, el médico griego Dioscórides describe este cultivo como un medicamento muy eficaz para los problemas intestinales. Por su parte, los latinos Horacio, Plinio y Columella recomiendan su uso como tisana. Dicen que Alejandro Magno fue quien trasladó el cereal desde Oriente, como alimento. El caso es que en breve lapso, el arroz se propagó de la India y Sudeste de Asia a China; de aquí a Corea y luego a Japón en el siglo I a.n.e., y del Sur de China a Filipinas e Indonesia, África y parte superior de Europa. Los españoles afirman que seguramente los árabes, asentados en el reino del Al-Andalus, fueron los responsables de los primeros arrozales, y que probablemente entró el arroz a Italia por los árabes, alrededor del siglo IX d.n.e. Lo real es que era un artículo muy caro durante toda la Edad Media, en la que se consideraba un lujo propio de las personas más ricas de la población. Hoy día no se ha podido establecer con exactitud de donde vino cuándo llegó el arroz al hemisferio Occidental. Algunos afirman que Cristóbal Colón en su segundo viaje en 1493, trajo semillas pero no germinaron. El historiador Fray Pedro Simón, en 1561 afirma que en el valle del Magdalena en Colombia hubo siembras en 1580, en área de Mariquita (Tolima). En el municipio de Prado se cultivó hace 300 años y en 1778 lo introdujeron los Jesuitas a San Jerónimo (Antioquia). Otra de las zonas arroceras importantes, es la de los llanos, la cual inició su siembra a escala comercial hacia 1908 utilizando como mano de obra a los prisioneros de una colonia penal situada a 130 kilómetros de Bogotá, bajo la vigilancia del general Mariano Ospina Chaparro. A lomo de mula se transportó a Bogotá y en 1914 se instaló el primer molino de arroz con capacidad para 4 mil 800 kilos en 24 horas. En 1928 se remonta la historia del cultivo a la costa pacífica con siembras en el bajo Atrato. Los cultivos se intensificaron en área de los municipios de Armero, Venadillo, Alvarado y Mariquita en el Tolima, y Campoalegre en el Huila (Fedearroz)¹.

¹ Fedearroz. II Censo Nacional Arroceros, Bogotá, abril de 2000

2 - PRODUCCION DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Los eslabones involucrados en la Cadena de arroz son relativamente pocos: en primer lugar, se encuentra la producción agrícola de arroz, la cual se cosecha en forma de arroz paddy (cáscara) verde; en segundo lugar, el procesamiento industrial, el cual consiste en someter el paddy verde a un proceso de secamiento (paddy seco), el descascarillado (trilla), el pulimento para obtener arroz blanco apto para el consumo y algunos subproductos, y derivados tales como el arroz partido, la harina de arroz, el triturado de arroz, el afrecho de arroz, los grits de arroz; y, en tercer lugar encontramos los procesos de comercialización del arroz paddy y de arroz blanco y sus subproductos tanto nacional como importado.

La Cadena de valor del arroz, que en 2000 ascendió a US \$521 millones, se distribuyó aproximadamente de la siguiente manera: el 72% correspondió al valor del arroz paddy comprado por la Industria molinera en todo el país, el 7% a materias primas industriales, servicios públicos, etc., que la Industria transfiere en el proceso de producción, y el restante 21% es el valor agregado constituido por la molinería de arroz. Estos US \$521 millones representaron en el 2000 el 2% de la producción bruta nacional generada por la actividad industrial y el 7% de la producción bruta total del sector de Fabricación de productos alimenticios, excepto bebidas. En el 2001, los productos y subproductos finales creados por la molinería de arroz y que van al mercado en Colombia, se distribuyeron como se muestra en la Gráfica 2.



Grafica 1

Cadena de valor del arroz en Colombia

FUENTE: EAM-DANE



Grafica 2

Distribución de bienes producidos por la industria trilladora y pulidora en Colombia

FUENTE: EAM-DANE

2.1 - Importancia económica y social del arroz

En el año 2003, el arroz en Colombia se cultivó en 498.486 hectáreas (Ha.) que rindieron 2.543.161 toneladas métricas (Tm.) de paddy y aproximadamente 1.729.349 Tm. de arroz blanco². El arroz es el tercer producto agrícola en extensión, después del café y el maíz. Representa el 13% del área cosechada en Colombia y el 30% de los cultivos transitorios. Su producción representa el 6% del valor de la producción agropecuaria y el 10% de la actividad agrícola Colombiana. El valor generado por este producto es equivalente al 53% del valor constituido por el cultivo del café. La mayor parte de la capacidad instalada de la molinería de arroz de Colombia tiene un desarrollo tecnológico avanzado (en molienda y secado) si lo comparamos con los estándares tecnológicos registrados por Estados Unidos, Brasil, Uruguay y Venezuela. Además, esta actividad presenta una dinámica interna muy destacable, creciendo a ritmos superiores a los registrados por la Industria Alimentaria del país y de la Industria Manufacturera Nacional.

² Observatorio Agroacadenas De Colombia, Marzo 2005

La industria arroceras colombiana produce 400'000 toneladas 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. El proceso productivo por medio del cual se obtiene la cascarilla de arroz se muestra en el Diagrama 1 (Elaborado Observatorio Agro cadenas 2005).

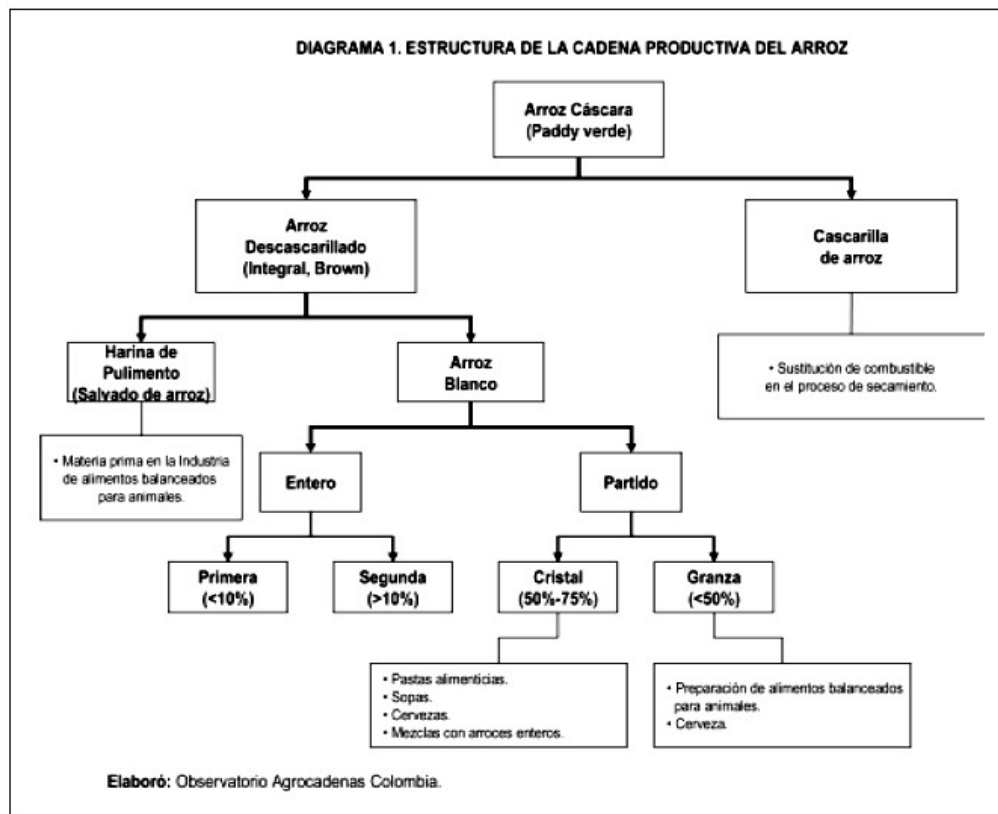


Diagrama 1
Estructura de la cadena productiva del arroz
Fuente: Observatorio Agro cadenas

2.2 - Unidades de Producción

El II Censo Nacional Arrocero de 1999 identificó la existencia de 28.128 productores y 33.435 unidades productoras de arroz (UPA). El área promedio de cada unidad productiva fue de 11 Ha en 1999 que significa una reducción con respecto al observado en el año 1988 cuando el área promedio fue de 14 Ha. Estas cifras contrastan con las registradas en otros países donde el área promedio es de 113 Ha en Estados Unidos y 197 en Uruguay, en el año 1995. Se puede afirmar que el arroz en Colombia se cosecha en pequeñas explotaciones. No obstante, hay que tener en cuenta que el 67% de la producción y el 63% del área está sembrada en extensiones ubicadas entre 10 y 200 hectáreas. Durante el primer semestre del año 1999, 27.601 unidades productivas se destinaron a la siembra del arroz y en el segundo semestre 18.392 unidades. El bajo Cauca es la zona que mayor número de unidades presenta, participando durante el primer semestre con el 56% del total, seguida por el Centro (23%) y los Llanos (11%). Los Departamentos con mayor número de unidades dedicadas a la producción de arroz son Sucre (6.859 UPA), Tolima (4.951), Chocó (4.693) y Bolívar (4.239), que representan en conjunto el 62% de las UPA del país.

Al comparar los resultados del II y III Censo arrocero realizado en 1999 y 2007 respectivamente que el área sembrada en arroz mecanizado disminuyó en 84.342 hectáreas al pasar de 468.032 en el año 1.999 a 383.690 en el 2.007, la disminución se presentó en los dos sistemas de arroz mecanizado (riego y Secano); el área promedio por UPA se mantuvo alrededor de las 17 hectáreas (17.1ha – 17.4ha). Sin embargo, la productividad en los mismos sistemas (riego+secano), se incremento en más de media tonelada por hectárea.

2.3 - Área sembrada

El área cosechada de arroz presenta desde 1991 una tendencia ascendente, aunque con una leve desaceleración en el último año. Mientras en 1991 se cultivaron 435.100 Ha, en el 2002 se cosecharon 468.906 Ha, esto es un crecimiento promedio anual del 1,4%.

Si bien se registran áreas en arroz en casi todos los Departamentos, para el 2002 el 8% se concentra en 7 Departamentos, a saber, en orden de importancia: Tolima, Meta, Casanare, Norte de Santander, Huila, Sucre y Córdoba. Los dos primeros son los mayores cultivadores de arroz con el 21% y 19,4% de la superficie nacional de arroz cáscara.

Por otra parte, según el III Censo Arrocero 2007 se incremento el porcentaje de área sembrada por los arrendatarios al pasar de 56.8% al 64.5%, teniendo en cuenta que la zona donde mayor incremento se presento fue en los Llanos Orientales.

2.4 - Producción de Arroz paddy

La producción de arroz paddy en Colombia descendió entre 1991 y 1996, pero a partir del año siguiente se recuperó de tal manera que en el 2002 se obtuvo una producción de 2.347.917 Tm, cifra superior a la registrada en 1991. Este incremento más que proporcional al área cultivada se debió al mejoramiento en rendimientos obtenidos, que pasaron de 4 Tm/Ha en 1991 a 5 Tm/Ha en el 2002. Aunque se registra producción de arroz paddy en casi todos los Departamentos, 7 concentran el 86% y tres, Tolima, Meta y Casanare, definen el 63% de la producción, con el 30%, 20% y 12% del total nacional, respectivamente. Estos tres principales productores presentan una tendencia ascendente, con tasas anuales de crecimiento de la producción durante la última década de 7,3%, 2,4% y 7,1%, respectivamente.

2.5 - Datos comparativos entre el II y III Censo Nacional Arrocero

Según el III Censo Nacional Arrocero³, el total de unidades productoras de arroz para el primer semestre del año, se catalogan de acuerdo con los sistemas de producción así: 12.821(66.7%) unidades productoras de arroz mecanizado (riego y secano mecanizado), y 6.399 (33.3%) UPA de arroz secano manual; mientras que del área cultivada en el primer semestre, 223.353 (95,6%) hectáreas corresponden al sistema de cultivo mecanizado (riego y secano mecanizado) y 10.192 (4,4%) hectáreas al sistema de cultivo secano manual. (VER MAPAS ANEXO 1)

Los rendimientos del cultivo del arroz mecanizado en Colombia se observa una diversidad en función de las zonas productoras, de los sistemas de producción y del tamaño de las explotaciones. Los valores fluctúan para el primer semestre del 2007, entre 7,9 tn/ha, promedio de arroz riego en la zona Centro (Tolima) y 4.8 t/ha promedio en la zona del Bajo Cauca, donde predomina el secano mecanizado.

En el sistema de riego para la Zona Centro en el primer semestre se registró, en promedio 7.9 tn/ha, mientras que en el Bajo Cauca se obtuvo 5.4 tn/ha. En secano mecanizado, sistema predominante en las zonas de los Llanos Orientales y Bajo Cauca, los rendimientos para el primer semestre del 2007 fueron 5.5 ton/ ha y 4.7tn/ha, respectivamente.

Con respecto al rendimiento del primer semestre por zonas, en arroz mecanizado, la mayor productividad se presentó en la Zona Centro con 7,9 tn/ha, derivado del sistema de producción de arroz riego. Por su parte el rendimiento de la Zona de los Llanos fue de 5,5 tn/ha (riego y secano mecanizado), en Santanderes fue de 6,4 tn/ha (riego), en la Costa Norte de 6,2 tn/ha (riego), mientras que la Zona del Bajo Cauca el rendimiento fue de 4,8 tn/ha (riego y secano mecanizado).

³ Resultados Del III Censo Nacional Arrocero Colombia 2007. [Http://www.fedearroz.com.co/index.html](http://www.fedearroz.com.co/index.html)
Consultado agosto 9 2008

Los resultados en términos de zonas arroceras, indican que la primacía en el área anual de arroz mecanizado, la tienen la Zona Centro con 38.2% y Llanos con 37.2%. En la producción la Zona Centro ostenta igualmente la mayor participación, en el total nacional anual, con el 46.6%.

Los resultados indican que el 68.2% de las UPA (Unidades Productoras de Arroz) registradas en el primer semestre para todo el país son menores de 10 hectáreas, y el 24.7% son UPA con áreas comprendidas entre 10 y 50 hectáreas, para el mismo periodo de análisis. Estos dos resultados en conjunto representan el 92.9% de las Unidades Productoras de Arroz, el 48.8% del área cultivada en el mismo periodo y el 50.77% de la producción. Lo anterior conlleva a que el área promedio de las UPA cultivadas en arroz fuera de 17.4 hectáreas a nivel nacional en el primer semestre del año.

El número de productores de arroz mecanizado en 2007⁴, año de referencia para el III Censo Nacional Arrocero, fue de 12.414 y el número de unidades productoras de arroz (UPA), fue de 17.352. En dicho año se cultivaron en arroz mecanizado, 383.690 hectáreas y se obtuvo una producción estimada de 2.437.909 toneladas de arroz paddy verde, correspondiendo a un rendimiento de 6.4 ton/ha, a nivel nacional para el año 2007.

3- RIQUEZA ENERGETICA Y NUTRICIONAL

3.1 - Descripción de la Cascarilla de Arroz

La planta de arroz, científicamente denominada ***Orizac sativa*** y perteneciente a la familia de las gramíneas, está constituida por cuatro componentes principales: a) el germen, la parte más rica en nutrientes, ácidos grasos, aminoácidos y enzimas, y que se constituye en la parte germinal que da lugar al crecimiento del grano; b) el endospermo, que representa alrededor del 70% del volumen del grano y

⁴ Ibídem 3

constituye al final del proceso el producto denominado arroz blanco; c) la cutícula o polvillo, el cual alcanza un 6.8% en volumen en el grano de arroz, utilizado como alimento para animales por su alto contenido de grasas y d) la cáscara o pajilla, que constituye aproximadamente 20% en peso del grano y que es separado en el proceso de pilado formándose verdaderas montañas de cascarilla al costado de los molinos, lo que ocasiona problemas de espacio por la acumulación de este desecho (Gutiérrez R., 1998).

Normalmente, la cascarilla se incinera para reducir su volumen generando humos contaminantes. Como combustible genera calor, debido a su valor calorífico aproximadamente 16720 kJ/kg), y la ceniza resultante contiene un porcentaje en sílice superior al 90%, lo cual la hace una potencial fuente de sílice. Las principales impurezas que contiene esta sílice son: calcio, potasio, magnesio y manganeso y como secundarias aluminio, hierro (10-20ppm), boro y fósforo. (1-40 ppm) (Rodríguez, J.E. *et al.*, 1992).

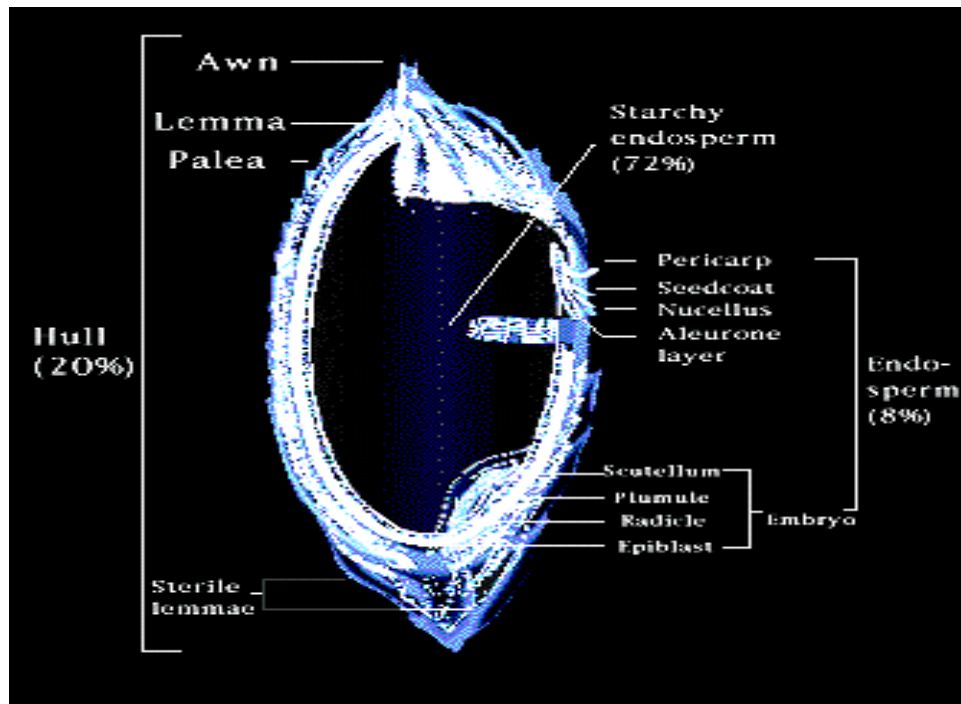


FIGURA 1: GRANO DE ARROZ.

HULL: Cáscara o vaina del arroz

AWN: Ápice del grano

LEMMA PALEA: capa opaca

EMBRIO: germen del arroz

FUENTE: Tomada de la Página web de [la](#) empresa Tsuno Inc.

Como se puede apreciar el grano de arroz presenta diferentes estructuras de protección como lo son la cascarilla o cáscara la cual mantiene al grano en una condición de impermeabilidad y termo estabilidad, además de poco contacto con el aire que pueda provocar la degradación de los componentes internos.

Seguido de esta cascarilla se encuentran varias capas entre las cuales se puede ver el pericarpio, una cubierta de semilla, el nucelio y la aleurona. Dichas capas y la parte del embrión o germen, constituyen lo que conocemos como salvado de arroz.

Examinando con detalle la figura 1, el 72% del grano esta representado por el endospermo almidonoso, el 20% es cascarilla y el restante 8% es el pericarpio o salvado de arroz.

Es una fibra corta que recubre naturalmente el grano para protegerlo del ambiente. Su longitud varía entre 5 y 11 mm según la especie considerada, es de estructura ondulada y apariencia superficial irregular. Tiene propiedades altamente abrasivas, 6 en la escala Mohs en estado natural. Su estructura presenta un volumen poroso del 54%, cavidades que permanecerán cerradas en tanto no se someta a un proceso de combustión, su coeficiente de conductividad térmica permite presumir su utilidad como componente principal de sistemas de aislamiento térmico, tal y como se puede apreciar según una comparación de la conductividad térmica de la cascarilla de arroz y algunos aislantes comerciales:

Material K	(W/m*k)
Lana mineral	0.0303
Poli estireno expandido	0.0330
Cascarilla de arroz	0.0360
Fibra de vidrio	0.0380
Corcho aglomerado	0.0450

Tabla 1 Conductividad térmica

FUENTE: Estudio de la variación en la conductividad térmica de la Cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales
Carolina Giovanna Cadena, Antonio José Bula Silvera

ELEMENTOS O COMPUESTOS	PORCENTAJE O PPM
Sílice (Sio2)	10- 12%
Cenizas	12-13 %
Boro	4-10 Ppm
Cobre	3-5 Ppm
Manganeso	200-800 Ppm
Hierro	200-400 Ppm
Azufre	0,12-0,14 %
Magnesio	0,10-0,12 %
Calcio	0,10-0,15 %
Potasio	0,20-0,40 %
Fósforo	0,08-0,10 %
Retención De Humedad	0,10-0,12 L/L
Nitrógeno	0,50-0,60 %
Cap. Intercambio Catiónico	2-3 %
Densidad A Granel	0,12-0,13 G/MI
Zinc	15-30 Ppm

TABLA 2
Composición química de la cascarilla de arroz

La combustión directa de la cáscara de arroz tiene sus limitaciones debido al bajo poder calorífico del material de partida (entorno a 13000 kJ/kg), su carácter

abrasivo y su inherente resistencia a la combustión. Además, habitualmente no hay un uso para todo el calor producido en el entorno de las instalaciones de procesamiento de arroz, por lo que siempre habrá un excedente desaprovechado. A lo expuesto se deben añadir los problemas inherentes a la combustión en cuanto a emisiones a la atmósfera se refiere. Si se tiene la intención de generar energía eléctrica a partir de su combustión mediante un ciclo de vapor (ciclo de Rankine) la eficiencia global de la conversión de la energía contenida en la cascarilla del arroz será muy baja. Además el coste de la instalación necesaria para este proceso es elevado. Estas razones desaconsejan económicamente su aprovechamiento eléctrico, pero no invalidan su uso. Existen casos, que demuestran su posibilidad de aplicación y viabilidad, en los que se utiliza, por ejemplo, como combustible en calderas. Las fibras vegetales presentan ventajas productivas (disponibilidad, bajos costos de adquisición y facilidad de procesamiento), físicas (baja densidad, características de aislamiento y resistencia estructural, entre otras), bioquímicas (inocuidad, biodegradabilidad), entre otras. Las ventajas productivas, físicos térmicos, ambientales y bioquímicas de las fibras naturales propician su utilización como una alternativa para impulsar el uso racional de los recursos naturales y la preservación ambiental.

Esta fibra presenta un comportamiento ignífugo, es decir que no inicia fácilmente la combustión y no produce llama mientras se quema. Es probable que este aspecto, así como su alta estabilidad bioquímica, se deba a que es la fibra vegetal con mayor contenido de minerales, así como también a su alta concentración de silicio (90 al 97% SiO). La transformación de las propiedades físico-químicas de la cáscara comienza por encima de los 750°C, lo cual le garantiza un amplio rango de estabilidad térmica.

4 PROBLEMAS GENERADAS POR LA DISPOSICION INADECUADA DE LA CASCARILLA DE ARROZ.

Las principales causas del deterioro ambiental en Colombia son, entre otras:

- a) las condiciones de libre acceso a los recursos naturales, que ha llevado a tasas de extracción superiores a las socialmente deseables.
- b) la ausencia de mecanismos que permitan cobrar por el deterioro ambiental.
- c) la ausencia de estrategias efectivas para el control de la contaminación.
- d) la existencia de situaciones sociales que inducen a este deterioro, dentro de las cuales se encuentra la pobreza y los bajos niveles educativos de gran parte de la población colombiana, que conllevan al consumo insostenible de los recursos naturales por diversas razones, incluyendo tendencias de consumo poco sostenibles.
- e) el desconocimiento tanto del sector público como del privado de las tecnologías y los métodos más apropiados para prevenir y disminuir la contaminación.
- f) la conciencia ambiental en el país sobre la importancia de la conservación de los recursos naturales, es muy reciente.

En el caso de los sectores productivos, la contaminación ambiental se produce por el desarrollo de sus diferentes actividades, que generan efectos ambientales negativos por el uso insostenible de materias primas y recursos naturales como insumo para sus procesos de producción y operación, por la utilización del medio ambiente como receptor de sus descargas contaminantes (residuos, emisiones y vertimientos), y en la fase de post consumo de los bienes y servicios, principalmente. Estos efectos imponen costos a otros agentes del sistema económico que no son compensados, generando pérdidas de bienestar.

- Contaminación Hídrica: La contaminación hídrica en Colombia proviene principalmente de las actividades industriales, domésticas y agropecuarias, además del aporte de residuos de las explotaciones mineras y de sitios de disposición final de residuos.
- Contaminación Atmosférica: Es generada por fuentes móviles y fijas que aportan partículas suspendidas y gases, entre ellos óxidos de nitrógeno y azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono, e hidrocarburos.

- Contaminación por residuos: Las cifras más recientes sobre residuos sólidos en el país, muestran que se producen cerca de 18.000 toneladas diarias, de las cuales 14.000 toneladas son de origen doméstico.

Para el caso de la industria molinera, el impacto ambiental es bastante alto, pues ésta genera grandes cantidades de cascarilla de arroz (82 Ton/día), es un residuo que actualmente es manejado inadecuadamente, porque es dispuesto en botadores de basura a cielo abierto, se presenta incineración y quema indiscriminada del mismo residuo afectando así el suelo, el paisaje y el recurso aire. Hasta el momento, no existe una alternativa que permita su adecuado manejo o su inclusión en un proceso industrial productivo que asegure el uso masivo del residuo para un producto factible de ser comercializado. Se convierte así la disposición final de la cascarilla de arroz en otro de los factores que alteran el ecosistema y el medio ambiente en nuestro territorio.

Analizando el entorno regional y de lo consignado en el *Informe de Empalme del Departamento de Sucre 2001-2003 Más Cerca d la Gente Una Agenda Para Lo Social* las actividades de cultivos de arroz, sorgo y pastos (pesticidas, abonos, herbicidas, etc.); con la pésima disposición de residuos sólidos y vertimiento de aguas servidas a los cuerpos de agua, que debido a la casi nula infraestructura de servicios básicos existente en los centros urbanos de la región, contribuye a desarrollar focos de contaminación que restringen el uso de las fuentes de agua para actividades de contacto primario y secundario. Aunque el nivel de industrialización en la región es casi nulo, se dan algunos procesos semindustriales obsoletos, poco eficientes y altamente contaminantes, tal es el caso de los molinos arroceros, los cuales provocan la contaminación de los cuerpos de agua y del suelo al verter los residuos del proceso de trillado del arroz (cascarilla) a campo abierto o directamente sobre los ríos, caños o ciénagas, contaminando también el aire por emisión de partículas que producen afecciones respiratorias y de la piel, especialmente en la población infantil .de igual forma el acuífero de la zona de morroa se ve afectado por que la contaminación generada por la cascarilla de arroz en las aguas superficiales que influyen en el marco

geográfico del acuífero(arroyo grande de corozal entre otros) lo que disminuye el recurso hidrobiológico, por el consumo directo de oxígeno disuelto en el proceso de biodegradación y proceso de sedimentación(Donado, garzón)⁵.

5 - ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO

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_2), 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.

Además de contener un bajo contenido de celulosa (40% aproximadamente), 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 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.

⁵ Donado garzón, Leonardo, modelo hidrogeológico conceptual de la zona de recarga del acuífero de morroa (departamentos de sucre y Córdoba), Bogotá, 2002.

5.1- Usos potenciales para su aprovechamiento a nivel de Latinoamérica

Los estudios en Latinoamérica se 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

A continuación se expondrá en forma breve cada uno de los usos haciendo énfasis en el país de origen los grupos investigadores y la aplicación en la generación de combustible y el uso constructivo que son áreas de importancia dentro del proceso que conduzca al aprovechamiento de recursos como sustituto de otros que poco a poco se agotan (combustibles, maderas) o encarecen las construcciones (cementó, ladrillos).

5.1.1- Combustible alternativo en el Perú por Estela Assureira

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, 2004⁶). En algunos países se han realizado estudios que presentan las posibilidades del uso de la cascarilla de arroz como combustible alternativo para uso doméstico.

Por las características fisicoquímicas la cascarilla resulta poco biodegradable y se convierte en un desecho altamente contaminante en especial para las fuentes de agua. El peso y volumen de la cascarilla ocasionan elevados costos de

⁶ Assureira, E. 2002. Combustible alternativo: La cascarilla de arroz

almacenamiento y de transporte para la industria arrocera. Pero, además, por ser poco digestible, su uso en la elaboración de alimentos concentrados para animales, es restringido. Estos inconvenientes, sumados a la necesidad de ahorrar combustible, y el interés por aumentar la productividad, han orientado la búsqueda de un método de utilización de la cascarilla de arroz acorde con el medio ambiente. La cascarilla de arroz es un tejido vegetal constituido por celulosa y sílice, elementos que ayudan a mejorar los rendimientos como combustible. Además el residuo obtenido después de quemarla, puede ser utilizado en la fabricación de cementos. El uso de la cascarilla de arroz como combustible representa un aporte significativo a la preservación de los recursos naturales y un avance en el desarrollo de tecnologías limpias y económicas.

Como parte del proceso agroindustrial, el arroz producido en el país es procesado por 471 molinos, de los cuales el 70% se encuentra localizado en el norte. La cascarilla de arroz generada en el proceso de molienda representa el 20% en peso del arroz cáscara. Actualmente, sólo el 5% de la cascarilla de arroz es usado como combustible para hornos de secado de ladrillos en el departamento de Piura, el resto es quemado o arrojado a los ríos aledaños.

El poder calorífico de la cascarilla de arroz es similar al de la madera y al de otros residuos agrícolas. Sin embargo, su densidad es de aproximadamente 110 kg./m³ y este pequeño valor produce dificultades en su almacenamiento e incrementa el costo de su transporte. En todo caso, anualmente se generan 380,000 TM de cascarilla de arroz y esta cantidad equivale a 120000 TEP (Tonelada equivalente de petróleo) por año de energía que está disponible y es desperdiciada. Se ha estimado que el 60% de esa cantidad podría ser fácilmente utilizada ya que se tiene como ventaja su concentración y la cercanía con los potenciales usuarios.

5.1.1.1 Briquetas de Cascarilla de Arroz

El Briqueteado es una tecnología de aumento de tamaño, en el que con la cascarilla de arroz reducida a polvo se fabrican briquetas [pequeños “ladrillos”

producto de un proceso de prensado en moldes] de diferentes formas y tamaños. La densificación del producto generalmente es obtenida por compresión mecánica. En los procesos de briqueteado seco es necesario contar con altas presiones de compactación. En tal caso no es necesario el uso de aglomerantes, pero este proceso es caro y recomendado sólo para altos niveles de producción. Por otro lado, el proceso de briqueteado húmedo requiere bajas o menores presiones de trabajo, pero se hace necesario usar una sustancia aglomerante.

También se fabricaron briquetas cilíndricas por compresión mecánica usando diversas sustancias aglomerantes como por ejemplo la arcilla, bentonita o almidón de yuca. El uso de aglomerante nos permitió reducir la presión de trabajo.

Los niveles de producción de las briquetas son bajos y las habilidades necesarias para operar el equipo son fáciles de desarrollar. Adicionalmente, los aglomerantes seleccionados están disponibles en el mercado, no son caros y poseen una fuerte capacidad de aglomeración. El proceso comienza con la conversión de la cascarilla de arroz en un polvo fino, mediante su molienda en un molino de martillos. Luego se mezcla el polvo fino con agua y una sustancia aglomerante. La mezcla pastosa formada es puesta en una prensa briqueteadora.

Finalmente la briqueta necesita ser secada para reducir el contenido de agua. El secado puede realizarse al aire libre o en un secador eléctrico.



Figura 2 Combustible Alternativo. Cascarillas de Arroz luego del proceso de Briqueteado. (Assureira, 2004)

5.2- Otras utilidades de la Cascarilla de Arroz

De acuerdo a sus características físico – químicas en China por ejemplo, por tratarse de un material orgánico, la utilizan para regenerar las tierras de cultivos a través de compostas (abono); en México por sus características físicas la emplean en granjas avícolas generado camas donde se engorda a los pollos.

Debido a la poca atención que se le da a la cascarilla de arroz para poder aplicarla y otorgarle un valor agregado apropiado, no se le ha dado un uso final provechoso, aunque algunos países le den ciertas aplicaciones. Es importante mencionar que ninguna de las alternativas de uso señaladas anteriormente demanda la producción total de cascarilla de arroz que se genera en el mundo (Salgado, 2005)⁷.

5.3 Usos de importancia en Construcciones en México

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. Tolerar mas que el aglomerado de madera: si se pone aglomerado en agua, se hincha; este no, y tampoco genera hongos porque está 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.

⁷ Salgado, R. 2005. Cascarilla de arroz: un excelente sustituto de la madera

De hecho se podría incluso importar a Puerto Rico, prácticamente sin costo, puesto que 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 UNAM⁸:

“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.

En palabras del investigador la idea nace de la siguiente manera “Hace casi 15 años, un estudiante de Zacatepec me llevó una muestra de un material que parecía mineral y había sido extraído del estómago de una vaca. Al analizarlo nos dimos cuenta que se trataba de dióxido de silicio, algo muy extraño en un alimento. Alguien había molido cascarilla de arroz y la había dado como alimento a la vaca. De ahí surgió el interés por saber cómo una planta produce un material cerámico de forma natural”, explica Castaño, quien encabeza un grupo científico integrado por Susana Vargas, Miriam Estévez, Rogelio Rodríguez, Alberto Álvarez

⁸ Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA) de la UNAM enero 2007

y René Salgado. Actualmente la separación de la cascarilla (entre el 10 y el 20 por ciento del arroz según la especie) se realiza mecánicamente y, aunque la mayor parte se desperdicia, tiene usos limitados como relleno sanitario y “camas” para granjas de pollos.

5.3.1 Ventajas múltiples

Entre las principales características del aglomerado, el físico destaca que no se corroe y es resistente al fuego y los ácidos, tiene buenas propiedades mecánicas y de estabilidad, lo que garantiza su versatilidad para utilizarse en moldes y formar productos tan diversos como muebles, señalizaciones de carreteras y paneles para cines, auditorios o edificios de grandes dimensiones.

Desarrollado con tecnologías propias y probado con diferentes tipos de resinas (hechas a base de moléculas de gran tamaño llamadas polímeros, como las que forman los plásticos) que conceden mayor flexibilidad o dureza según se requiera; el aglomerado está formado en un 85 por ciento de cascarilla de arroz y 15 por ciento de resina comercial, cuya función es aglutinar al dióxido de silicio.

El material también aísla el ruido y el calor, por lo que puede utilizarse como sustituto del corcho en cabinas radiofónicas y de grabación; además, posee una alta resistencia mecánica, dice Castaño⁹.

La fabricación del aglomerado es semejante a la del conglomerado de madera. “Sólo que utilizamos diferentes resinas poliméricas de nuestra invención y agregamos a la recolección, molido y mezclado con la resina un proceso de funcionalización química de la cascarilla, antes de hacer el moldeado”, detalla el físico. Actualmente los expertos del CFATA cuentan con prototipos de puertas, pisos y marcos para ventanas, además de que han realizado exitosas pruebas en sistemas de colado para probar su alta resistencia para soportar grandes columnas en la construcción de edificios.”

⁹ Ibídem 8

5.4 La Cascarilla como sustrato en proyectos de Cultivos Hidropónicos en Perú.

En la ciudad de Iquitos, selva peruana existen varios proyectos hidropónicos en hortalizas, llevado a cabo por la Universidad Agraria La Molina. El motivo por el cual se lleva a cabo el proyecto es por el alto costo de las hortalizas en la zona, ya que se transportan por avión. Hasta el momento el proyecto ha resultado viable debido a que se utilizan sustratos que se encuentran disponibles en la zona, como la cascarilla de arroz, que han comprobado que proporciona una buena aireación del sistema radicular. Han experimentado con unas proporciones de 50% arena y 50% de cascarilla de arroz para realizar el sustrato de los cultivos hidropónicos de hortalizas¹⁰

5.5 Gasificación

Gasificar es hacer reaccionar la materia combustible a una temperatura mayor que 700 °C, oxidándose parcialmente en una atmósfera en defecto de oxígeno; que contenga menos del necesario para llevar a cabo la combustión completa, obteniéndose el “gas de síntesis” compuesto principalmente por monóxido de carbono e hidrógeno. El paso de los residuos del arroz al gas de síntesis pasa por dos etapas: la gasificación y el tratamiento de los gases. Las reacciones de gasificación se producen en el gasificador. Existen diferentes tipos de gasificadores según sean de lecho móvil o fluidificado, de corrientes paralelas o contracorriente, etc. El equipo incluye el sistema de dosificación de la biomasa, así como los dispositivos de extracción de las cenizas. Cuando gasificamos desechos de la producción del arroz debemos controlar la temperatura de operación por debajo de 800 °C con el objetivo de recuperar materiales silíceos amorfos. Se ha observado que a más altas temperaturas se produce un cambio estructural de los materiales silíceos que resulta en un encapsulamiento del carbono impidiéndose su reacción. El gas de síntesis producido en la gasificación sale caliente y contiene alquitranes, partículas y hollín que deben ser eliminados para alcanzar una calidad

¹⁰ Red Hidroponía, UALM, 2004.

en el producto que garantice su uso posterior. Las posibilidades para segregar partículas de la corriente gaseosa dependen de la temperatura de los gases; se pueden usar ciclones de alta eficacia, precipitadores electrostáticos, filtros de mangas o filtros de lecho granulado. Para reducir la temperatura de los gases es posible utilizar intercambiadores de calor. Los alquitranes y el agua que haya podido condensar al bajar la temperatura se separan gracias al uso de “scrubbers”. Con el objetivo de reducir la producción de alquitranes, aquéllos separados en la limpieza de los gases son recirculados al gasificador. Al final de estas etapas disponemos de un gas de síntesis o “syngas.” compuesto por CO y H₂ en un porcentaje entre 55 y 70% susceptible de ser utilizado como materia prima de algunos procesos. El proceso de gasificación de la cáscara del arroz puede ser térmicamente autosuficiente.

5.5.1 Usos del Gas de síntesis

En la gasificación de la cáscara del arroz se convierte un combustible sólido en uno gaseoso, que tiene varias posibilidades de aprovechamiento: Puede quemarse en quemadores de calderas o secaderos para la producción de energía térmica. Con un adecuado tratamiento el gas de síntesis es un combustible apto para motores o turbinas de gas, equipos generalmente empleados para la producción de energía térmica y eléctrica. Cuando la potencia instalada en motores o turbinas es suficientemente alta, existe la posibilidad de aprovechar los gases de escape en un ciclo combinado. En cuanto al rendimiento en la generación de energía eléctrica, hay mucha variabilidad de datos, pero puede considerarse que para generar 1 Kwh. es necesario emplear 2,8 kg de cascarilla de arroz. El gas de síntesis puede también utilizarse como materia prima para la obtención de gases técnicos (CO_2 , H_2 , CO) origen de la producción de compuestos como el metanol o el amoníaco. El hidrógeno que puede obtenerse del syngas tiene una posible aplicación energética muy interesante en las pilas de combustible. De todos los usos mencionados, conviene distinguir entre

aplicaciones “industriales” con resultados probados y parámetros de operación conocidos y aplicaciones que todavía están en fase “de demostración”.

5.6 Contribución de la biomasa no cañera a la generación de energía eléctrica en Cuba, por Dr. Alfredo Curbelo y colaboradores

El aprovechamiento de residuos agroindustriales permite generalmente la solución de problemas de contaminación ambiental y la disminución de los costos de la producción principal. En la mayoría de los casos la potencia eléctrica que se puede instalar es de unos pocos megawatt por lo que la utilización de plantas térmicas es muy costosa debido al factor de escala, es por este motivo que el sistema gasificado de biomasa-motor de combustión interna es la tecnología más adecuada en este caso. La principal dificultad en su explotación es la presencia de resinas en el gas combustible producido, lo que exige un eficiente sistema de limpieza que disminuye la eficiencia energética del sistema. Este problema puede ser evitado mediante el uso de gasificadores en lecho fluidizado, ya que en los mismos, por su alta temperatura de trabajo, se produce el craqueo térmico de las resinas. Existen trabajos sobre el uso de catalizadores para lograr el craqueo catalítico de las mismas. Se acepta que con estos sistemas se pueden lograr eficiencias del orden del 20-25% en la generación de electricidad.

En el caso de la industria arrocera, el procesamiento industrial consiste básicamente en su secado y posterior molinado. En Cuba los gastos energéticos para procesar una tonelada de arroz son de 34 Kwh. en el molinado y 20 Kwh. y 14 kg de fuel oil en el proceso de secado. A la vez se producen 0,22 t de cáscara de arroz que son equivalentes a 73 kg de combustible equivalente.

Se elaboró así, a partir de la investigación de Curbelo¹¹ un proyecto que consiste en satisfacer estas demandas energéticas utilizando como fuente de energía la cáscara de arroz, que permita aprovechar las cenizas de su combustión. La

¹¹ Contribución de la biomasa no cañera a la generación de electricidad en Cuba, Alonso Curbelo

eliminación del consumo del fuel oil en el secado se realiza por medio de un horno en lecho fluidizado. Este horno es diseñado a partir de resultados obtenidos a nivel de planta piloto en el país y alcanza una eficiencia de la combustión de un 95%. En el calentamiento del aire para el secado se asume una eficiencia térmica del 80%. En este proceso se utilizaría el 22% de la cáscara de arroz producida.

5.7 Uso de la Cascarilla de Arroz en la producción de plantas ornamentales florecedoras en Puerto Rico Por Ana Ruth Lizbeth Sandoval Lemus

En la realización de este estudio con la participación de Sandoval¹² 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, fué 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 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.

¹² Sandoval Lemus, Ana Ruth. 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 .2007

6 LEGISLACION Y POLITICAS AMBIENTALES VIGENTES EN COLOMBIA ACERCA DE LA DISPOSICION DE RESIDUOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD AGROINDUSTRIAL.

La Constitución Política de Colombia¹³, vigente desde 1991, acoge la protección y defensa del medio ambiente desde varios puntos de vista. En primer lugar, como una obligaciones cabeza del Estado y de los particulares; en segundo lugar, como un derecho y un deber colectivo; en tercer lugar, como un factor determinante del modelo económico que se debe adoptar y, por último, como una limitación al ejercicio pleno de los derechos.

Dentro del amplio espectro de temas que guardan relación con una problemática de tanta actualidad como la protección del medio ambiente, la gestión de los residuos sólidos ocupa un lugar principal dentro de la gestión ambiental. Esta gestión integrada es el término aplicado a todas las actividades asociadas con el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad; y su meta básica es administrar los residuos de una forma que sea compatible con el medio ambiente y la salud pública.

6.1- Normatividad Constitucional y legal

Realizando una revisión de la constitución política de Colombia en lo referente a las directrices y contenido ambiental se encuentra lo siguiente:

El preámbulo:

“El pueblo de Colombia en ejercicio de su poder soberano, representado por sus delegatarios a la asamblea nacional constituyente, invocando la protección de dios, y con el fin de fortalecer la unidad de la nación y asegurar a sus integrantes

¹³ Constitución Política De Colombia Consultada Google, Octubre 5 2008

la vida, la convivencia, el trabajo, la justicia, la igualdad, el conocimiento, la libertad y la paz, dentro de un marco jurídico, democrático y participativo que garantice un orden político, económico y social justo, y comprometido a impulsar la integración de la comunidad latinoamericana decreta, sanciona y promulga la siguiente..”

Artículo 2 Fines del estado: Son fines esenciales del Estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución; facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación; defender la independencia nacional, mantener la integridad territorial y asegurar la convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo.

Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias, y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares.

Artículo 8 Obligación de proteger las riquezas de la Nación: Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación

Artículo 49 saneamiento ambiental: La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud.

Corresponde al Estado organizar, dirigir y reglamentar la prestación de servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad. También, establecer las políticas para la prestación de servicios de salud por entidades privadas, y ejercer su vigilancia y control. Así mismo, establecer las competencias de la Nación, las entidades territoriales y los particulares y determinar los aportes a su cargo en los términos y condiciones señalados en la ley.

Los servicios de salud se organizarán en forma descentralizada, por niveles de atención y con participación de la comunidad.

La ley señalará los términos en los cuales la atención básica para todos los habitantes será gratuita y obligatoria.

Toda persona tiene el deber de procurar el cuidado integral de su salud y la de su comunidad.

Artículo 58 Función ecológica de la propiedad: Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores. Cuando de la aplicación de una ley expedida por motivo de utilidad pública o interés social, resultaren en conflicto los derechos de los particulares con la necesidad por ella reconocida, el interés privado deberá ceder al interés público o social.

La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica.

El Estado protegerá y promoverá las formas asociativas y solidarias de propiedad. Por motivos de utilidad pública o de interés social definidos por el legislador, podrá haber expropiación mediante sentencia judicial e indemnización previa. Esta se fijará consultando los intereses de la comunidad y del afectado. En los casos que determine el legislador, dicha expropiación podrá adelantarse por vía administrativa, sujeta a posterior acción contenciosa administrativa, incluso respecto del precio.

Con todo, el legislador, por razones de equidad, podrá determinar los casos en que no haya lugar al pago de indemnización, mediante el voto favorable de la mayoría absoluta de los miembros de una y otra Cámara. Las razones de equidad, así como los motivos de utilidad pública o de interés social, invocados por el legislador, no serán controvertibles judicialmente.

Artículo 63 bienes de uso público: Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.

Artículo 67 Educación ambiental: La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social: con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura.

La educación formara al colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente.

El Estado, la sociedad y la familia son responsables de la educación, que será obligatoria entre los cinco y los quince años de edad y que comprenderá como mínimo, un año de preescolar y nueve de educación básica.

La educación será gratuita en las instituciones del Estado, sin perjuicio del cobro de derechos académicos a quienes puedan sufragarlos.

Corresponde al Estado regular y ejercer la suprema inspección y vigilancia de la educación con el fin de velar por su calidad, por el cumplimiento de sus fines y por la mejor formación moral, intelectual y física de los educandos; garantizar el adecuado cubrimiento del servicio y asegurar a los menores las condiciones necesarias para su acceso y permanencia en el sistema educativo.

La Nación y las entidades territoriales participarán en la dirección, financiación y administración de los servicios educativos estatales, en los términos que señalen la Constitución y la ley.

Artículo 79 Derecho a un ambiente sano: 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.

Artículo 80 Desarrollo sostenible: 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.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

Artículo 81 Armas químicas, biológicas y nucleares: Queda prohibida la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos.

El Estado regulará el ingreso al país y la salida de él de los recursos genéticos, y su utilización, de acuerdo con el interés nacional

Artículo 82 espacio público: Es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular.

Las entidades públicas participarán en la plusvalía que genere su acción urbanística y regularán la utilización del suelo y del espacio aéreo urbano en defensa del interés común.

Artículo 95 Deberes ambientales de los ciudadanos: La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades.

Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las leyes.

Son deberes de la persona y del ciudadano:

1. Respetar los derechos ajenos y no abusar de los propios;
2. Obrar conforme al principio de solidaridad social, respondiendo con acciones humanitarias ante situaciones que pongan en peligro la vida o la salud de las personas;
3. Respetar y apoyar a las autoridades democráticas legítimamente constituidas para mantener la independencia y la integridad nacionales;
4. Defender y difundir los derechos humanos como fundamento de la convivencia pacífica;

5. Participar en la vida política, cívica y comunitaria del país;
6. Propender al logro y mantenimiento de la paz;
7. Colaborar para el buen funcionamiento de la administración de la justicia;
8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano,
9. Contribuir al financiamiento de los gastos e inversiones del Estado dentro de conceptos de justicia y equidad.

Artículo 215: Cuando sobrevengan hechos distintos de los previstos en los artículos 212 y 213 que perturben o amenacen perturbar en forma grave e inminente el orden económico, social y ecológico del país, o que constituyan grave calamidad pública, podrá el Presidente, con la firma de todos los ministros, declarar el Estado de Emergencia por períodos hasta de treinta días en cada caso, que sumados no podrán exceder de noventa días en el año calendario.

Mediante tal declaración, que deberá ser motivada, podrá el Presidente, con la firma de todos los ministros, dictar decretos con fuerza de ley, destinados exclusivamente a conjurar la crisis y a impedir la extensión de sus efectos.

Estos decretos deberán referirse a materias que tengan relación directa y específica con el Estado de Emergencia, y podrán, en forma transitoria, establecer nuevos tributos o modificar los existentes. En estos últimos casos, las medidas dejarán de regir al término de la siguiente vigencia fiscal, salvo que el Congreso, durante el año siguiente, les otorgue carácter permanente.

El Gobierno, en el decreto que declare el Estado de Emergencia, señalará el término dentro del cual va a hacer uso de las facultades extraordinarias a que se refiere este artículo, y convocará al Congreso, si éste no se hallare reunido, para los diez días siguientes al vencimiento de dicho término.

El Congreso examinará hasta por un lapso de treinta días, prorrogable por acuerdo de las dos cámaras, el informe motivado que le presente el Gobierno sobre las causas que determinaron el Estado de Emergencia y las medidas adoptadas, y se pronunciará expresamente sobre la conveniencia y oportunidad de las mismas.

El Congreso, durante el año siguiente a la declaratoria de la emergencia, podrá derogar, modificar o adicionar los decretos a que se refiere este artículo, en aquellas materias que ordinariamente son de iniciativa del Gobierno. En relación con aquellas que son de iniciativa de sus miembros, el Congreso podrá ejercer dichas atribuciones en todo tiempo.

El Congreso, si no fuere convocado, se reunirá por derecho propio, en las condiciones y para los efectos previstos en este artículo.

El Presidente de la República y los ministros serán responsables cuando declaren el Estado de Emergencia sin haberse presentado alguna de las circunstancias previstas en el inciso primero, y lo serán también por cualquier abuso cometido en el ejercicio de las facultades que la Constitución otorga al Gobierno durante la emergencia.

El Gobierno no podrá desmejorar los derechos sociales de los trabajadores mediante los decretos contemplados en este artículo.

Artículo 226: El Estado promoverá la internacionalización de las relaciones políticas, económicas, sociales y ecológicas sobre bases de equidad, reciprocidad y conveniencia nacional.

Artículo 268: El Contralor General de la República tendrá las siguientes atribuciones:

1. Prescribir los métodos y la forma de rendir cuentas los responsables del manejo de fondos o bienes de la Nación e indicar los criterios de evaluación financiera, operativa y de resultados que deberán seguirse.
2. Revisar y fenecer las cuentas que deben llevar los responsables del erario y determinar el grado de eficiencia, eficacia y economía con que hayan obrado.
3. Llevar un registro de la deuda pública de la Nación y de las entidades territoriales.
4. Exigir informes sobre su gestión fiscal a los empleados oficiales de cualquier orden y a toda persona o entidad pública o privada que administre fondos o bienes de la Nación.

5. Establecer la responsabilidad que se derive de la gestión fiscal, imponer las sanciones pecuniarias que sean del caso, recaudar su monto y ejercer la jurisdicción coactiva sobre los alcances deducidos de la misma.
 6. Conceptuar sobre la calidad y eficiencia del control fiscal interno de las entidades y organismos del Estado.
 7. Presentar al Congreso de la República un informe anual sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente.
 8. Promover ante las autoridades competentes, aportando las pruebas respectivas, investigaciones penales o disciplinarias contra quienes hayan causado perjuicio a los intereses patrimoniales del Estado. La Contraloría, bajo su responsabilidad podrá exigir, verdad sabida y buena fe guardada, la suspensión inmediata de funcionarios mientras culminan las investigaciones o los respectivos procesos penales o disciplinarios.
 9. Presentar proyectos de ley relativos al régimen del control fiscal y a la organización y funcionamiento de la Contraloría General.
 10. Proveer mediante concurso público los empleos de su dependencia que haya creado la ley. Esta determinará un régimen especial de carrera administrativa para la selección, promoción y retiro de los funcionarios de la Contraloría. Se prohíbe a quienes formen parte de las corporaciones que intervienen en la postulación y elección del Contralor, dar recomendaciones personales y políticas para empleos en su despacho.
 11. Presentar informes al Congreso y al Presidente de la República sobre el cumplimiento de sus funciones y certificación sobre la situación de las finanzas del Estado, de acuerdo con la ley.
 12. Dictar normas generales para armonizar los sistemas de control fiscal de todas las entidades públicas del orden nacional y territorial.
 13. Las demás que señale la ley.
- Presentar a la Cámara de Representantes la Cuenta General del Presupuesto y del Tesoro y certificar el balance de la Hacienda presentado al Congreso por el Contador General.

Artículo 277: El Procurador General de la Nación, por si o por medio de sus delegados y agentes, tendrá las siguientes funciones:

1. Vigilar el cumplimiento de la Constitución, las leyes, las decisiones judiciales y los actos administrativos.
2. Proteger los derechos humanos y asegurar su efectividad, con el auxilio del Defensor del Pueblo.
3. Defender los intereses de la sociedad.
4. Defender los intereses colectivos, en especial el ambiente.
5. Velar por el ejercicio diligente y eficiente de las funciones administrativas
6. Ejercer vigilancia superior de la conducta oficial de quienes desempeñen funciones públicas, inclusive las de elección popular; ejercer preferentemente el poder disciplinario; adelantar las investigaciones correspondientes e imponer las respectivas sanciones conforme a la ley.
7. Intervenir en los procesos y ante las autoridades judiciales o administrativas, cuando sea necesario, en defensa del orden jurídico, del patrimonio público, o de los derechos y garantías fundamentales.
8. Rendir anualmente informe de su gestión al Congreso.
9. Exigir a los funcionarios públicos y a los particulares la información que considere necesaria.
10. Las demás que determine la ley.

Para el cumplimiento de sus funciones la Procuraduría tendrá atribuciones de policía judicial, y podrá interponer las acciones que considere necesarias.

Artículo 300: Corresponde a las Asambleas Departamentales por medio de ordenanzas:

1. Reglamentar el ejercicio de las funciones y la prestación de los servicios a cargo del departamento.
2. Expedir las disposiciones relacionadas con la planeación, el desarrollo económico y social, el apoyo financiero y crediticio a los municipios, el turismo, el transporte, el ambiente, las obras públicas, las vías de comunicación, y el desarrollo de sus zonas de frontera.

3. Adoptar de acuerdo con la ley los planes y programas de desarrollo económico y social y los de obras públicas, con la determinación de las inversiones y medidas que se consideren necesarias para impulsar su ejecución y asegurar su cumplimiento.
4. Decretar, de conformidad con la ley, los tributos y contribuciones necesarios para el cumplimiento de las funciones departamentales.
5. Expedir las normas orgánicas del presupuesto departamental y el presupuesto anual de rentas y gastos.
6. Con sujeción a los requisitos que señale la ley, crear y suprimir municipios, segregar y agregar territorios municipales, y organizar provincias.
7. Determinar la estructura de la administración departamental, las funciones de sus dependencias, las escalas de remuneración correspondientes a sus distintas categorías de empleo; crear los establecimientos públicos y las empresas industriales o comerciales del departamento y autorizar la formación de sociedades de economía mixta.
8. Dictar normas de policía en todo aquello que no sea materia de disposición legal.
9. Autorizar al gobernador para celebrar contratos, negociar empréstitos, enajenar bienes y ejercer, *pro tempore*, precisas funciones de las que corresponden a las asambleas departamentales.
10. Regular, en concurrencia con el municipio, el deporte, la educación y la salud en los términos que determine la ley; y
11. Cumplir las demás funciones que les asignen la Constitución y la ley. Los planes y programas de desarrollo y de obras públicas, serán coordinados e integrados con los planes y programas municipales, regionales y nacionales.

Las ordenanzas a que se refieren los numerales 3, 5 y 7 de este artículo, las que decreten inversiones, participaciones o cesiones de rentas y bienes departamentales y las que creen servicios a cargo del departamento o los traspasen a él, sólo podrán ser dictadas o reformadas a iniciativa del gobernador.

Artículo 313: Corresponde a los concejos:

1. Reglamentar las funciones y la eficiente prestación de los servicios a cargo del municipio.
2. Adoptar los correspondientes planes y programas de desarrollo económico y social y de obras públicas.
3. Autorizar al alcalde para celebrar contratos y ejercer *pro tempore* precisas funciones de las que corresponden al Concejo.
4. Votar de conformidad con la Constitución y la ley los tributos y los gastos locales.
5. Dictar las normas orgánicas del presupuesto y expedir anualmente el presupuesto de rentas y gastos.
6. Determinar la estructura de la administración municipal y las funciones de sus dependencias; las escalas de remuneración correspondientes a las distintas categorías de empleos; crear, a iniciativa del alcalde, establecimientos públicos y empresas industriales o comerciales y autorizar la constitución de sociedades de economía mixta.
7. Reglamentar los usos del suelo y, dentro de los límites que fije la ley, vigilar y controlar las actividades relacionadas con la construcción y enajenación de inmuebles destinados a vivienda.
8. Elegir Personero para el período que fije la ley y los demás funcionarios que ésta determine.
9. Dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio.
10. Las demás que la Constitución y la ley le asignen.

Artículo 332: El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes

Artículo 333: La actividad económica y la iniciativa privada son libres, dentro de los límites del bien común. Para su ejercicio, nadie podrá exigir permisos previos ni requisitos, sin autorización de la ley.

La libre competencia económica es un derecho de todos que supone responsabilidades.

La empresa, como base del desarrollo, tiene una función social que implica obligaciones. El Estado fortalecerá las organizaciones solidarias y estimulará el desarrollo empresarial.

El Estado, por mandato de la ley, impedirá que se obstruya o se restrinja la libertad económica y evitará o controlará cualquier abuso que personas o empresas hagan de su posición dominante en el mercado nacional.

La ley delimitará el alcance de la libertad económica cuando así lo exijan el interés social, el ambiente y el patrimonio cultural de la Nación.

Artículo 334: La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano.

El Estado, de manera especial, intervendrá para dar pleno empleo a los recursos humanos y asegurar que todas las personas, en particular las de menores ingresos, tengan acceso efectivo a los bienes y servicios básicos. También para promover la productividad y la competitividad y el desarrollo armónico de las regiones.

Artículo 366: El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación

Sumado a esto también está la ley 99 de 1993, y el contenido de la *Políticas Ambientales De Colombia*¹⁴ y en referencia a el Capitulo “GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS”

6.2 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.

La cual tiene como fundamentos de la política para la gestión de residuos sólidos en el país están contenidos principalmente en la Constitución Política, las leyes 99 de 1993 y 142 de 1994. Así mismo el Documento CONPES 2750 MINAMBIENTE-DNP-UPA .El Salto social hacia el desarrollo Sostenible, Es complementario y subsidiario de la presente política, en especial en sus estrategias: política nacional y acción descentralizada, participación y concertación, apoyo científico y tecnológico y gradualidad, coherencia nacional; acciones instrumentales: ordenamiento ambiental y planificación territorial, educación y concientización ambiental, fortalecimiento institucional, producción y democratización de la información y cooperación global e instrumentos. La política de residuos tiene como objetivo fundamental, impedir o minimizar, de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

El alcance de esta política, en cuanto a las áreas que comprende, se refiere a los residuos sólidos no peligrosos y a los residuos sólidos peligrosos, -involucrando los semisólidos cuando éstos no son vertidos a las fuentes de agua-, puesto que los que los demás se analizan bajo el ámbito de la política y gestión de los recursos agua - para el caso de vertimientos líquidos - o aire - para el caso de emisiones de sustancias peligrosas.

¹⁴ Políticas Ambientales De Colombia, Política Para La Gestión Integral De Residuos Santa Fe De Bogotá, Agosto De 1997

Dentro de los residuos peligrosos, como los no peligrosos, se encuentran los aprovechables y los no aprovechables. A su vez, se dará un manejo diferenciado a los residuos sólidos que puedan ser aprovechables frente a las basuras y a los residuos sólidos peligrosos aprovechables frente a los no aprovechables. Diagrama 2.

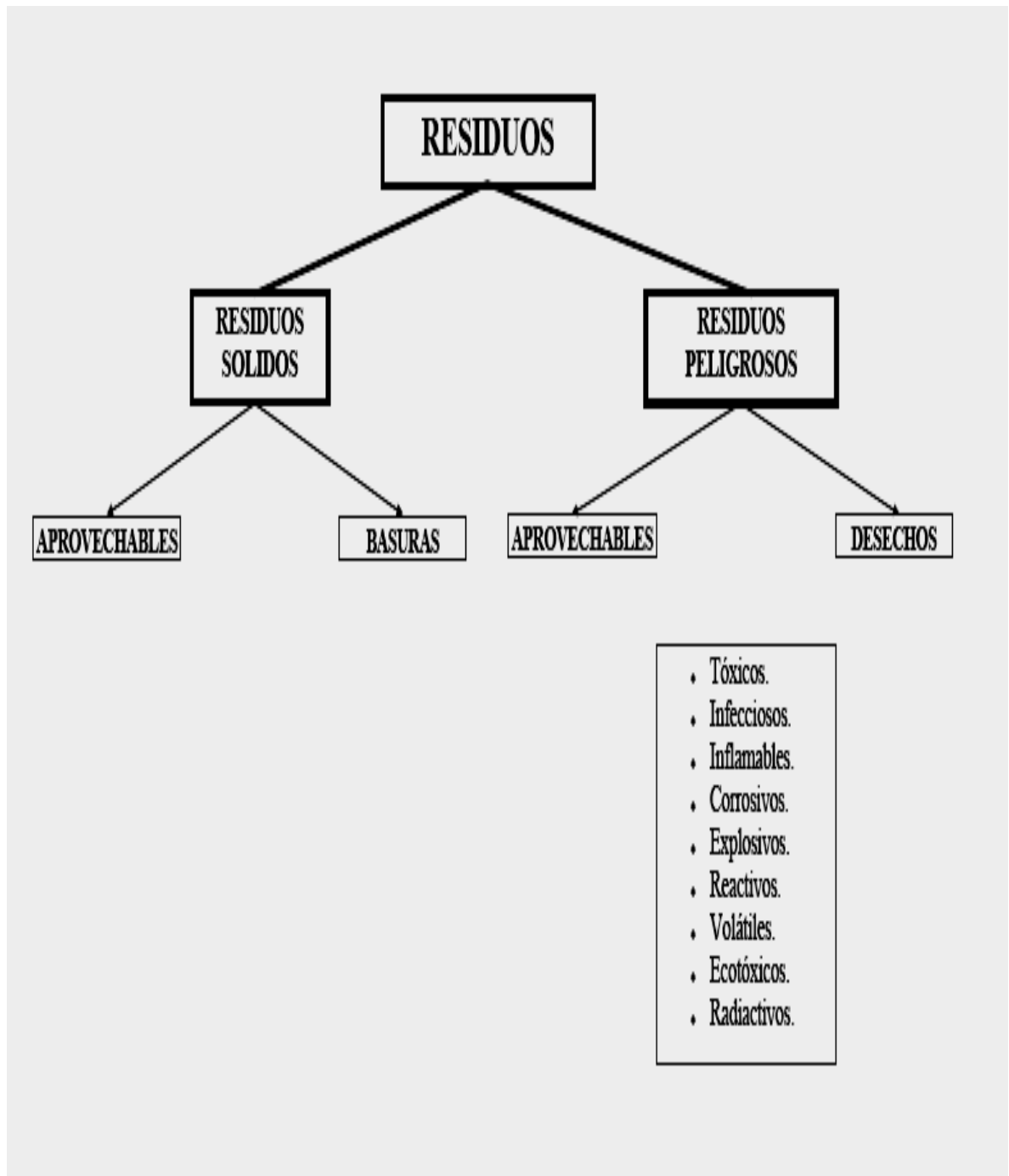


Diagrama 2 Clasificación De Residuos
Fuente: Políticas Ambientales De Colombia

El diseño de la política ambiental contempla la implantación de la gestión integrada de residuos sólidos -GIRS- , ya sean no peligrosos o peligrosos, como termino aplicado a todas las actividades asociadas en el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad y su meta es administrarlos de una forma compatible con el medio ambiente y la salud pública. La GIRS contempla las siguientes etapas jerárquicamente definidas: reducción en el origen; aprovechamiento y valorización; tratamiento y transformación; disposición final controlada.

6.2.1 Reducción en el origen. La reducción en el origen esta en el primer lugar en la jerarquía porque es la forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales.

Aprovechamiento y valorización. El aprovechamiento implica la separación y recogida de materiales residuales en el lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión (por ejemplo, compost) y energía en forma de calor y biogás combustible. El aprovechamiento es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además, el aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas .En consecuencia la primera acción sobre los residuos generados es valorarlos y aprovecharlos.

Tratamiento y transformación. La transformación de residuos implica la alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los

residuos sólidos urbanos son utilizadas para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos.

Para los residuos que no puedan ser aprovechados, se utilizarán sistemas de tratamiento para disminuir su peligrosidad y/o cantidad.

Disposición final controlada. Por último, hay que hacer algo con los residuos que no tienen ningún uso adicional, la materia residual que queda después de la separación de residuos sólidos en las actividades de recuperación de materiales y la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía; para lo cual se debe garantizar una **disposición final controlada**, además se debe poseer una capacidad adecuada en los sitios de disposición final y planes para la clausura.

6.2.2 Gestión diferencial de residuos aprovechables y basuras.

Para lograr maximizar el aprovechamiento de los residuos generados, es fundamental partir de la separación en el origen y dar un manejo diferente a los conceptos de residuos sólidos aprovechables frente al de basuras.

Los residuos sólidos comprenden los domésticos, comerciales e institucionales, las basuras de la calle, los escombros de la construcción, los residuos generados en las diferentes actividades productivas de bienes y servicios, que a nivel macro comprende los sectores industrial, agropecuario, de servicios y mineros.

Tales residuos sólidos pueden ser a su vez aprovechables o basuras. (Ver Diagrama 3). Considerando las diferencias que existen tanto en las características, como en las condiciones de manejo, los residuos aprovechables y las basuras tendrán cada uno un esquema distinto de gestión, de tal forma que se aumente la cantidad de residuos aprovechables y se disminuya la cantidad de basuras.

6.2.3 Residuos Aprovechables.

El aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.

Aprovechables son aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial.

La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.

El aprovechamiento debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente.

De modo tal, que las normas y acciones orientadas hacia los residuos aprovechables deben tener en cuenta lo siguiente:

- ♦ Se trata de materia prima con valor comercial, en consecuencia sujeta a las leyes del mercado y consideradas como insumo.
- ♦ Su destino es el aprovechamiento ya sea de manera directa o como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, producción de bioabono, generación de biogás, incineración con producción de energía, entre otros.
- ♦ La definición de residuo aprovechable se deberá hacer por las autoridades ambientales y municipales en sus respectivos Planes de Gestión de Residuos Sólidos, que deberán formular. La calificación de residuo aprovechable debe darse

teniendo en cuenta que exista un mercado para el residuo, en el cual están comprometidos los generadores de las materias primas y de los productos finales.

- ♦ Deben ser objeto del establecimiento de incentivos de toda índole, en especial económicos y tributarios. Teniendo en cuenta que el análisis del impacto de un producto o proceso debe ser integral, los incentivos que se otorguen deben considerar el proceso productivo en su integridad, de modo que no se distorsionen los objetivos de la gestión ambiental que consisten no sólo el disminuir un impacto ambiental específico - postconsumo -, sino todo los que se genera durante el proceso productivo.

- ♦ La población que actualmente está realizando las actividades de recuperación debe tener reconocimiento y espacio para su trabajo.

6.2.4 Basuras.

La basura al no tener valor comercial, requiere de tratamiento y de una disposición final, por tanto genera costos de disposición y no se reincorporan al ciclo económico y productivo.

Los residuos sólidos que se consideren como basuras, generan impactos ambientales negativos, por tanto deben minimizarse y en consecuencia su generación debe encontrarse regulada económicamente a través de desincentivo.

La política en relación con las basuras se orienta a su minimización y a establecer su tratamiento adecuado y una disposición final controlada, incluyendo un adecuado manejo en su separación, almacenamiento, recolección y transporte, de forma que se garantice la mitigación de los impactos Ambientales negativos.

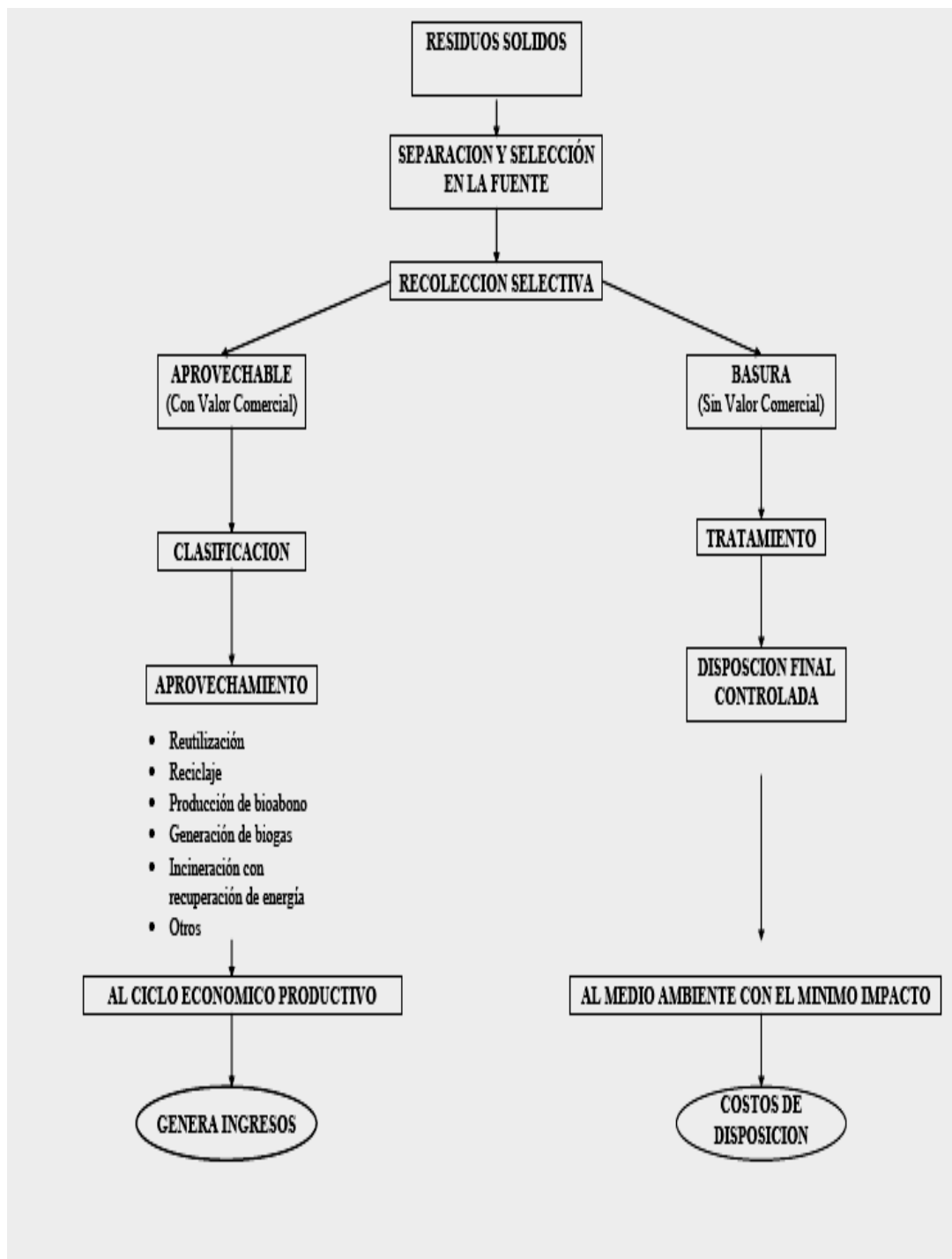


Diagrama 3 Gestión Diferenciada –Aprovechables Y Basura
Fuente: Políticas Ambientales De Colombia

6.3 POLITICA DE PRODUCCION MÁS LIMPIA

En los últimos 30 años, las políticas de control de la contaminación, han ido evolucionando de los métodos conocidos como de final de tubo, hasta las recientes tendencias, basadas en el principio de prevención, que cambia la pregunta que hacer con los residuos a que se puede hacer con ellos, con base a este precepto se fundamenta *Producción Más Limpia*¹⁵.

6.3.1 Definición de Producción más Limpia

UNEP (United Nations Environment Programme)¹⁶, define **producción más limpia** como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

Retomando los conceptos consignados en las políticas ambientales de Colombia la producción mas limpia “En el caso de los procesos productivos se orienta hacia la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas, y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos. En el caso de los productos se orienta hacia la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. En los servicios se orienta hacia la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos...”, y en la práctica “la aplicación del concepto de producción más limpia, tanto en los sistemas actuales de producción como en los productos y servicios, no significa una sustitución en sentido estricto por otros diferentes., sino .mejorarlos continuamente., bajo el entendido que las nuevas tecnologías serán más limpias. De aquí, que producción limpia se perfila como la meta que será alcanzada con las nuevas inversiones, en tanto que la

¹⁵ *Ibíd*em 12

¹⁶ World Bank (1995): .National Environmental Strategies: Learning from Experience.

búsqueda sistemática del mejoramiento continuo, corresponde al concepto de producción más limpia, que obedece a un proceso dinámico y sistemático, el cual no se aplica una vez, sino permanentemente, en cada una de las fases del ciclo de vida”.¹⁷

6.3.2 Marco normativo

Los principios generales de la Constitución Política de 1991, de la Ley 99 de 1993 y los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998, así como la reglamentación de la normatividad sobre aire, agua, suelo y sustancias químicas, estructuran el marco jurídico para el desarrollo de la política de producción más limpia. La evaluación general de la reglamentación ambiental disponible, permite hacer las siguientes observaciones:

- Gran parte no se orienta hacia la prevención de la contaminación. Su mayor énfasis es en el establecimiento de límites de calidad de emisiones al final del proceso, que no incentivan a la innovación tecnológica, ni a la búsqueda de soluciones más eficientes y efectivas, en términos económicos y ambientales.
- Hay limitaciones en su cobertura, ya que no se consideran la totalidad de las fuentes de contaminación ni la totalidad de las categorías de residuos que se generan.
- Escasa, dispersa y en algunos casos poco confiable información acerca de la problemática ambiental del país.
- Vacíos de integralidad que han dificultado, por un lado, la obtención de resultados significativos en términos de mejoramiento ambiental global o de contribución al cumplimiento de metas y objetivos de calidad ambiental, y por el

¹⁷ *Ibíd.* 12

otro, las decisiones de inversión y planificación ambiental de los sectores productivos.

6.3.3 Promoción de Producción Más Limpia en los sectores productivos

El desarrollo de las acciones instrumentales aquí propuestas será trabajo conjunto y concertado entre las autoridades ambientales, los gremios del sector productivo y el sector académico, con el concurso de otras instancias gubernamentales y organismos internacionales. Se considerando, además, las circunstancias particulares de empresarios que por su naturaleza misma, es muy difícil que la competencia o los mercados actúen para inducirlos a resultados eficientes, como estrategia para estimular a la legalidad ambiental, a un mayor número de actividades productivas posibles.

CAPITULO II

6 ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN COLOMBIA.

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

7.1 Briquetas de cascarilla de arroz, Fundación Ecológica de Colombia FUNDEC

Como alternativa y frente a la necesidad imperiosa de reemplazar las fuentes de energía contaminantes y no renovables por fuentes de energía renovables y ecológicas que no contaminen, amigables con el medio ambiente, la Fundación Ecológica de Colombia FUNDEC¹⁸ busca contribuir en este propósito incentivando en las empresas la adopción de tecnologías y materias primas limpias, con el fin de que el proceso productivo en cada una de sus etapas genere el menor impacto ambiental posible al medio ambiente y adicionalmente reduzca costos de producción. Como combustible alternativo FUNDEC comercializa briquetas de

¹⁸ Fundación Ecológica de Colombia FUNDEC Webmaster@fundacionecologicadecolombia.org

Cascarilla de arroz las cuales tienen las siguientes características técnicas y representan los siguientes beneficios:

Especificaciones Técnicas:

Composición química: 100% cascarilla de arroz briqueteada

Poder calorífico: 5000 – 6000 Kcal/Kg

Dimensiones: Altura 10 – 15 cms

Diámetro: 10 cms

Peso: 1 Kg

Apariencia física: Áspera



Figura 3 Aspecto de las briquetas.

Fuente: Fundación Ecológica De Colombia

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.
- La ceniza de las briquetas con un contenido entre 90% - 97% de óxido de sílice SiO_2 puede ser utilizada como una de las materias primas para la elaboración

Costo:

Briqueta de cascarilla de arroz (según especificaciones) valor por tonelada: \$60.000 pesos mcte incluido flete nacional e IVA.

7.1.1 - Fogón de Cascarilla



Figura 4 Estructura Del Fogon De Cascarilla

Fuente: Fundacion Ecologica De Colombia

- Trabaja con cascarilla de arroz.
- Es de muy fácil encendido
- Muy bajo nivel de humo
- Bajo costo de compra y funcionamiento
- Sencilla fabricación y de fácil recarga
- Fácil de recargar

ESPECIFICACIONES

Consumo de cascarilla:	2.5 – 3 Kg / h
Construcción:	Láminas de metal
Peso:	3.0 Kg
Dimensiones:	Diámetro: 380 mm

7.2 - Mejora de las propiedades mecánicas de durabilidad y compresión del cemento a partir de la mezcla con Cascarilla de Arroz. Universidad del Valle, Colciencias, Empresa Arroquera la Esmeralda.

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 Valle¹⁹, en convenio con la Empresa Arroquera 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, en pequeñas cantidades al cemento.

¹⁹ Canaval, 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.html> Consultado Octubre 10 2008

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.

Pero, 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 nanopolvos activos. Los nanomateriales son aquellos de dimensiones minúsculas pues un nano equivale a la millonésima parte de un milímetro.

7.3 - La Cascarilla de Arroz "Caolinizada": alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos.

La cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera, que resulta abundantemente en las zonas arroceras de muchos países y que ofrece buenas

propiedades para ser usado como sustrato hidropónico como lo demuestran los resultados obtenidos por Calderón²⁰. 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 mas 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 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. (Calderón, F. 2003).

Cascarilla de arroz	9.0
Cruda	
Cascarilla de arroz	10-13
Quemada	
Cáscara de Coco	35-50
Cascarilla de Arroz	25-35
Caolinizada	

TABLA 3
Valores típicos de retención de Humedad de algunos materiales utilizados como sustratos para cultivos Hidropónicos.

Para mejora 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. Las definiciones y el resultado del trabajo se puede observar en el ANEXO 2.

7.4 La Cascarilla de Arroz como combustible en el secado de cereales **Proyecto Ciclones Convenio Colciencias Universidad del Norte.**

²⁰ Calderón, F. 2003. Investigación: Cascarilla de Arroz Caolinizada

El proyecto se realizó en cooperación con la Universidad del Norte, 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 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.

7.5 Uso del SiO₂ obtenido de la Cascarilla de Arroz en la Síntesis de Silicatos de Calcio por L.m. Ahumada & J.e. Rodríguez-Páez.

La cascarilla de arroz es un desecho agro-industrial 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 Calcio²¹ 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

²¹ Ahumada, L.M. & J.E. Rodríguez-Páez: Uso del SiO₂ obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 30 (117): 581-594, 2006

distribución de tamaño de partícula. Se analizaron los fenómenos fisicoquímicos que ocurren durante el proceso de síntesis y se estudio 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 estudio 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 empleo análisis térmico (ATD/TG) para conocer el comportamiento del sólido ante tratamientos térmicos y Microscopia Electrónica de Transmisión (MET) para determinar la morfología y el tamaño de las partículas sintetizadas.

7.6 Variación en la conductividad térmica de la Cascarilla de Arroz aglomerada con fibras vegetales por Carolina Cadena, Antonio Bula Silvera.

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 Bula²² 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.

²² Bula Silvera Antonio, Cadena Carolina. Estudio De La Variación En La Conductividad Térmica De La Cascarilla De Arroz Aglomerada Con Fibras Vegetales. Ingeniería & Desarrollo. Universidad Del Norte. 12: 8-9, 2002

7.7 - Experiencias de implementación de Producción más Limpia en la Empresa Arrocería Arroz Diana del Tolima.

Los problemas que se encontraron son principalmente mala disposición de los residuos, uso de carbón coque en el proceso de secado y uso de equipos fuera del negocio de la empresa. La Solución potencial consistió en el uso de un residuo (cascarilla de arroz)²³, como sustituto del carbón, y con esta se evitan los costos y la necesidad de hacer uso de equipos para comprimir la cascarilla ni para la disposición de esta.

7.7.1- Acciones

En la implementación de las soluciones se optó por construir hornos de combustión para la cascarilla de arroz con capacidad de quema de 4 Tn/Hora para que alimente la corriente de aire caliente en las albercas de secado.

7.7.2 - Beneficios

Los beneficios iniciales y al corto plazo alcanzados con este proyecto son:

- Ahorro de dinero en la operación diaria de todas las albercas de secado por el reemplazo del carbón coque al sistema de cascarilla que es un residuo y por ende es gratis para la empresa.
- Mejor secado de los granos en menor tiempo.

7.7.3 - Indicador: Consumo de energía térmica.

7.7.4 - Alternativa: Construcción de hornos de quema de cascarilla.

7.7.5 - Fundamento teórico:

- Calor de combustión del coque = 34 MJ/Kg.
- Calor de combustión cascarilla = 15 MJ/Kg.

²³ Hernández Manuel, García Oscar y otros. Evaluación del Programa de Producción Más Limpia (PML) para la Industria Arroz Diana del Tolima s.a. plan de desarrollo de la universidad de la sabana 2003 – 2007.

- El efecto que tiene la diferencia del calor de combustión, representa un sobresecado y el aumento en el porcentaje de arroz partido.

7.8 - Usos en Sucre y Bolívar

7.8.1- Estufas

Aunque de forma empírica y con materiales improvisados, los campesinos y algunas personas dedicadas al comercio en el área de las frituras o ventas de comidas e los municipios y corregimientos de Sucre y Bolívar, construyen estufas a base de cascarilla de arroz, mezclada con el aserrín de madera. las cuales les arrojan buenos rendimientos y por el aprovechamiento energético de los materiales usados como combustibles la cocción es adecuada y la generación de humo es menor.

7.8.2 - Material Refrigerante

Durante muchos años y antes de la masificación de neveras y congeladores en toda la costa norte, con el consabido clima tan inclemente que en ocasiones alcanza los 34° C como alternativa para almacenar el hielo y sobre todo en las personas dedicadas al comercio de bebidas, ventas de pescado generalmente en fiestas patronales y de corralejas que datan de varios siglos ,el empacado del hielo comprado en las fabricas se hacía en sacos con una cubierta de cáscara de arroz y así era transportado de un sitio a donde fuese necesitado, el hielo podía durar varios días dentro de ese recubrimiento exaltando las propiedades de aislante térmico de la cascarilla y su resistencia a el contacto v con el agua la cual no la afecta en gran proporción.

7.8.3 - Cama para transporte de Ganado y Pollos de Engorde

En la superficie de transporte de los camiones para el ganado y las camas de soporte de los pollos de engorde se utilizan la cascarilla de arroz.

7.8.4 - Hornos de secado en Magangué

Recientemente, algunos dueños de molinos de arroz ven como alternativa de combustible a la cáscara de arroz y así se disminuyen los costos en carbón coque tomando como experiencias la de arroz diana del Tolima citada anteriormente.

CONCLUSIONES

- 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 obtener valores competitivos de conductividad térmica para aplicaciones en el área de los aislamientos
- El uso de la cascarilla de arroz en sistemas de estufas aprovechando su poder combustible de vieja data entre los campesinos pero no tan difundido, surge como una alternativa para todos aquellos que aun no tienen acceso a cocinas gas natural o gas propano, ya que es de bajo costo, fácil acceso, posee menos riesgo de incendiarse, poco humo y ayudaría a el control de la disposición final de la cascarilla.
- 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.

RECOMENDACIONES

- En Sucre y gran parte de la Costa Norte la disposición final de desechos se ha convertido en un problema de carácter ambiental, para su solución se han de vincular todos los actores en cabeza de las autoridades de orden ambiental, la academia, los productores y la comunidad en general.
- 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.
- Vincular a la Universidad de Sucre a la investigación de alternativas de uso de la cascarilla de arroz a nivel de su potencial de aislante térmico, tales como su uso en recubrimientos de estufas, hornos o neveras en los cuales sea motivo de propuestas de trabajos de grado por parte de los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Ahumada, L.M. & J.E. Rodríguez-Páez: Uso del SiO₂ obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 30 (117): 581-594, 2006.

Alvarado B. 2005. Análisis Económico de medio orgánico como alternativa a las mezclas comerciales utilizando turba para la producción de plantas ornamentales en tiestos. Universidad de Puerto Rico. 11-14, 74-75.

Assureira, Estela. Combustible alternativo: La cascarilla de arroz. (Citado 2008-09-07) 2002

Bula silvera Antonio, Cadena Carolina. Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte. 12: 8-9, 2002

Calderón, F. 2003. Investigación: Cascarilla de arroz caolinizada (CIT.2008- 08-23)

Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA) de la UNAM (cit. 2008-07-20). México 2007

Canaval, Jairo. Mejora de las propiedades mecánicas de durabilidad y compresión del cemento a partir de la mezcla con cascarilla de arroz. (cita. 2008-05-14)Agencia AUPEC.2007

Colombia, Ciencia y Tecnología; Vol. 15, N° 4. Selección y adaptación: Lic. Enrique A. Rabe. CERIDE

Constitución política de Colombia (cita.2008-08-20)

Donado garzón, Leonardo, modelo hidrogeológico conceptual de la zona de recarga del acuífero de Morroa (departamentos de sucre y Córdoba), Bogota, 2002.

Fedearroz. II Censo Nacional Arroceros, Bogotá, abril de 2000

Fedearroz.III Censo Nacional Arroceros, Bogotá, 2007

Fundación Ecológica de Colombia FUNDEC

Espinal, Carlos Federico. LA CADENA DEL ARROZ EN COLOMBIA UNA MIRADA GLOBAL DE SU ESTRUCTURA Y DINAMICA 1991-2005(CITA 2008-09-05) .Bogota, 2005

Flores, C. A. Informe de la empresa de ornamentales 2002 -2003. Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. (2008-07-20)

Hernández Manuel, García Oscar y otros. Evaluación del Programa de Producción Más Limpia (PML) para la Industria Arroz Diana del Tolima s.a. plan de desarrollo de la universidad de la sabana 2003 – 2007. Universidad de la sabana.

Informe de Empalme del Departamento de Sucre 2001-2003 “Mas Cerca de la Gente Una Agenda Para Lo Social “

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION .Tesis Y Otros Trabajos De Grado .Norma 1486 5ª Actualización .Bogota.2007

Ley General Ambiental de Colombia LEY 99 DE 1993 (Diciembre 22) Diario Oficial No. 41.146, de 22 de diciembre de 1993.

Osava, M. 2005. Se extingue bromuro de metilo en Brasil y Cuba Políticas ambientales de Colombia, política para la gestión integral de residuos Santa fe de Bogota Agosto de 1997

Rabe, E. 2005. La cascarilla de arroz como combustible en el secado de cereales. Resultados del III Censo Nacional Arroceros Colombia 2007 (2008-08-25)

Revista Moliarroz Aprovechamiento de la cascarilla de arroz, obtención de silicatos, numero 73. Mayo de 2002.

Salgado, R. 2005. Cascarilla de arroz: un excelente sustituto de la madera.(2008-09-10)

Sandoval Lemus, Ana Ruth. 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 .2007.

Otros enlaces bibliográficos de fuente electrónica

<http://www.agrocadenas.gov.co> agrocadenas@iica.int

<http://http://aupec.univalle.edu.co/informes/2007/diciembre/cemento.html>

<http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/cp91.pdf>

http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm

<http://www.ucm.es/info/crismine/Pagina%20web/BENTONIT.htm>

<http://www.rmcoeh.utah.edu/papers/toxpapers/Bentonite.html>

<http://www.curezone.com/cleanse/bowel/bentonite.asp>

<http://www.unex.es/edafo/ECAL4FLRetAgua.htm>

http://www.ingemmet.gob.pe/recursos_minerales/descripcion/bentonita.htm

<http://www.soils.umn.edu/academics/classes/soil5311/LectureNotes/notes/smectites.html>

<http://mineral.galleries.com/minerals/silicate/clays.htm>

Webmaster@fundacionecologicadecolombia.org

<http://www.emprendedorasenred.com.ar/v3/modules.php?name=News&file=print&sid=237>

<http://palestra.pucp.edu.pe/index.php?id=89>

<http://www.fedearroz.com.co/index.html>

<http://www.tierramerica.org/2003/0623/acentos2.shtml>

<http://www.ceride.gov.ar/servicios/comunica/arroz.htm>

<http://eea.uprm.edu/Formularios/Empresas/2003/EMPRESA%20DE%20ORNAMENTALES%202003.pdf>

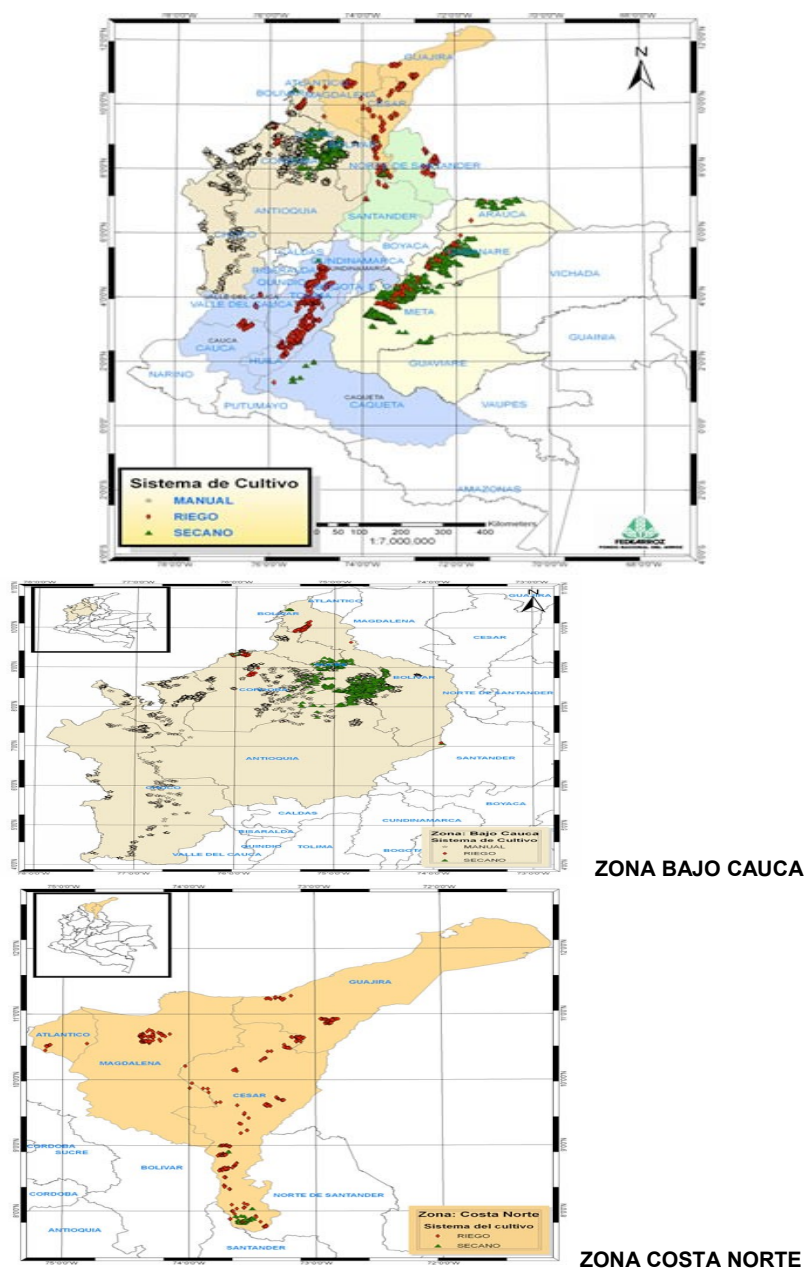
ANEXOS

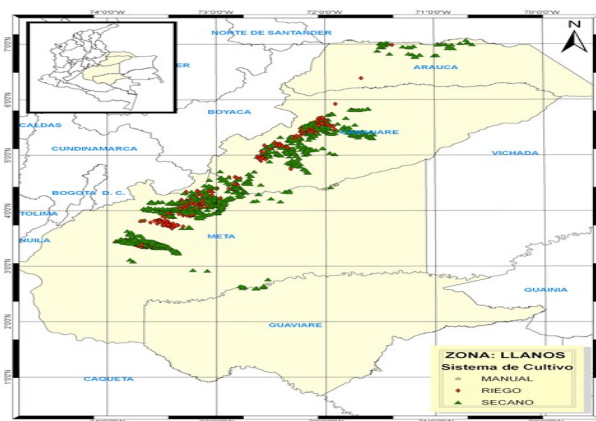
ANEXO I

SISTEMAS DE CULTIVO Y AREA CULTIVADA DE ARROZ EN COLOMBIA 2007

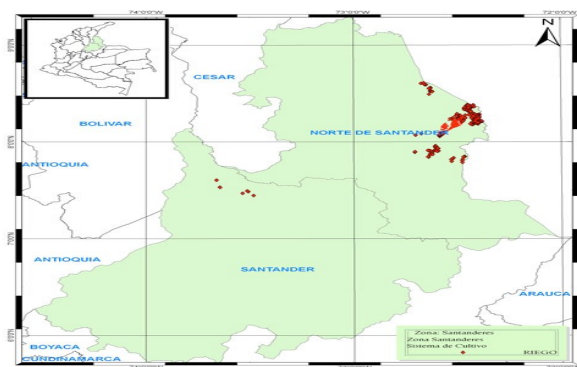
FIGURA 5 Sistemas de cultivo del arroz en Colombia

FUENTE: III Censo Nacional Arrocero

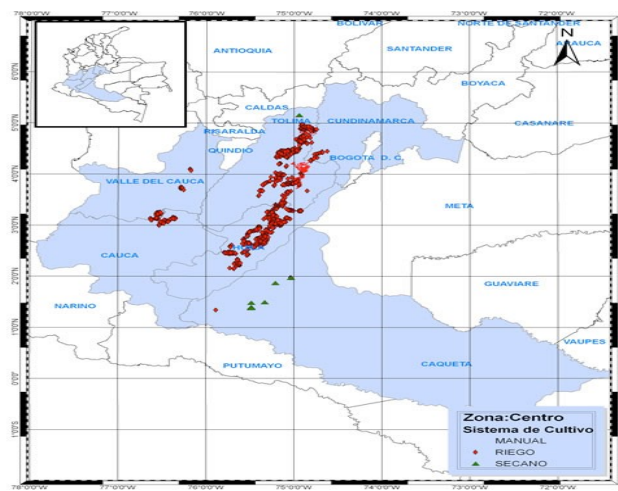




ZONA LLANOS



ZONA SANTANDERES



ZONA CENTRO

ANEXO 2

Etapas del proceso de briqueteado de arroz para obtener el nuevo tipo de combustible (assureira, 2004).



Figura 6

Etapas del proceso de briqueteado de arroz para obtener el nuevo tipo de combustible (assureira, 2004).

La planta piloto de briqueteado de que dispone la Universidad Católica está compuesta de un molino de martillo, una criba vibratoria, una prensa manual y un horno de secado eléctrico. La capacidad de producción de la planta piloto es de aproximadamente 30kg. / Hora de briquetas



Figura 7 Cocina de briquetas de cascarilla de arroz Pícará (assureira, 2004)

Ensayos

Los procedimientos de ensayo desarrollados guardan concordancia con los estándares del Internacional Standard for Testing of Woodburning Cookstoves. La eficiencia de la cocina esta definida como la razón de la energía transferida al agua dividida por la energía liberada por la quema del combustible. El consumo específico es la razón entre el combustible quemado y la cantidad de agua que fue ensayada. Como resultado de la conversión de la cascarilla de

arroz en briquetas, se produce una mejora en la combustión, los productos obtenidos tienen el mismo tamaño y peso. Al mismo tiempo los problemas de polvo son reducidos durante la manipulación, transporte y combustión. Es más fácil transportar y almacenar briquetas que hacerlo con el material original.

RENDIMIENTO DEL PRODUCTO OBTENIDO A PARTIR DE LA ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS.

Otro elemento a tener presente es el rendimiento del producto obtenido. La eficiencia de combustión es una característica muy importante que debe ser evaluada porque expresa la calidad de la combustión. Está definida como la razón entre la cantidad en peso de briquetas quemadas, dividido por la máxima cantidad de material que puede ser quemado, (Ec.1 y Ec.2). En la Tabla 4 presentamos los resultados obtenidos.

$$\eta = \frac{m_a - m_f}{m_{cb}} \quad \text{Ec. 1}$$

$$m_{cb} = (m_{rice}(1 - \%ash)) + (m_{wheat}(1 - \%ash)) \quad \text{Ec. 2}$$

Tabla 4

Eficiencia de la combustión (assureira, 2004)

Código de la briketa	BR1	BR3	BR7	BR8	BR10	BR12
Eficiencia de combustión (%)	97	94	91	80	97	98

Al tratarse de una tecnología a ser utilizada esencialmente en el medio rural se utilizó como banco de pruebas para la evaluación de las briquetas de cascarilla de arroz la cocina Pícará. En la Fig. 7 se muestra la cocina y la Tabla 5 presenta las principales características de ésta.

Dimensiones	Diámetro 170 mm
	Altura 250 mm

Peso	0.5 kg.
Materiales	Plancha de acero inoxidable
Combustible	Briquetas de cascarilla de arroz

TABLA 5

Características de la cocina (assureira, 2004)

Características fundamentales de la cáscara del arroz para su utilización como combustible:

Componente	Contenido (%)
Combustibles	73
Humedad	10
Cenizas	18

Tabla 6

Cascarilla de arroz características como combustible

ANEXO 3

ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA RETENCION DE HUMEDAD COMO SUSTRATO PARA CULTIVOS HIDROPONICOS

DEFINICIONES

Retención de Humedad: Al hablar de Retención de humedad de un sustrato como la cascarilla de arroz, nos tropezamos con el problema de que no existen normas ni metodologías que especifiquen como se debe determinar su capacidad de retención de humedad. Es sabido que la capacidad de retención

de humedad depende de la forma como se realiza tal determinación. Factores tales como tiempo de humectación, relación Cascarilla/Agua, método de contacto, etc, pueden afectar el resultado final. Los métodos usuales para la determinación de la tensión de humedad entre 0 y 100 cm. de cabeza de H₂O no son satisfactorios para la cascarilla de arroz, ya que la escala de tensiones en las cuales el agua es aprovechable en este sustrato (entre 0 y 2 cB) es considerablemente mas baja que aquella de mayoría de los sustratos tradicionalmente utilizados en países como Francia, España y Holanda (0-10 cB). Por otro lado la mala capilaridad de la cascarilla de arroz hace que zonas muy húmedas (baja tensión de humedad) coexistan al lado de zonas muy secas (alta tensión de humedad) por largo tiempo (varias semanas) sin que el agua se mueva de un lado hacia el otro y en este caso la determinación de la tensión de humedad arroja considerable error.



Figura 8 Retencion De Humedad

La capacidad de retención de humedad se define como el agua que queda retenida en el sustrato a capacidad de campo ($T = 0$ cm. de H₂O), después de una hora (1 hr) de humectación del mismo con agua mediante mezcla ayudada manualmente (técnica del "Masacoteo"). Esta es la capacidad de retención máxima.

Para realizar esta prueba, se toma un volumen de sustrato seco de dos (2) decímetros cúbicos (litros), se humecta manualmente mediante la adición de 1 litro de agua y luego se coloca a drenar en un juego de jarras. Se mide la cantidad de agua drenada y la diferencia expresada en % v/v es la capacidad de retención de humedad del sustrato. (Fig. 9)

Figura 9 Capacidad De Retención De Humedad Del Sustrato



Capilaridad Ascensional: Es la capacidad que presenta un sustrato de succionar agua de abajo hacia arriba, partiendo de una superficie con agua libre.

Para realizar esta prueba, se coloca el sustrato en un cilindro abierto en su parte inferior y cerrado mediante una malla fina. Se coloca el cilindro en un plato con agua y se anota la altura que esta sube sobre la superficie externa del agua, al cabo de 1, 2, 4, 8 y 24 Horas.



Figura 10 Capilaridad Ascensional

La Capilaridad Ascensional en 24 horas es muy baja tanto en la Cascarilla de arroz Cruda como en la Cascarilla de arroz Quemada. A medida que se aumenta el grado de quemado, la capilaridad ascensional aumenta, pudiendo llegar en cascarilla 100% quemada hasta 4.5 cm. en 24 horas

Esta es la razón por la cual, en una cama hidropónica, con una capa de cascarilla de arroz semi-quemada, de 15 cm. de profundidad, es muy común observar que los primeros 2 a 3 cm. de abajo hacia arriba, están completamente mojados, los siguientes 4 a 5cm están parcialmente mojados y los últimos 7 cm. están casi completamente secos.

Humectabilidad: Es la relativa facilidad con que un sustrato logra quedar impregnado con agua. Para realizar esta prueba se suspende suavemente una cierta cantidad de sustrato por encima sobre un vaso con agua y se observa durante 1 hora el porcentaje de sustrato que se humedece y descende dentro del agua. Esta propiedad esta íntimamente relacionada con el ángulo de contacto entre el agua y la superficie del sustrato.



Figura 11 Humectabilidad

Para la cascarilla de arroz quemada, prácticamente el 100 % de las partículas ha descendido debajo de la superficie del agua mientras que para la cascarilla de arroz cruda, solamente el 5 % ha descendido.

Teniendo en cuenta los anteriores problemas de mala retención, mala Capilaridad y mala humectabilidad, se desarrolló el proceso que se describe a continuación, el cual mejora estas tres características.

MATERIALES Y METODOS

Para realizar este proceso se parte de cascarilla de arroz cruda y arcilla fina. Se hace uso de la propiedad que tiene la arcilla de ser hidrofílica, de retener humedad y de aportar Capacidad de Intercambio Catiónico. La arcilla por lo general se consigue localmente en las fincas o en las cercanías de las mismas y es de bajo costo. Las arcillas existen en diversos tipos y clases, presentando algún mayor o menor grado de retención de humedad así como de nutrientes. Las de tipo montmorillonítico poseen mayor capacidad de retención que las de tipo caolinítico. Sin embargo ambos tipos de arcilla dan buenos resultados.

PROCEDIMIENTO

Para realizar el procedimiento se siguen los siguientes pasos:

1. Extracción de la arcilla
2. Remojo para lograr su ablandamiento.
3. Licuefacción para fabricar una "Barbotina"
4. Adición de sustancias complementarias. (Yeso y Micro elementos)
5. Mezcla con la cascarilla.

La dosis de arcilla ensayada fue de 200 kg/mt³ de cascarilla. Adicionalmente se agregaron 8 kg de Yeso por metro cúbico

RESULTADOS

La prueba de retención de humedad dio el siguiente resultado: se observa la presencia de "canalización" en la cascarilla cruda y la ausencia de dicho fenómeno en la cascarilla tratada. Haciendo riego por la parte superior, el drenaje fue respectivamente de 475 ml y 890 ml en el primer pase y de 455 y 870 ml en el segundo pase, dando una retención de 27.2 % vs.6.5 % respectivamente .