

**DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE MATERIAL PARTICULADO QUE GENERA EL  
SECTOR DE LA MOLINERÍA DE ARROZ DEL ÁREA METROPOLITANA DE  
BUCARAMANGA**

**Ing. Sanitaria y Ambiental. JENI PAOLA ANGARITA BUITRAGO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA-ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2007**

**DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE MATERIAL PARTICULADO QUE GENERA EL  
SECTOR DE LA MOLINERÍA DE ARROZ DEL ÁREA METROPOLITANA DE  
BUCARAMANGA**

**Ing. Sanitaria y Ambiental. JENI PAOLA ANGARITA BUITRAGO**

**Monografía de Grado para optar al título de  
Especialista en Química Ambiental**

**Director del proyecto  
Ing. Químico. JUAN CARLOS CASTRO ORTÍZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA-ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2007**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
<b>2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>12</b>
2.1 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	12
2.2 TÉCNICAS BÁSICAS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES	14
2.2.1 Muestras en la fuente	15
2.2.2 Modelos de Emisión	16
2.2.3 Encuestas	16
2.2.4 Factores de Emisión	17
2.2.5 Balance de materiales	18
2.2.6 Extrapolación	18
2.3 LA CADENA DE ARROZ EN COLOMBIA	19
2.3.1 Técnicas de cultivo de Arroz Paddy	19
2.3.2 Localización de cultivos de arroz	19
2.3.3 Comportamiento del área sembrada de Arroz Paddy 1999-2005	20
2.3.4 Producción de Arroz Paddy en Colombia	22
2.3.5 Comportamiento de los precios de arroz	22
2.3.6 Importancia económica y social del arroz	23
2.3.7 Contexto mundial	23
2.3.8 Comercio exterior del arroz	24
2.4 LA INDUSTRIA DE LA MOLINERÍA DE ARROZ EN COLOMBIA	25
2.4.1 Características de los molinos arroceros del país	27
2.5 PROCESOS DE LA MOLINERÍA DE ARROZ	28
2.6 LA INDUSTRIA DE LA MOLINERÍA DE ARROZ EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA (AMB)	30
2.6.1 Clasificación de las industrias de la molinería de arroz	30
2.6.2 Comportamiento del sector de la molinería de arroz	31
2.6.3 Molinerías de arroz en el AMB	31
2.7 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA MOLINERÍA DE ARROZ	34
2.7.1 Acondicionamiento de arroz paddy verde	35
2.7.2 Trilla o molinería de arroz paddy seco	37

2.7.3	Empaque de arroz blanco	40
2.7.4	Disposición de Subproductos	41
2.8	USO O DISPOSICIÓN FINAL DE SUBPRODUCTOS	42
2.9	PRINCIPALES EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO	42
2.10	EMISIONES ATMOSFÉRICAS GENERADAS EN EL PROCESO	43
2.11	SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO (MP)	43
<b>3.</b>	<b>RECOPIACIÓN DE DATOS</b>	<b>44</b>
3.1	Fuentes de emisión de material particulado	44
3.2	Datos de procesos	44
<b>4.</b>	<b>CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO QUE GENERA EL SECTOR DE LA MOLINERÍA DE ARROZ DEL AMB</b>	<b>45</b>
4.1	Arrocera Molino Nacional	45
4.2	Arrocera El Comercio	46
4.3	Arrocera La Granja	46
4.4	Arrocera El Dorado	47
4.5	Arrocera El Libertador	47
4.6	Arrocera Tropical	48
4.7	Arrocera San Pablo	48
4.8	Arrocera Los Comuneros	49
4.9	Arrocera Molinos Santander	49
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>50</b>
5.1	Comparación de los resultados con los límites de emisión establecidos en la norma	51
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>56</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>57</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>52</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Área arrocera sembrada 1999-2005	20
Tabla 2: Área cosechada, producción y rendimientos	22
Tabla 3: Producción de Arroz Cáscara	24
Tabla 4: Origen de las importaciones de la cadena agroindustrial del arroz (1991-2004)	25
Tabla 5: Procesos y equipos utilizados en la producción de Arroz Pulido	28
Tabla 6: Estado de operación de las molinerías de arroz.	32
Tabla 7: Uso o disposición final de subproductos generados en el proceso	42
Tabla 8: Equipos utilizados en las molinerías de arroz del AMB	43
Tabla 9: Fuentes de emisión de material particulado	44
Tabla 10: Datos de capacidad y producción en las molinerías de arroz del AMB	44
Tabla 11: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera Molinos Nacional	45
Tabla 12: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera El Comercio	46
Tabla 13: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera La Granja	46
Tabla 14: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera El Dorado	47
Tabla 15: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera El Libertador	47
Tabla 16: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera Tropical	48
Tabla 17: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera San Pablo	48
Tabla 18: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera Los Comuneros	49
Tabla 19: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera Molinos Santander	49
Tabla 20: Consolidado de las emisiones de material particulado	50
Tabla 21: Comparación de las emisión de MP con la norma	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área arrocerá sembrada 1999-2005	21
Figura 2: Área semestral cultivada de arroz en Colombia, 1999	21
Figura 3: Índice estacional del arroz	23
Figura 4: Producción y exportaciones de Arroz	24
Figura 5: Número de establecimientos en el sector de trilla y pilado de arroz (1999-2000)	26
Figura 6: Clasificación de los molinos arroceros por tamaño de la empresa	27
Figura 7: Diagrama general del proceso de la molinería de arroz	34
Figura 8: Diagrama etapa acondicionamiento de arroz paddy verde	35
Figura 9: Albercas inclinadas	36
Figura 10: Diagrama etapa trilla o molinería de arroz paddy seco	38
Figura 11: Diagrama de aventadora	39
Figura 12: Diagrama de separadora de paddy	40
Figura 13: Emisión de material particulado	51
Figura 14: Comparación de la emisión de MP con la norma	54

## RESUMEN

TITULO: DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE MATERIAL PARTICULADO QUE GENERA EL SECTOR DE LA MOLINERÍA DE ARROZ DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.\*

AUTOR: JENNY PAOLA ANGARITA BUITRAGO\*\*

PALABRAS CLAVES: Contaminación Atmosférica, Factores de emisión, Material Particulado

### DESCRIPCIÓN:

Se determinó la carga de material particulado que generan las nueve (9) molinerías de arroz localizadas en el Área Metropolitana de Bucaramanga con el fin de verificar si estas industrias cumplen con el límite de emisión de material particulado establecido en el Decreto 02 de 1982.

Para el cálculo de las emisiones generadas en cada etapa del proceso productivo se utilizaron los Factores de Emisión estipulados por la EPA para este tipo de industrias, encontrándose que la arroceras que emiten una mayor carga de material particulado son la Arroceras Los Comuneros y La Arroceras El Libertador con 16,97 T/año y 14,53 T/año respectivamente.

De acuerdo a la comparación de los resultados obtenidos con lo establecido en la norma, se pudo concluir que las emisiones de material particulado de la Industria de la Molinería de Arroz ubicada en el Área Metropolitana de Bucaramanga, están por debajo de la norma.

---

\* MONOGRAFÍA

\*\* FACULTAD DE CIENCIAS  
ESPECIALIZACIÓN DE QUÍMICA AMBIENTAL  
ING. JUAN CARLOS CASTRO

## SUMMARY

TITLE: DETERMINATION OF PARTICULATE MATTER LOADS GENERATED BY THE RICE MILLING INDUSTRY IN BUCARAMANGA'S METROPOLITAN AREA.\*

AUTHOR: JENNY PAOLA ANGARITA BUITRAGO\*\*

KEY WORDS: atmospheric pollution, emission factors, particulate matter.

### DESCRIPTION:

Particulate matter emissions generated by the nine (9) rice milling companies located in Bucaramanga's Metropolitan Area was determined, in order to determine compliance with emission limits stated by Decree 02/82.

Calculation of pollutant loads generated within each stage of the process was done by using emission factors developed by the EPA for this kind of industries. It was found that the rice mills generating the greatest particulate matter loads are "*Los Comuneros*" with 16.97 t/year and "*El Libertador*" with 14.53 t/year.

According with the obtained results, it can be concluded that particulate matter emissions generated by the rice milling industry located in Bucaramanga's Metropolitan Area, is within emission limits stated by Colombian environmental regulation.

---

\*\* FACULTY OF SCIENCES  
SPECIALIZED GRADUATE PROGRAM IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY  
Eng. JUAN CARLOS CASTRO

## INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es hoy un tema de alto interés puesto que en los últimos años esta ha ido en aumento por la emisión de una gran cantidad de contaminantes que generan diversas fuentes y en muchos de los casos sin ningún tipo de control.

Adicionalmente, la contaminación atmosférica no solo deteriora la calidad del aire si no que genera además problemas de salud pública relacionados principalmente con la incidencia de afecciones respiratorias; por lo tanto las medidas de seguimiento y control a fuentes y la implementación de programas de reducción de la contaminación atmosférica se constituyen en herramientas de gran interés para mitigar los impactos que se pueden generar.

En relación a lo anterior es importante identificar las principales fuentes emisoras de contaminación, el tipo y cantidad (es decir, conocer que y cuanto se emite de contaminantes como resultado de los procesos industriales, la operación de vehículos automotores y otras actividades específicas) y verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental respectiva; para lo cual existe una herramienta de gran ayuda como es el Inventario de Emisiones. Sin embargo y a pesar de la gran importancia de dicha herramienta, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) aún no la ha implementado.

No obstante, es necesario realizar un eficiente seguimiento y control de las diversas fuentes de contaminación atmosférica localizadas en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) con el propósito de ajustarlas a la normatividad ambiental vigente y de esta manera mitigar las emisiones que generan las diversas actividades productivas.

Por lo anterior en el presente estudio se determinó la carga de material particulado que genera el sector de la Molinería de Arroz localizado en el AMB, con el propósito de verificar el cumplimiento de los límites de emisión permisibles para este contaminante.

Se espera que la intervención de dicho sector industrial sirva como punto de partida para intervenir otros sectores productivos, dado que es de suma importancia que las entidades encargadas de la planeación y control ambiental tengan conocimiento de las categorías de las fuentes emisoras de contaminantes en la región y los tipos y cantidades de contaminantes que éstas generan, con el propósito de intervenir inicialmente los sectores industriales que generen un mayor impacto ambiental.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la carga de material particulado que genera el Sector de la Molinería de Arroz del Área Metropolitana de Bucaramanga.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el sector de la molinería de arroz del Área Metropolitana de Bucaramanga.
- Establecer las técnicas o métodos utilizados para efectuar la estimación de emisiones.
- Seleccionar una técnica para estimar la emisión de material particulado que genera el sector de la molinería de arroz.
- Verificar el cumplimiento del límite de emisión permisible para material particulado establecido en la normatividad ambiental vigente.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación atmosférica se puede definir como la presencia en la atmósfera exterior de uno o más contaminantes o sus combinaciones, en cantidades tales y con tal duración que sean o puedan afectar la vida humana, de animales, de plantas, o de la propiedad y que interfiere el goce de la vida, la propiedad o el ejercicio de las actividades.

Los contaminantes los podemos clasificar como primarios o secundarios. Un contaminante primario es aquél que se emite a la atmósfera directamente de la fuente y mantiene la misma forma química, como por ejemplo, la ceniza de la quema de residuos sólidos; un contaminante secundario es aquel que experimenta un cambio químico cuando llega a la atmósfera, como por ejemplo el ozono que surge de los vapores orgánicos y óxidos de nitrógeno que emiten una estación de gasolina o el escape de los automóviles.

Los contaminantes del aire también se han clasificado como contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Los contaminantes criterio se han clasificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objeto de estudios de evaluación publicados en documentos de criterios de calidad del aire. En el nivel internacional los contaminantes criterio son:

- Material Particulado (MP)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Azufre (SO<sub>x</sub>)
- Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Plomo (Pb)
- **Material Particulado (MP):** Inicialmente con la denominación de partículas totales en suspensión (PTS), las cuales son partículas sólidas o líquidas del aire, se reconoció a una amplia categoría de material particulado como contaminante criterio. Desde la segunda mitad de la década de 1980, varios países incluyeron en sus normas sobre material particulado a las partículas con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM<sub>10</sub>), en la segunda mitad de la década de 1990, las normas sobre material particulado especificaron considerar no solo al PM<sub>10</sub> sino también al material particulado con menos de 2,5 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM<sub>2,5</sub>).

El motivo de este cambio es que las partículas más pequeñas son más peligrosas para el hombre porque tienen mayor probabilidad de ingresar a la parte inferior de los pulmones.

En la naturaleza el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, polinización de plantas e incendios forestales. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización, almacenamiento de granos y la industria de la construcción.

- **Monóxido de carbono (CO):** Es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones altas puede ser letal. En la naturaleza se forma mediante la oxidación del metano, que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La principal fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustible como la gasolina.

El monóxido de carbono es especialmente problemático en zonas urbanas con gran número de automóviles; por lo que el volumen del tránsito y el clima local influyen sobre su concentración en el aire. Los efectos sobre la salud dependen de la concentración y duración de la exposición.

El monóxido de carbono en los seres humanos afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. Normalmente, los glóbulos rojos transportan el oxígeno por todo el cuerpo pero cuando hay monóxido de carbono este atrae más a los glóbulos rojos que al oxígeno lo que da lugar a la escasez de oxígeno en la sangre.

- **Óxidos de Azufre (SOx):** Los óxidos de azufre son gases incoloros que se forman al quemar el azufre. El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es el contaminante criterio que indica la concentración de óxidos de azufre en el aire. La fuente primaria de óxidos de azufre es la quema de combustibles fósiles, en particular el carbón. Se ha denominado el óxido de azufre como un contaminante que “pasa a través de” porque la cantidad de este contaminante emitido al aire es casi la misma cantidad presente en el combustible.

Los óxidos de azufre también son responsables de algunos efectos sobre el bienestar. El de mayor preocupación es la contribución de óxidos de azufre a la formación de lluvia ácida que puede perjudicar lagos, la vida acuática, materiales de construcción y la vida silvestre.

- **Óxidos de Nitrógeno (NOx):** Los óxidos de nitrógeno comúnmente referidos como NOx son un grupo de gases conformado por el nitrógeno y oxígeno, siendo el Nitrógeno el elemento más común del aire el cual representa el 78% del aire que respiramos. Los óxidos de nitrógeno incluyen compuestos como óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El término NOx se refiere a la combinación de estas dos sustancias.

Las fuentes más comunes de óxido de nitrógeno son la descomposición bacteriana de nitratos orgánicos, incendios forestales y de pastos, y la actividad volcánica. Las fuentes principales de emisión antropogénica son los escapes de los vehículos y la quema de combustibles fósiles.

- **Ozono (O<sub>3</sub>):** El ozono es considerado como un contaminante criterio y secundario. Se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar. El ozono es el principal componente del smog o niebla fotoquímica y causa efectos nocivos en los seres humanos y plantas.

Una estrategia de control para el ozono es reglamentar las fuentes de COV y óxidos de nitrógeno. Las fuentes principales de estos contaminantes son los productos de combustión incompleta que emiten los escapes de los vehículos, la quema de combustibles fósiles, el uso de compuestos de petróleo y solventes orgánicos en procesos industriales y de limpieza.

El ozono tiene la singularidad que es también beneficioso para los seres humanos y otros seres vivos. Es un componente necesario de la estratosfera, la capa del aire que protege la troposfera, porque sirve para proteger a la tierra de la nociva radiación ultravioleta del sol. Sin embargo, cuando se encuentra en concentraciones altas en la troposfera o capa inferior de la atmósfera, se le considera un contaminante.

- **Plomo (Pb):** El plomo es una sustancia natural que abunda en el ambiente. Debido a sus propiedades físicas que le permiten formarse y moldearse fácilmente, tiene muchas aplicaciones.

El plomo se usaba frecuentemente para fabricar tuberías de agua y recipientes para alimentos; también ha sido un ingrediente importante en la fabricación de pinturas y gasolina.

La fuente primaria de contaminación del aire por plomo ha sido el uso de combustibles con plomo en automóviles. Como un aditivo en la gasolina el plomo desacelera el proceso de combustión en los motores. Debido a que el plomo no se consume en el proceso de combustión, se emite como material particulado. Uno de los más grandes éxitos ambientales de los dos últimos decenios ha sido la reducción de plomo en el aire gracias al mayor uso de la gasolina sin plomo y a la reducción del contenido de plomo en combustibles con plomo.

El plomo es un contaminante importante del aire porque es tóxico para los humanos y debido a su difícil remoción del cuerpo, hace que se acumule en varios órganos y puede dañar el sistema nervioso central.

## 2.2 TÉCNICAS BÁSICAS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Las técnicas básicas descritas a continuación se encuentran consignadas en el Volumen III de los Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México.

Además es importante resaltar que las técnicas descritas en dicho documento son el resultado de un proceso de investigación que permitió identificar los métodos que actualmente utilizan tanto en México como en Europa, Asia, Estados Unidos y la Organización Mundial de la Salud (OMS), para realizar inventarios de emisiones.

**2.2.1 Muestreos en la fuente:** El propósito de cualquier programa de muestreo en la fuente es determinar la concentración del contaminante en una corriente de gas o la tasa de emisión del contaminante de una chimenea o del escape de un proceso. Midiendo la concentración del contaminante en un volumen conocido de gas y determinando la tasa de flujo del gas en una chimenea es posible calcular la tasa de emisión en masa del contaminante.

Debido a la complejidad técnica del muestreo en la fuente, se requiere de tiempo y equipo para obtener datos de emisiones que sean exactos y válidos para numerosos contaminantes de una fuente. En consecuencia, el costo de realizar un muestreo de este tipo en una planta puede ser muy alto; sin embargo si se aplica correctamente, este método puede proporcionar una mejor estimación de las emisiones de una fuente que los factores de emisión o los balances de materiales.

El uso de datos de muestreo en la fuente reduce el número de suposiciones relacionadas con la aplicabilidad de factores de emisión generalizados, las eficiencias del equipo de control de contaminación del aire, las variaciones del equipo, o las características del combustible que son aplicadas a tipos similares de fuentes de emisión para estimar las tasas de emisión de los contaminantes.

Los datos de muestreo en fuente deben usarse para estimar emisiones sólo si los datos se obtuvieron en condiciones representativas de la operación normal del proceso. Los datos de emisión determinados a partir de un muestreo en la fuente pueden extrapolarse para estimar las emisiones anuales de una fuente si la operación del proceso no varía de manera significativa.

El Muestreo Isocinético es la medición en chimenea mas usado, básicamente se trata de extraer una muestra del flujo de aire de una chimenea a condiciones isocinéticas; es decir, evitando que se presente separación mecánica debido a la inercia de las partículas, por lo tanto debe hacerse a unas condiciones de velocidad y temperatura iguales a las presentadas en el ducto. Este trabajo de campo se combina con trabajo de laboratorio, para obtener resultados que son comparados con las normas establecidas en la normatividad ambiental.

El principio de funcionamiento consiste básicamente que la corriente de gas es succionada a través de la boquilla (Nozzle), conducida por la sonda (Probe) hacia la caja caliente (hot box) donde las partículas pasan a través de un filtro, donde son removidas de la corriente gaseosa, luego el gas caliente pasa a una caja fría (cold Box) en donde se encuentran 4 percutores; los dos primeros contienen cada uno 100 mililitros de agua destilada, el tercero se encuentra vacío y el ultimo contiene 200 gramos de silica gel. Estos percutores se encuentran sumergidos en hielo el cual por diferencia de temperaturas causa condensación.

El equipo cuenta con un cordón umbilical el cual conduce el gas que sale de la caja fría hacia la consola, que contiene en su interior un manómetro para determinar la caída de presión a través de un orificio y otro que marca la diferencia de presión del tubo de pitot en S, colocado junto con la boquilla en el interior de la chimenea; la succión para que el equipo funcione la realiza una bomba de vacío. El muestreador contiene un medidor de gas seco en el cual se registra el volumen de aire succionado.

**2.2.2 Modelos de Emisión:** Muchas estimaciones de emisiones se desarrollan utilizando un factor de emisión que supone una relación lineal entre la tasa de emisión y una unidad de actividad (ej. cantidad de combustible consumido, tasa de producción, población, empleo, etc.). Para ciertas categorías de fuente la relación funcional entre las emisiones, los procesos múltiples y las variables ambientales se estudia suficientemente para soportar el desarrollo de modelos complejos. Si estos modelos de emisión requieren cálculos complejos o grandes volúmenes de datos para alimentarlos, es probable que se basen en computadoras.

Si bien los modelos están diseñados para producir estimaciones más exactas que las obtenidas con factores de emisión, la exactitud de la estimación siempre dependerá de la calidad de los datos con que se alimente el modelo y de las suposiciones en que se base. Por lo tanto, antes de decidir utilizar un modelo como la alternativa para un tipo específico de fuente es importante comparar las necesidades del modelo de emisión con los datos disponibles.

Para estimar emisiones pueden requerirse uno o varios parámetros físicos de la fuente para la cual se usará el modelo. Asimismo, es importante revisar que la conversión de las unidades métricas de los datos disponibles a las unidades estándar inglesas requeridas sea correcta si se están aplicando modelos de los EU.

**2.2.3 Encuestas:** Una encuesta es la técnica que se usa por lo común para recolectar datos para los inventarios de emisiones de fuentes puntuales. El cuestionario debe enviarse a cada planta solicitando información acerca de las características de cada uno de sus dispositivos emisores.

También se puede usar el método de encuesta para reunir la información necesaria para calcular las estimaciones de fuentes de área o para desarrollar factores de emisión específicos para una región que sirvan para hacer ciertas estimaciones de emisiones de fuentes de área.

La realización de una encuesta consta de varios pasos. Ya sea para una encuesta de fuentes puntuales o de área, el primer paso es determinar un tamaño adecuado de muestra e identificar las plantas y subcategorías, así como las diferencias en los procesos dentro de la categoría de fuentes encuestada, para preparar posteriormente las listas de distribución por correo.

Se deben diseñar los cuestionarios, ordenarlos y enviarlos por correo o entregarlos personalmente, preparar y organizar los procedimientos para el manejo de datos y se deben establecer sistemas para la recepción de las respuestas. Se requiere un considerable esfuerzo mental y de planeación para diseñar un nuevo cuestionario o para modificar alguno ya existente.

El grado de éxito de una encuesta depende mucho de si ésta se encuentra apoyada por una agencia regulatoria y también de qué tan concisa es, de su facilidad de uso y de lo general del cuestionario. Además, las respuestas deben sujetarse a profundas revisiones para el aseguramiento y control de calidad (AC/CC) para eliminar los datos inválidos.

Entre las principales etapas para la aplicación de las encuestas como método de estimación de emisiones encontramos las siguientes: Planeación inicial, identificación de

plantas, selección de muestras, determinación del tamaño de la muestra, limitación del tamaño de la encuesta por correo, diseño de los cuestionarios, renovación de contactos, acceso a los archivos de contaminación del aire en la agencia [para la zona de estudio la CDMB] y escalamiento de los resultados de la encuesta.

**2.2.4 Factores de Emisión:** Los factores de emisión se usan a menudo para calcular las emisiones cuando los datos de monitoreo de chimeneas específicos del sitio no están disponibles. Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una unidad de actividad.

Los factores de emisión básicamente se pueden clasificar en dos tipos: los basados en procesos y los basados en censos. Por lo general, los primeros se usan para desarrollar estimaciones de emisiones de fuentes puntuales y a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados de una encuesta o de un balance de materiales; los factores de emisión basados en censos, por otro lado, se usan mucho para hacer estimaciones de emisiones de fuentes de área.

- **Factores de Emisión Basados en Procesos:** Se han realizado varios programas de muestreo de fuentes para medir las tasas de emisión de ciertos dispositivos o procesos que se sabe que son fuentes de emisiones al aire. Puesto que con frecuencia no se requiere ni es económicamente factible hacer un muestreo en cada fuente emisora, los resultados de muestreos de “fuentes representativas” se usan para desarrollar factores de emisión basados en procesos, para dispositivos o procesos similares. Estos factores se expresan en la forma general de masa de contaminante emitido por unidad de proceso.

Entre las unidades de proceso más comunes se encuentran el consumo de energía, el rendimiento de materiales, las unidades de producción, el calendario de operación, o el número de dispositivos ó las características de éstos.

La fuente de consulta más extensa para factores de emisión basados en procesos, específicos para los Estados Unidos, es el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (U.S. EPA, January 1995a). La referencia principal para factores de emisión de contaminantes tóxicos del aire es el sistema de datos FIRE (U.S. EPA, 1995b).

- **Factores de Emisión Basados en Censos:** Las fuentes de área en ciertas categorías son difíciles de inventariar usando cualquiera de las metodologías antes presentadas. El uso de factores de emisión basados en censos es un método eficiente para tipos de fuentes emisoras dispersas y numerosas que no se pueden caracterizar rápidamente conociendo las tasas de proceso, de consumo de combustible y/o de alimentación de materiales. Comparadas con otras técnicas de estimación de emisiones el uso de factores de emisión basados en censos es la opción más “amigable” y más costo-efectiva dado que los datos de censos ya están disponibles en la mayor parte de las regiones donde se hacen inventarios de emisiones.

Sin embargo, la desventaja de usar factores de emisión existentes basados en censos es que la mayor parte de ellos fueron desarrollados en EU o en Europa y es posible que no representen las condiciones socioeconómicas y las prácticas de control de la zona objeto de estudio. Asimismo, es importante recordar que los factores de emisión basados en censos son más exactos cuando se aplican a toda la región para la que el factor de emisión fue desarrollado que cuando se aplica a regiones más pequeñas.

**2.2.5 Balance de materiales:** El balance de materiales (también conocido como balance de masa), es un método utilizado comúnmente para estimar las emisiones de muchas categorías de fuentes. El método de balance de materiales puede usarse en los casos en que no hay datos disponibles de muestreos en la fuente, factores de emisión u otros métodos desarrollados.

De hecho, para algunas fuentes, un balance de materiales es el único método práctico para estimar las emisiones con exactitud. Por ejemplo, en muchos casos el muestreo en la fuente de emisiones de COVs de bajo nivel, intermitentes o fugitivas puede ser muy difícil y costoso.

El uso de un balance de materiales implica el análisis de un proceso para determinar si las emisiones pueden ser estimadas solamente con el conocimiento de los parámetros específicos de operación y de las composiciones de los materiales. Si bien el balance de materiales es una herramienta valiosa para estimar las emisiones de muchas fuentes su aplicación requiere que se conozca alguna medida del material que está siendo "balanceado" en cada punto a lo largo del proceso.

El uso del balance de materiales es muy adecuado en los casos en que pueden hacerse mediciones exactas de todos los componentes, excepto las emisiones al aire. Si no se cuenta con esta información y, por lo tanto debe suponerse, se podrían generar serios errores.

En el inventario de emisiones de COVs, se usa por lo general un balance de materiales generalmente para estimar las emisiones de las fuentes de emisión de evaporación de solventes. Esta técnica es aplicable de igual manera tanto para las fuentes puntuales como para las de área. En las fuentes puntuales se puede usar a nivel de dispositivo o de planta, mientras que en el caso de las fuentes de área el balance de materiales podría aplicarse a nivel regional o nacional.

**2.2.6 Extrapolación:** Las técnicas de extrapolación pueden usarse para calcular emisiones directamente y para verificar las estimaciones de emisiones calculadas con otros métodos. En general, la extrapolación de emisiones de una región geográfica a otra se considera como el enfoque menos deseable para la estimación de emisiones.

Este enfoque puede no tomar en cuenta de manera apropiada algunas diferencias importantes entre dos regiones y puede propagar los sesgos de un inventario a otro.

Sin embargo, cuando se combina con un marco de modelado, la extrapolación es un enfoque práctico y costo-efectivo para desarrollar estimaciones de emisiones para aquellas regiones en las que la información no es suficiente para soportar metodologías de estimación más rigurosas.

En primer lugar, los datos de emisiones de un tipo de proceso o de planta, pueden ser extrapolados a tipos de fuente o de planta similares. Este tipo de extrapolación se usaría para hacer estimaciones de emisiones de fuentes puntuales.

En otros casos si se puede argumentar que las condiciones socioeconómicas entre dos o más regiones geográficas son comparables, los datos disponibles de emisiones de fuentes de área para una región pueden ser extrapolados a las demás regiones basándose en datos de población y de empleo.

## 2.3 LA CADENA DE ARROZ EN COLOMBIA

**2.3.1 Técnicas de cultivo de Arroz Paddy:** En el país predominan dos grandes categorías en el cultivo del arroz; el mecanizado, donde se emplean máquinas para realizar una o varias labores del proceso productivo del cultivo, y el manual o chuzo, donde sólo se emplea mano de obra en todas las actividades del proceso productivo.

La siembra manual, es un sistema de producción que no incluye labores mecanizadas y generalmente usa el producto para atender el autoconsumo familiar y los excedentes los comercializa localmente en forma de trueque para completar las necesidades básicas de la familia. Se encuentra ubicado principalmente en el departamento del Chocó y en la zona del Bajo Cauca, donde se cultiva en pequeñas parcelas a la orilla de los ríos.

El arroz mecanizado, constituye el sector moderno que está integrado en su mayoría por agricultores profesionales que comercializan toda su producción, y se divide en arroz riego y arroz seco.

El arroz riego, es aquel en el que el agua que requiere el cultivo es provista por el hombre en cualquier momento, y puede hacerse por bombeo o gravedad (ya sea que el agua provenga de distritos de riego públicos o privados, o de pozos), o por inundación o fangueo. El arroz seco, es aquel donde el agua únicamente proviene de las lluvias, y normalmente dispone de canales de drenaje. La gran mayoría del área sembrada en éste sistema está localizada en los Llanos Orientales y se diferencia del sistema que comúnmente se denomina seco en el resto de América (Brasil), en que el tipo de tierras y el nivel de tecnología que usan en Colombia son prácticamente las mismas que se usan en riego.

La estabilidad en la producción nacional proviene principalmente del arroz de sistema de riego, porque el área irrigada del país dispone de agua durante los 12 meses del año y permanece constante a través de los años. El Sistema de seco mecanizado es el que le imprime la flexibilidad tanto al área como la producción a través del tiempo.

**2.3.2 Localización de cultivos de arroz:** Aunque se registra este cultivo en casi todos los departamentos del país, según las cifras reportadas por el Ministerio de Agricultura, 5 concentran el 77% de la producción nacional: Tolima, Meta, Casanare, Huila y Norte de Santander.

Según la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ), gremio que representa a los productores nacionales, las zonas productoras de arroz se agrupan principalmente en 5 zonas que cobijan el mayor número de departamentos con condiciones económicas y agronómicas similares, las cuales se describen a continuación:

- **Zona Centro:** Corresponde a los departamentos de Huila, Tolima, Caquetá, Cundinamarca y Boyacá en las áreas aledañas al Río Magdalena y a los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, pero la producción se concentra en Huila y Tolima donde se utiliza el sistema de riego y donde se encuentran localizados los distritos de riego mejor organizados de todo el país.
- **Llanos Orientales:** Se encuentra en las postrimerías de la Cordillera Oriental y cobija gran parte del oriente colombiano. La producción se encuentra concentrada en el

Meta, donde se produce principalmente bajo sistema de secano mecanizado, en Casanare, donde una parte importante proviene de arroz riego, y en Arauca, donde predomina el secano mecanizado.

- **Bajo Cauca:** Corresponde a la parte baja del valle del Río Cauca y comprende parte de los departamentos de Antioquia, Bolívar, Córdoba y Sucre. En esta zona la mayoría del área se cultiva bajo secano mecanizado y manual, pero una pequeña parte está sembrada en riego.

- **Costa Norte y Santanderes:** Debido a las condiciones similares que se presentan en los departamentos pertenecientes a estas zonas, en muchas ocasiones son unidas haciéndose referencia al conjunto de los departamentos del nororiente colombiano. En la Costa Norte se encuentran las áreas arroceras del Cesar, Guajira y Magdalena, donde generalmente se cultiva arroz riego, aunque en la parte sur del Cesar se siembran algunas hectáreas en el sistema de secano. En Norte de Santander se utiliza el riego tradicional y el fanguero, mientras que en Santander se produce bajo los sistemas de riego y secano.

**2.3.3 Comportamiento del área sembrada de Arroz Paddy 1999-2005:** El comportamiento del área destinada para el cultivo de arroz ha variado en los últimos años, tal como se muestra en la tabla y figura a continuación:

**Tabla 1: Área arrocera sembrada 1999-2005**

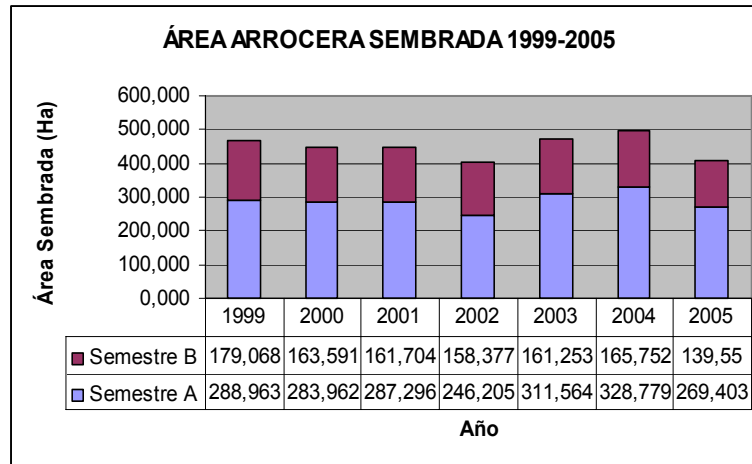
ÁREA SEMBRADA POR DEPARTAMENTOS*							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>SEMESTRE A</b>							
Casanare	38146	44407	5058	55071	78434	86618	55653
Huila	21817	18247	18786	14894	15412	17304	1713
Meta	87204	84787	77386	71524	82615	83848	71025
Tolima	5671	52686	52648	49547	56505	54717	50806
Otros dptos**	85086	83835	87896	55169	78598	86292	74789
<b>Subtotal</b>	<b>288963</b>	<b>283962</b>	<b>287296</b>	<b>246205</b>	<b>311564</b>	<b>328779</b>	<b>269403</b>
<b>SEMESTRE B</b>							
Casanare	14665	11431	18616	1521	1501	17125	10921
Huila	18768	19667	15159	14155	18821	17789	19465
Meta	18172	14111	18239	13981	17003	17979	11401
Tolima	60209	52498	49907	50017	53533	514	48149
Otros dptos**	67254	65884	59783	65014	56886	61459	49615
<b>Subtotal</b>	<b>179068</b>	<b>163591</b>	<b>161704</b>	<b>158377</b>	<b>161253</b>	<b>165752</b>	<b>13955</b>
<b>TOTAL</b>	<b>468031</b>	<b>447553</b>	<b>449000</b>	<b>404582</b>	<b>472817</b>	<b>494531</b>	<b>408953</b>

Fuente: Convenio Dane- Fedearroz

\* Expresada en Hectáreas

\*\*Antioquia, Bolívar, Caquetá, Cauca, Cesar, Córdoba, Guajira, Cundinamarca, Magdalena, Santanderes, Sucre y Valle del Cauca

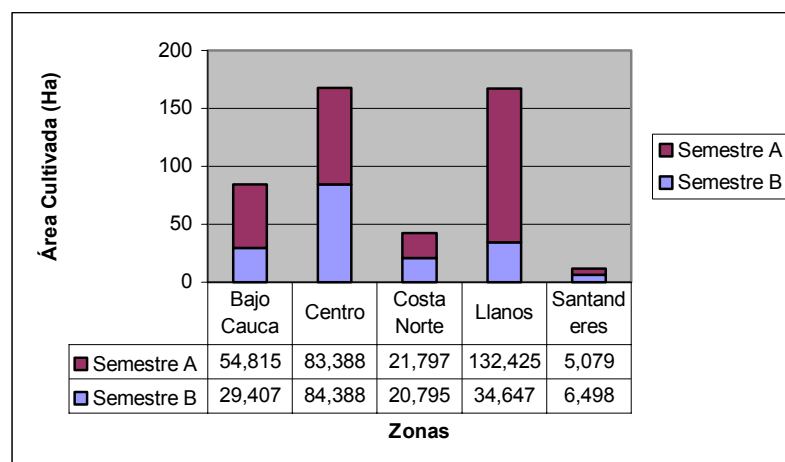
**Figura 1: Área arrocera sembrada 1999-2005**



Según la tabla y figura anterior, en Colombia se registró una disminución drástica del área sembrada de arroz para el año 2002 y 2005. Además el aumento más representativo de área sembrada en los últimos años se presentó en el año 2004 con un cifra de 494.531 Hectáreas.

Por otra parte y como se dijo anteriormente la zona arrocera en Colombia se divide en cinco zonas, de acuerdo con las principales características agro ecológicas: Bajo Cauca, Centro, Llanos Orientales, Santanderes y Costa Norte. De acuerdo a la clasificación anterior y según el II Censo Arrocero realizado en 1999, el Centro y los Llanos son las zonas más productoras de arroz con el 34% cada una, seguida por el Bajo Cauca con el 17% del área, la Costa Norte con el 9% y los Santanderes con el 6%, tal como se muestra a continuación.

**Figura 2: Área semestral cultivada de arroz en Colombia, 1999**



Fuente: II Censo Nacional Arrocero

Como se puede observar, durante el año se presentan dos cosechas de arroz. En el primer semestre se registra aproximadamente el 63% del área sembrada y en el segundo el 37%. Esta diferencia entre semestres obedece a que una parte importante de la producción de arroz se realiza bajo secano, principalmente en los Llanos, afectando los volúmenes que se ofrecen en el mercado.

En efecto, durante los dos semestres el área bajo cultivo se mantiene más o menos constante en el Centro, la Costa Norte y Santanderes dado que sus cultivos no dependen del régimen de lluvias, en cambio en el Bajo Cauca y principalmente en los Llanos ésta aumenta notoriamente en el primer semestre.

### 2.3.4 Producción de Arroz Paddy en Colombia

**Tabla 2: Área cosechada, producción y rendimientos**

VARIABLE	2002	2003	2004	2005
Área (Ha)	404,935	457,516	501,593	425,824
Producción (Ton paddy seco)	2,024,675	2,333,332	2,507,965	2214,285
Rendimiento(Ton paddy seco/Ha)	5,0	5,1	5,0	5,2

Fuente: Censo Dane-Fedearroz. Cálculos Observatorio Agrocadenas- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Durante el periodo comprendido entre los años 2002 y 2004, la producción de arroz ascendió un 23%, alcanzando una cifra record de 2.507.965 toneladas de paddy seco para el año 2004. Para el año 2005 hubo un descenso del 12% en la producción con respecto al 2004, debido principalmente a la disminución en el área cosechada que se presentó en este periodo.

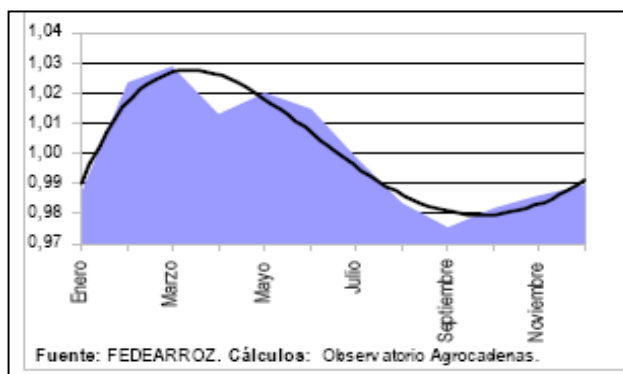
Esta dinámica que manifiesta el área y la producción en el 2005, según los actores de la cadena, obedece principalmente a la caída de los precios que se efectuó durante el año 2004, donde la sobreoferta de arroz, producto de una mayor área e importaciones, ocasionaron una acumulación de inventarios y problemas en la comercialización, principalmente en la zona de los Llanos Orientales, desestimulando las siembras para el año siguiente. A estos problemas se le suma la alta intensidad de lluvias que ocasionó inundaciones en la región del Bajo Cauca, incluyendo los departamentos de Córdoba, Cesar, Bolívar, Sucre y Antioquia, entre otros, ocasionando pérdidas en miles de hectáreas.

El rendimiento durante este lapso ha manifestado variaciones, obedeciendo a la utilización de diferentes tipos de semillas con características agronómicas específicas, las cuales cambian constantemente de un semestre a otro según la determinación y aceptación por parte de los agricultores. Además un factor crucial que influye sobre los rendimientos nacionales son las condiciones climáticas, que afectan directamente la luminosidad, siendo este un factor decisivo en el desarrollo del cultivo y por tanto en el rendimiento final.

**2.3.5 Comportamiento de los precios de arroz:** Según el índice estacional del arroz, durante el primer semestre donde se recoge aproximadamente el 36% del área

sembrada, los precios se elevan y por el contrario durante el segundo semestre donde el área cosechada es mayor del 64%, el precio se reduce. Sin embargo la implementación de políticas comerciales permite nivelarlos un poco y mantener una oferta más estable.

**Figura 3: Índice estacional del arroz**



De acuerdo a la gráfica anterior el pico más alto se observa en marzo y el más bajo en septiembre. El comportamiento de los precios coincide con las fechas de recolección de las cosechas; las siembras de enero a junio se cosechan entre mayo y septiembre, y las siembras de julio a diciembre se cosechan de septiembre a abril del año siguiente.

Los precios bajos del segundo semestre obedecen a que, durante este lapso, se cosecha el grueso de la producción anual (63% del total), que resulta de la producción de los Llanos, que sola representa el 43% de la cosecha del semestre, generando una sobre oferta estacional del cereal.

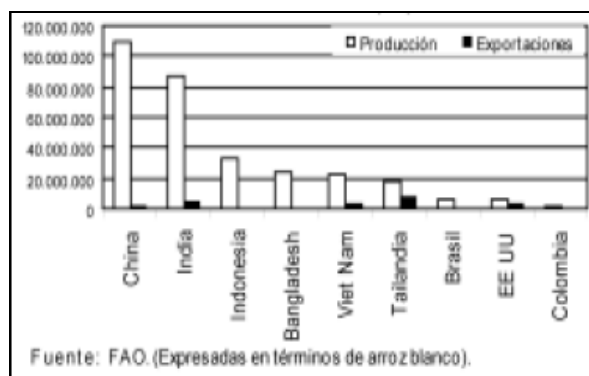
**2.3.6 Importancia económica y social del Arroz:** El arroz es el tercer producto agrícola en extensión, después del café y el maíz; representa el 13% del área cosechada en Colombia y el 30% de los cultivos transitorios. Su producción representa el 6% del valor de la producción agropecuaria y el 11% de la actividad agrícola Colombiana.

La cadena productiva de este cereal es un importante generador de empleo. El II Censo Nacional Arrocerero realizado en 1999 por FEDEARROZ, identificó la existencia de 28.128 productores y 33.435 unidades productoras de arroz (UPA), y la industria molinera empleó en forma directa 4.468 personas.

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.

**2.3.7 Contexto mundial:** De acuerdo a la siguiente gráfica el 77% de la producción mundial de arroz se concentra en 6 países del continente asiático: China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam y Tailandia. Las exportaciones del cereal ascienden a un porcentaje relativamente bajo del consumo aparente mundial (alrededor del 7%) y el 69% de las mismas se concentra en 4 países: Tailandia (27%), India (18%), Vietnam (12%) y Estados Unidos (12%).

**Figura 4: Producción y exportaciones de Arroz**



Durante el año 2003, según cifras de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), Colombia ocupó el puesto número 22 en la producción mundial de arroz cáscara, el tercero entre los países del ALCA (Área de Libre Comercio de las Américas), después de Brasil y Estados Unidos, y el primero entre los miembros de la CAN (Comunidad Andina). Sin embargo, la participación en el mundo es marginal con sólo el 0,4% del total, pero importante en el ALCA con el 8,3% y en la CAN con el 37,6%.

La producción colombiana anualmente ha aumentado a una tasa del 4,8% entre 1993 y 2003, la cual se encuentra muy por encima del comportamiento mundial del 1,1%, y de los países del ALCA y de la CAN, que crecieron a tasas anuales del 1,8% y 3,6%, respectivamente, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 3: Producción de Arroz cáscara**

PUESTO	PAIS	1993	1997	2001	2003	PART (%)	CRECIM (%)
1	Colombia	1,590,062	1,830,286	2,313,810	2,500,000	37,6	4,8
2	Perú	967,627	1,459,830	2,028,719	2,090,000	31,4	7,7
3	Ecuador	1,239,760	1,071,541	1,255,990	1,235,967	18,6	-0,3
4	Venezuela	638,99	792,239	787,119	580	8,7	-0,5
5	Bolivia	222,594	255,586	287,134	250	3,8	0,6
	CAN	4,659,033	5,409,482	6,672,772	6,655,967	100	3,6

Fuente: FAO. Cálculos Observatorio Agrociudades-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Como se puede observar, Colombia sigue siendo el principal productor en el contexto de los países de la CAN, con un crecimiento superior al de los demás miembros (con excepción de Perú), ganando de esta manera participación en la producción. Mientras que en 1993 representaba el 34% del total de la subregión, en el 2003 aumentó al 38%.

**2.3.8 Comercio exterior del Arroz:** Como indicativo de los flujos de comercio se presentan en la tabla 4 los países de origen de importaciones por producto para el volumen acumulado entre 1991-2004.

**Tabla 4: Origen de las importaciones de la cadena agroindustrial del arroz (1991-2004)**

PRODUCTO	PAIS DE ORIGEN	% VOLUMEN IMPORTADO
Arroz Paddy	Estados Unidos	91%
Arroz Descascarillado	Venezuela	91%
Arroz Blanco	Ecuador	54%
	Venezuela	18%
	Vietnam	15%
Arroz Partido	Venezuela	83%
Harina de Arroz	Ecuador	61%
	Venezuela	37%
Salvado y demás residuos de arroz	Venezuela	74%

Fuente: DANE. Cálculos Observatorio Agro cadenas-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Como se observa, en el producto con algún nivel de elaboración se compra a países vecinos como Venezuela y Ecuador, mientras que la materia prima que se ha importado proviene principalmente de Estados Unidos.

Aquí vale la pena destacar el problema de contrabando de arroz blanco dado que la industria ha mencionado reiteradamente que es una de las variables que afecta fuertemente el mercado nacional. Un estudio realizado por INDUARROZ, estimó que entre 54.000 y 79.000 toneladas de arroz blanco provenientes de Venezuela pudieron ingresar al país en el 2004, de las que se estima que el 35% (que representa alrededor del 1,3% de la producción nacional) lo hicieron de forma ilegal, perjudicando la comercialización de la producción nacional en los departamentos de la costa Atlántica e incluso en el centro del país.

## 2.4 LA INDUSTRIA DE LA MOLINERÍA DE ARROZ EN COLOMBIA

Los industriales del arroz en Colombia están organizados básicamente en las siguientes instituciones: la Federación Nacional de Industriales del Arroz (INDUARROZ) quien agrupa a 20 molinos arroceros de la zona Centro, la Costa, Meta y Valle del Cauca, entre los que se encuentran los más grandes del país; la Asociación Nacional de Molineros de Arroz (MOLIARROZ) quien representa a Inproarroz, el molino más grande de los Llanos y a otros 34 molinos pequeños de esta región, la Costa y la zona Centro del país; y, la Asociación de Molineros del Llano (AMOLILLANO) que agrupa a unos 10 molinos medianos del Meta (aunque algunos de estos molinos se encuentran afiliados simultáneamente a MOLIARROZ).

Recientemente se ha reportado el avance en la conformación de un nuevo gremio, la Federación de Industrias Arroceras de la Costa (FIAC), el cual agruparía a unos 20 molinos de los departamentos de Córdoba, Bolívar y Sucre.

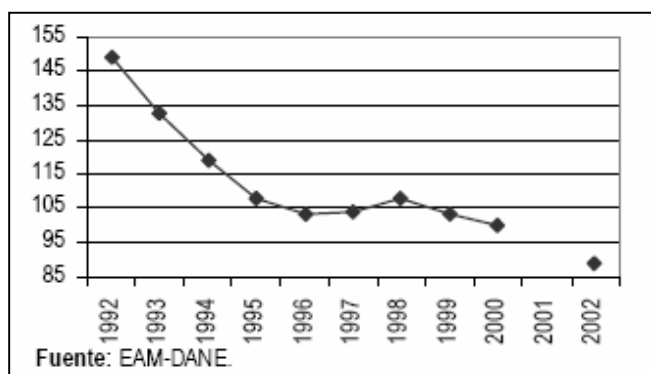
Cuantificar la cantidad de molinos existentes en el país no es tarea fácil en la medida en que hay capacidad instalada sobrante y molinos subutilizados que operan en forma

esporádica o estacional, que benefician arroz de manera rentable solo cuando el margen de precios entre arroz blanco y paddy lo permite. Esto se debe a que las barreras de entrada (barreras de entrada es un término que se refiere al costo o las dificultades tecnológicas de penetrar o adquirir la tecnología para participar en una determinada industria) y los costos de salida en esta industria no son demasiado grandes, de tal manera que, en épocas difíciles, es posible dejar en estado de hibernación las instalaciones por un tiempo, para reiniciar actividad cuando se presenten coyunturas de precios con mejor margen.

En general, con tecnología avanzada o con la tradicional, el arroz blanco sigue siendo prácticamente el mismo producto. Solo se presentan pequeñas diferencias en la apariencia final del grano y en que la tecnología avanzada permite la reducción de cantidad de grano partido, el procesamiento de mayores volúmenes y la disminución de costos de operación. Por tanto, si hay margen suficiente, es decir, si existe una buena diferencia de precio entre el arroz blanco y el arroz paddy, un molino tradicional puede participar en el mercado de arroz blanco y obtener ganancias.

Según la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del DANE, para el año 2002 se registraron 89 establecimientos dedicados a la molinería de arroz en Colombia, mientras que en 1992 existían 149, indicando una fuerte tendencia a la desaparición de muchos molinos arroceros en el país, tal como se muestra en al figura 5.

**Figura 5: Número de establecimientos en el sector de trilla y pilado de arroz.(1999-2002)**

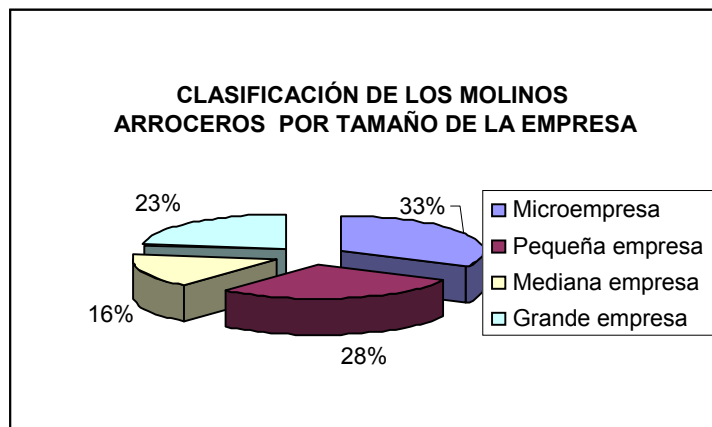


No obstante, hay que tener en cuenta que la encuesta registra aquellos establecimientos que ocupan 10 o más personas, por lo que molinos con una menor cantidad de empleo pueden no aparecer registrados en la misma. Por otra parte, INDUARROZ, el gremio que representa a los molinos más grandes del país, reporta para el año 2003 la existencia de 130 molinos; de estos, 40 se encuentran en la Zona Centro, 39 en los Llanos, 20 en la Costa Norte, 18 en los Santanderes y 13 en el Bajo Cauca.

Adicionalmente, el Observatorio Agrocadenas sobre la base de datos de CONFECÁMARAS, la cual contiene la información de todas las empresas registradas en las Cámaras de Comercio del país en el año 2003, registra 102 establecimientos dedicados a la molinería de arroz en Colombia.

De estos, como se muestra en la siguiente figura, un 23% se clasifican como empresas de tamaño grande, 16% son empresas medianas, 26% pequeñas empresas y 33% Microempresas.

**Figura 6: Clasificación de los molinos arroceros por tamaño de la empresa**



Fuente: Observatorio Agrocadenas con base en CONFECAMARAS

Pese a que se encuentra una alta participación de la micro y pequeña empresa, puede decirse que las grandes son las que definen el mercado de arroz blanco en Colombia.

**2.4.1 Características de los molinos arroceros en el país:** Desde el punto de vista de su organización, tamaño y utilización de tecnología, los molinos de arroz en Colombia podrían clasificarse de la siguiente manera:

- **Empresas grandes (empresas innovadoras):** En este grupo estarían los 7 molinos grandes que desde principios de los años noventa se han caracterizado por su constante innovación en tecnología de producción, con búsqueda e importación de máquinas de lo que podría llamarse tecnología de punta, y por su continuo esfuerzo por profesionalizar su administración y por mejorar y ampliar su red de distribución de arroz empaquetado. Estas empresas procesan cantidades de arroz superiores a 60.000 toneladas anuales de arroz paddy y algunas de ellas sobrepasan la cifra de 100.000 toneladas anuales; además cuentan con tecnología de escala que les permiten compensar la reducción de los márgenes que la industria ha enfrentado en los últimos años.
- **Empresas grandes y medianas (empresas de tecnología media):** Este grupo lo integran las empresas que reciben la tecnología de producción y las técnicas de administración y distribución de reflejo, es decir, que la innovación tecnológica y la administrativa la realizan comprando copias fabricadas en el país de las máquinas importadas por los líderes y siguiendo los caminos trillados por los líderes. Aquí se pueden encontrar algunas empresas que procesan cantidades de arroz muy grandes, aunque en general se encuentran en el rango de 20.000 a 50.000 toneladas de arroz paddy al año. Estas empresas también alcanzan niveles que les permite realizar economías de escala, si bien no de la importancia de las del primer grupo.

- **Empresas pequeñas y microempresas (empresas sin tecnología de avanzada y/o que trabajan de manera discontinua):** Se trata de aquellas empresas que cuentan con tecnología atrasada y algunas trabajan de manera esporádica, principalmente en épocas de recolección de cosechas. La cantidad de paddy que procesan es inferior a 10.000 toneladas anuales. Estas empresas enfrentan dificultades cada vez mayores y dependen de la oportunidad de realizar compras de ocasión de paddy para obtener utilidades.

## 2.5 PROCESOS DE LA MOLINERÍA DE ARROZ

La molienda de arroz incluye una serie de procesos, algunos totalmente independientes y otros concatenados entre sí. Para obtener los mejores resultados, existe la opción de modificar, hasta cierto punto, la secuencia en que se realizan los procesos de acuerdo con el tipo de arroz que se procese, las características de la demanda, las circunstancias económicas y según las costumbres y tradiciones de cada zona.

No se puede afirmar que existe la mejor máquina, ni el mejor proceso universal. Las circunstancias y condiciones de cada mercado requieren diferentes soluciones. Aunque las operaciones básicas de la molinería de arroz son pocas, la combinación de etapas complementarias en el proceso tiene muchas alternativas y, como se dijo, no existe una solución que se pueda considerar como la mejor para todos los casos.

De manera simplificada, los procesos básicos, los complementarios y opcionales y los equipos normalmente utilizados para la producción de arroz corriente, se enumeran en la tabla siguiente:

**Tabla 5: Procesos y Equipos utilizados en la producción de arroz pulido**

ETAPA BÁSICA	ETAPA OPCIONAL	EQUIPOS UTILIZADOS
	Peso del paddy recibido	Báscula continua
<b>Prelimpieza</b>		Jaulas de Ardilla Zarandas Planas Aire
	Clasificación paddy	Cilindros de precisión Discos de Alvéolos Triadores (Trieurs)
	Separación de Piedras	Mesa Gravimétrica
	Separación Magnética	Imanes
<b>Descascarado</b>		Descascaradora de rodillos
<b>Separación de cáscaras</b>		Aventadora Circuito abierto o cerrado
	Separación de harina de descascarado	Zaranda Plana
	Recuperación de Paddy de la cáscara	Mesa Densimétrica

ETAPA BÁSICA	ETAPA OPCIONAL	EQUIPOS UTILIZADOS
.....Continua	Entrega de cáscara a granel	Sinfin Neumático Tolvas elevadas
	Manejo independiente Rectificación de granos inmaduros	Zarandas Aventadora Separadora de Paddy
<b>Separación de paddy</b>		De mesa De bandeja
	Descascarado de granos rechazados	Descascaradora de rodillos
<b>Separación magnética</b>		Imane
	Rectificación con zaranda	Mini zaranda
	Clasificación por grosor	Cilindros de precisión
	Pesaje de arroz cargo	Báscula continua
<b>Blanqueo</b>		Abrasión Fricción
	Separación de quebrados	Zarandas planas
	Pulido de quebrados	Abrasión Fricción
	Separación magnética	Imanes permanentes Protección de piedras y masas
<b>Pulido</b>		Abrasión Fricción
	Medición de blancura	Equipos de Laboratorio
<b>Aspiración y recuperación de harinas</b>		Ciclones Filtros
	Rectificación de harinas	Cernidos centrífugo de alta velocidad
	Pesaje de harina	Báscula continua
	Empaque de harina	Empacadora de sinfín
	Entrega de harina a granel	Transportadores Tolvas elevadas
	Aspiración de arroz blanco	Tarara de aspiración
	Zaranda de recuperación de impalpables y puntas de arroz	Zaranda en caída libre
<b>Separación de granos de ¼</b>		Zarandas planas de rotovaivén Plansifter
<b>Separación de granos enteros 1/1</b>		Zarandas planas Plansifter
<b>Recuperación de granos enteros 1/1</b>		Triadores (Trierus)
	Rectificación de granos	Zarandas Planas

ETAPA BÁSICA	ETAPA OPCIONAL	EQUIPOS UTILIZADOS
.....Continua	Medios para recuperación de enteros	Plansifter
	Pesaje de arroz entero	Báscula continua
	Pesaje de arroz quebrado	Báscula continua
	Clasificación por color	Clasificadoras electrónicas
	Dosificación para mezcla	Dosificadores de volumen o de peso
	Adición de recubrimientos	Aplicadores de aceite Talco Parafina
<b>Empaque</b>		Tolvas de transferencia a sacos
	Empaque en bolsas	Tolvas elevadas Empacadoras Agrupadoras de bolsas
<b>Control</b>	Medición de rendimientos en tiempo real, monitoreo de equipo	Computador de control (P.L.C.)

Fuente: Molinería de Arroz en los Trópicos. Ediagro

## 2.6 LA INDUSTRIA DE LA MOLINERÍA DE ARROZ EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA (AMB)

### 2.6.1 Clasificación de las industrias de la molinería de arroz

- **Según la clasificación CIIU:** La Cámara de comercio de Bucaramanga clasifica las actividades económicas por procesos productivos según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme adaptada para Colombia - CIIU Rev. 3 A.C., la cual fue el resultado de un proceso de adaptación de la Clasificación Internacional Uniforme (CIIU Rev.3) que la Comisión Estadística de las Naciones Unidas propuso en 1989.

En relación a lo anterior, las industrias de la molinería de arroz existentes en el área de estudio se enmarcan en la sección D, correspondiente al sector de INDUSTRIAS MANUFACTURERAS.

Por otra parte dentro de la clasificación anterior se encuentra la división 150000 correspondiente a la ELABORACION DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y DE BEBIDAS que incluye la división 154000 ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA, DE ALMIDONES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL ALMIDÓN Y ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.

Además, dentro de la división 154000 citada anteriormente se encuentra la agrupación de ELABORACION DE PRODUCTOS DE LA MOLINERIA denominada con la división 154100 que incluye el subgrupo 154104 relacionado con TRILLA, PILADO DE ARROZ el

cual es el grupo específico en el cual se encuentran las molinerías de arroz en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

- **Según su organización, tamaño y utilización de tecnología:** Como se dijo anteriormente los molinos se pueden clasificar en empresas grandes (empresas innovadoras), empresas grandes y medianas (empresas de tecnología media) y empresas pequeñas y microempresas (empresas sin tecnología de avanzada y/o que trabajan de manera discontinua).

De acuerdo a la clasificación anterior y las características de cada tipo de empresa, los molinos localizados en el AMB se encuentran clasificados dentro de los últimos grupos; empresas de tecnología media y empresas sin tecnología de avanzada y/o que trabajan de manera discontinua.

**2.6.2 Comportamiento del sector de la molinería de arroz:** La industria de la molinería de arroz en el Área Metropolitana de Bucaramanga, es de gran importancia en la economía de la región, puesto que contribuye con la producción de uno de los productos básicos de la canasta familiar de mayor consumo en los hogares colombianos.

No obstante, este sector se ha visto afectado en las últimas décadas por diversos factores de tipo económico y social, lo que ha generado una disminución notable en el número de molinos y en la producción de arroz blanco en aquellos molinos que aún se encuentran en operación.

Según el estudio “Aplicación de Estrategias de Producción Más Limpia en el Sector Arrocerero del Área Metropolitana de Bucaramanga” desarrollado en el año 2001 por el Nodo de Producción más Limpia de Santander; para la década de los años 70, en los Santanderes existían 37 molinos de los cuales, 35 estaban casi sobre una misma calle de Bucaramanga y los dos restantes en la ciudad de Cúcuta. Además para el año 2001 se encontraban en operación 15 molinos, los cuales fueron objeto del estudio referenciado.

Según los gremios del sector e industriales molineros, los principales factores que han influenciado dicho comportamiento del sector de la molinería de arroz en el AMB son: altos costos de la materia prima que se incrementan con el transporte, importaciones legales e ilegales de arroz procesado principalmente de Venezuela, Perú y Ecuador, factores internos de cada molinería, preferencia de los consumidores por marcas posicionadas en el mercado, cambios en políticas de gobierno, entre otros. Estos factores han generado como ya se ha dicho, el cierre de varias industrias, disminución de la producción en los molinos, la suspensión temporal de actividades de trilla en algunas plantas dado que no se obtienen los márgenes de utilidad esperados por lo cual se compra el arroz blanco listo para su empaque y distribución.

**2.6.3 Molinerías de arroz en el AMB:** Con el propósito de establecer el número de arroceras existentes en el AMB, se consultaron diversas fuentes tales como la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Cámara de Comercio de Bucaramanga e industriales del sector de la molinería de arroz; encontrándose que la información disponible en la CDMB era la más completa.

Por lo tanto se consultaron los expedientes de las arroceras que se han encontrado bajo seguimiento y monitoreo por parte del Grupo de Emisiones Atmosféricas de la CDMB;





- Arrocera El Dorado
- Arrocera El Libertador
- Arrocera Tropical
- Arrocera San Pablo
- Molinos Los Comuneros
- Arrocera Molinos Santander

## 2.7 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA MOLINERÍA DE ARROZ

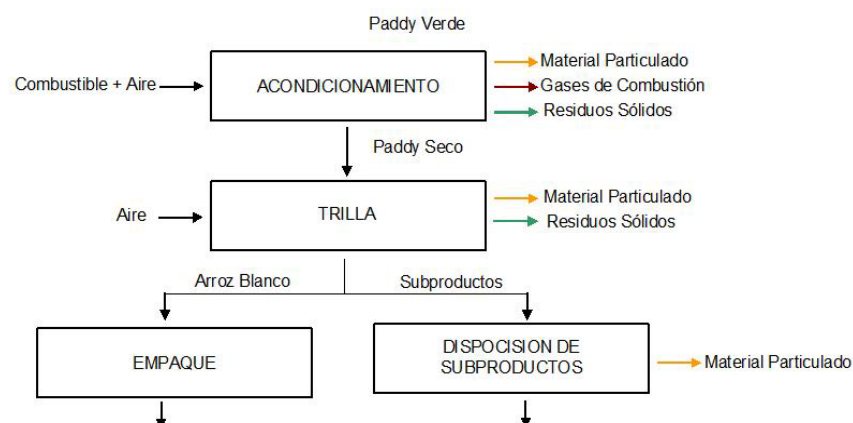
La industria de la molinería de arroz o trilla consiste básicamente en la transformación de arroz paddy verde en arroz blanco pulido, mediante diversos procesos con el fin de obtener la menor cantidad de granos partidos.

Como se dijo anteriormente existen diversas etapas principales y opcionales asociadas al proceso dependiendo de la zona donde se encuentran los molinos y características socio-económicas. En relación a lo anterior, es importante aclarar que el sector de la molinería de arroz situado en el Área Metropolitana de Bucaramanga, se caracteriza por la similitud de sus procesos tanto a nivel regional como nacional.

No obstante, se aprecian algunas variaciones principalmente en actividades como clasificación por color y etapas opcionales de limpieza y blanqueo. Por lo tanto el proceso descrito a continuación corresponde a una recopilación de información en las arroceras objeto de estudio, consulta de diversos estudios de la cadena agroindustrial del arroz y la publicación Molinería de Arroz en los Trópicos de Ediago.

Por lo tanto, el proceso de la molinería de arroz consiste básicamente en el acondicionamiento del arroz paddy verde, trilla o molinería de arroz paddy seco, empaque de arroz blanco y disposición de subproductos; tal como se describe en la figura 7:

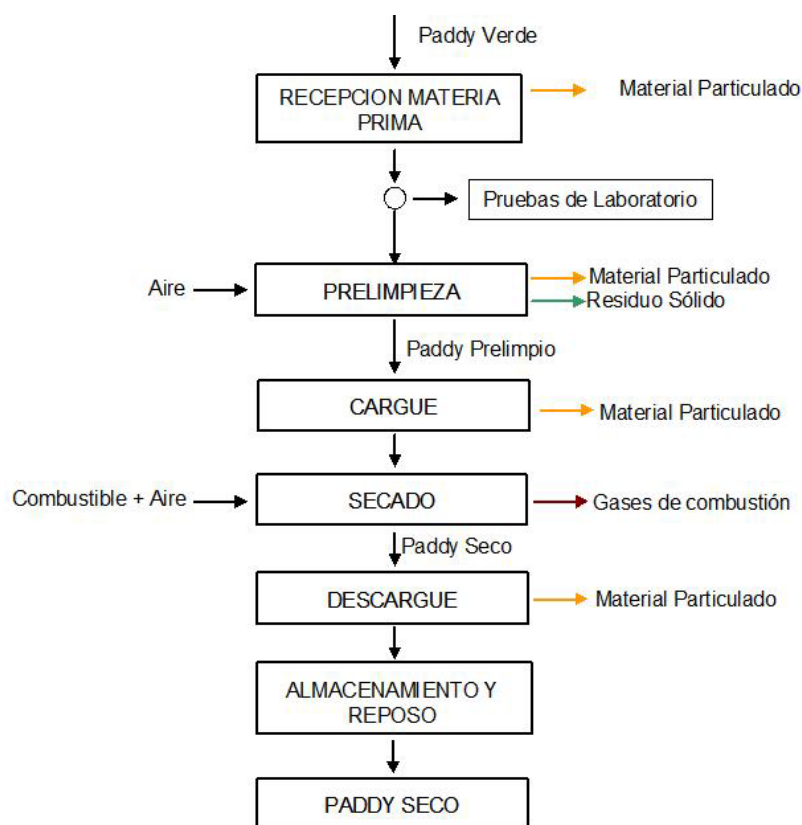
**Figura 7: Diagrama general del proceso de la molinería de arroz**



A continuación se realizará una descripción de las etapas enunciadas anteriormente y las operaciones que las conforman:

**2.7.1 Acondicionamiento de arroz paddy verde:** El acondicionamiento consiste básicamente en preparar la materia prima mediante la separación de las impurezas y reducción de humedad, para las etapas posteriores. Esta etapa está conformada por las siguientes operaciones:

**Figura 8: Diagrama etapa acondicionamiento de arroz paddy verde**



- **Recibo de la materia prima:** El paddy verde llega del campo a los molinos en sacos o a granel en vehículos transportadores y posteriormente es depositado en tolvas de recibo para su siguiente operación.

En el momento del recibo se toman muestras de materia prima para efectuarle algunos análisis de laboratorio, con el fin de establecer la calidad del arroz paddy mediante la determinación de la humedad, contenido de impurezas, entre otros parámetros de igual interés.

- **Prelimpieza:** En esta operación se busca remover impurezas y materiales extraños como paja, ramas, hojas, semillas de otras plantas, piedras etc, que se encuentran en la materia prima que proviene del cultivo. Su separación se hace

mecánicamente mediante cribado utilizando equipos de diferente tipo y un sistema de aspiración.

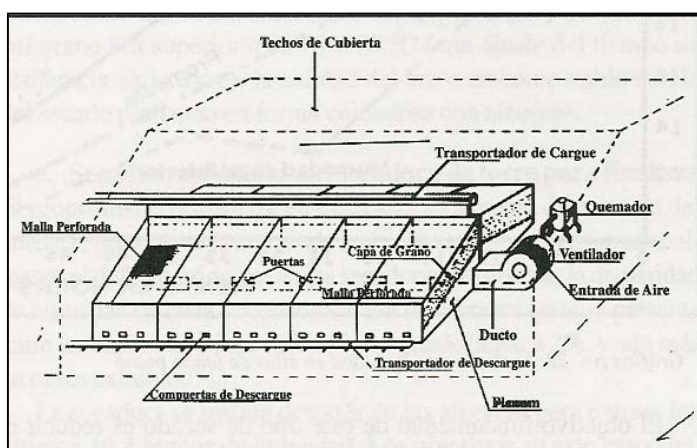
Los molinos líderes conceden mayor atención a esta labor porque facilita todas las operaciones posteriores del proceso y se traduce en mejor rendimiento en secado, mejor conservación del grano durante el almacenaje y mayor rendimiento en el descascarado. El trabajo se realiza utilizando principios físicos aplicados a las diferencias de forma, peso, etc, que existen entre el grano de arroz, la materia extraña y los granos se semillas objetables.

- **Cargue:** El paddy se transporta desde la prelimpia hasta las albercas de secado mediante elevadores de cangilones y transportadores de tornillo; posteriormente se van llenando las albercas hasta una altura determinada para iniciar el siguiente paso.
- **Secado:** Por lo general el arroz paddy proveniente de los cultivos llega a los molinos con un porcentaje de humedad que oscila entre 18% y 25% por lo que en la etapa de secado se busca reducir la humedad alrededor del 13%, con el fin de preparar el paddy verde para la trilla. En Colombia la mayor parte de la capacidad instalada de secado de arroz, está constituida por las denominadas “albercas” [aunque también se utilizan sistemas combinados torre-alberca], que utilizan pisos de malla perforada, para forzar aire a través de capas de grano, de espesor que oscila entre 60 y 150 cm. En el Área Metropolitana de Bucaramanga, los sistemas de secado lo constituyen las secadoras de alberca, las cuales constan de un quemador, ventilador, compuertas, conducto de aire y piso perforado de malla.

La operación de secado se lleva a cabo en tres etapas: El cargue de las albercas de secado, el secado del grano que inicia con el encendido del sistema de aire hasta alcanzar la humedad deseada y el descargue del grano seco que combina trabajo mecánico y manual. Cabe resaltar que el control del grano es manual, por lo cual la humedad deseada se controla tomando muestras periódicamente.

En la figura 9 se muestran las características típicas de una alberca de secado:

**Figura 9: Albercas inclinadas**

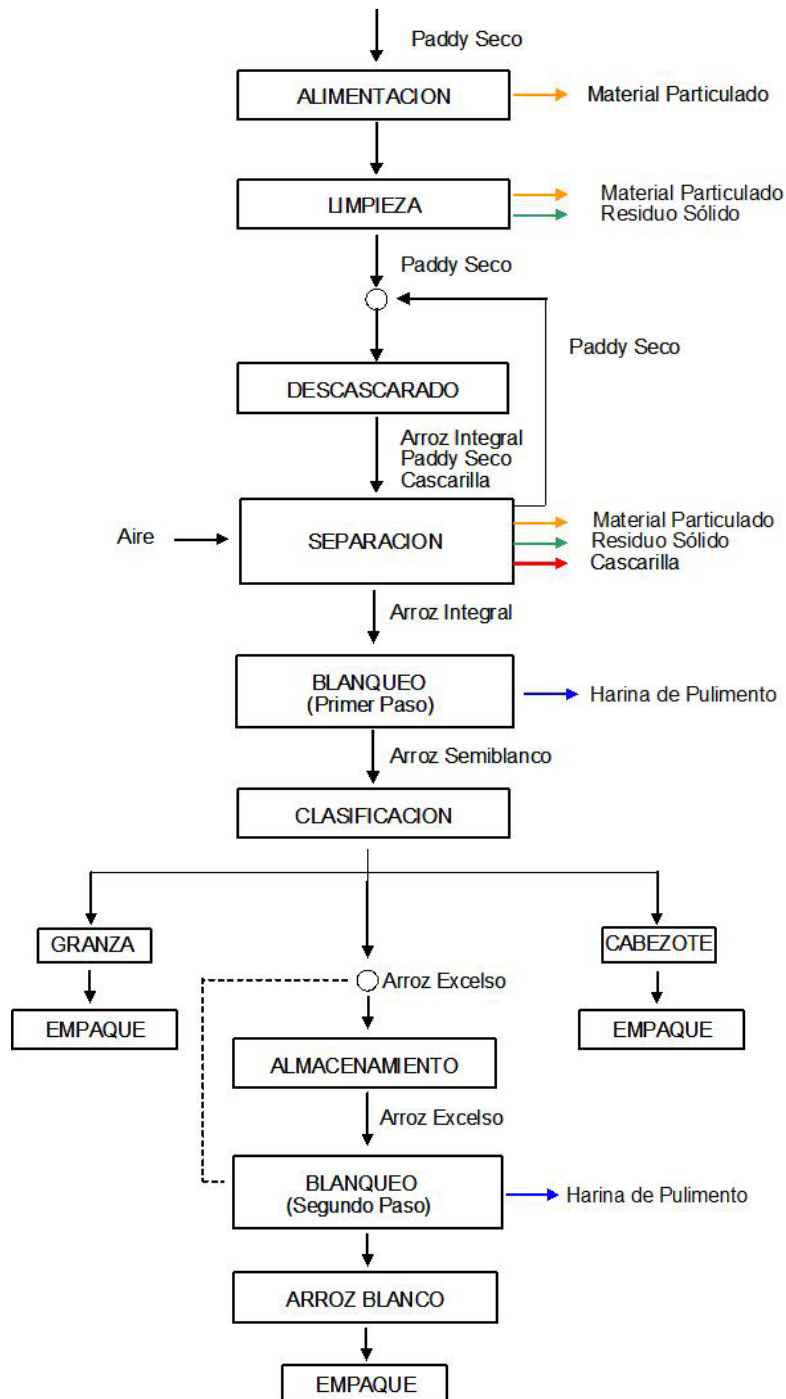


Fuente: Molinería de Arroz en los Trópicos. Ediagro

- **Descargue:** El grano seco se descarga de las albercas y se empaca en costales de fique en una operación que combina transporte mecánico y trabajo manual.
- **Almacenamiento y reposo:** El paddy seco se almacena a granel o en los sacos de fique en un ambiente fresco y seco, hasta que se estabilicen sus características (humedad, temperatura, tensión superficial) para iniciar después de un periodo de reposo, la siguiente operación.

**2.7.2 Trilla o molinería de arroz paddy seco:** La trilla o molinería consiste básicamente en el descascarado del arroz paddy seco y el blanqueo del grano. La trilla se lleva a cabo mediante las etapas descritas en la figura 10:

Figura 10: Diagrama etapa trilla o molinería de arroz paddy seco



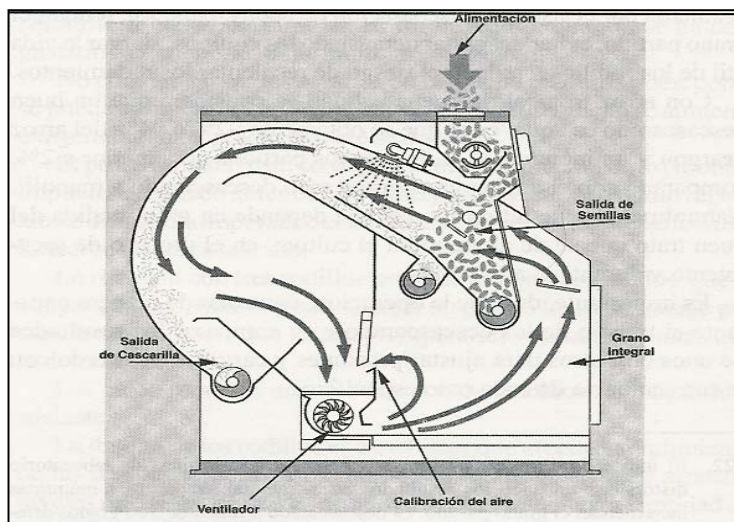
- **Alimentación:** El grano acondicionado se deposita manualmente en la tolva alimentadora de trilla y posteriormente se conduce a la siguiente etapa.
- **Limpieza:** En esta etapa se retira la impureza residual del grano mediante procesos de cribado y aspiración, con el fin de evitar que agentes extraños puedan afectar los descascaradores.
- **Descascarado:** Esta etapa del proceso se lleva a cabo mediante el paso del arroz paddy seco por la descascaradora de rodillos. En general en estas máquinas se descascara entre el 90% y 94% del arroz paddy producido en Colombia.

El descascarado se realiza por la combinación de tres efectos: presión de los rodillos, efecto de la velocidad diferencial de los rodillos e impacto contra la platina colocada debajo de la descarga de los rodillos.

Con arroz tropical de buena calidad se considera que un buen descascarado es aquel en el que se obtiene un 92% a 94% del arroz "cargo" [arroz descascarado] y un incremento en los granos partidos no superior a 2%. Posteriormente la mezcla que resulta del proceso de descascarado, conformada por cascarilla o tamo, arroz descascarado o integral y paddy no descascarado, se conduce a la siguiente operación del proceso.

- **Separación:** La mezcla de descascarado pasa por la aventadora con el fin de separar la cascarilla del flujo proveniente de la descascaradora. En esta etapa se introduce una corriente controlada de aire para separar la cascarilla, la cual es enviada y depositada en la tamera (sitio de disposición de este subproducto).

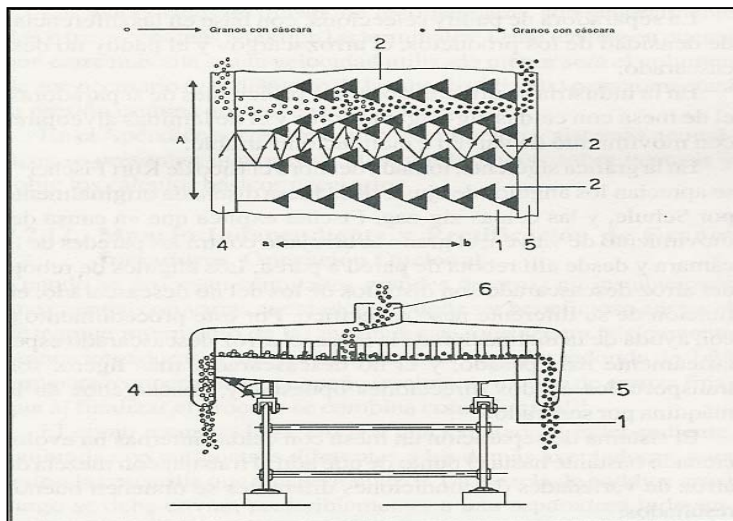
**Figura 11: Diagrama de aventadora**



Fuente: Molinería de Arroz en los Trópicos. Ediagro

Posteriormente la mezcla de arroz cargo o integral y arroz paddy no descascarado, pasa por la mesa separadora de paddy, la cual selecciona con base en las diferencias de densidad estos dos productos. Finalmente el paddy no descascarado entra nuevamente a los descascaradores y el arroz integral se conduce a la siguiente operación.

**Figura 12: Diagrama de separadora de paddy**



Fuente: Molinería de Arroz en los Trópicos. Ediagro

- **Blanqueo:** La estructura de un grano de arroz consiste de un núcleo duro de almidón (endospermo) y unas capas suaves de harina (salvado) que lo cubren, de tal manera que, desde el punto de vista físico, la acción de blanqueado depende básicamente de las diferencias en resistencia de los diferentes materiales. En el proceso de blanqueado se busca ejercer una acción lo suficientemente fuerte para separar las capas blandas (salvado) sin que haya demasiado esfuerzo y demasiada presión que puedan dañar el endospermo.

Básicamente el proceso de blanqueo o pulido de arroz integral, es la remoción de las capas externas del grano mediante la acción de fricción entre granos y abrasión del grano contra masas de esmeril. De esta etapa se obtiene el arroz blanco entero y partido; y la harina de pulimento la cual es recolectada y enviada a la etapa de disposición de subproductos. Adicionalmente en algunos molinos se encuentran etapas adicionales de blanqueo.

- **Clasificación intermedia:** Los granos quebrados durante la trilla se separan mecánicamente del grano entero mediante una criba rotativa o plansifter seguida por un cilindro de alvéolos o clasificador trieurs, los cuales son muy efectivos para separar de una mezcla de arroz de diversos tamaños, arroz clasificado (excelso), cabezote y granza.
- **Almacenamiento:** El arroz excelso se envía a los silos de almacenamiento y posteriormente se conduce al segundo paso de blanqueo.

**2.7.3 Empaque de arroz blanco:** Finalmente las variedades de arroz blanco se empaquetan en diversas presentaciones ya sean en bolsas o bultos, para luego ser comercializados en el mercado.

**2.7.4 Disposición de Subproductos:** Los subproductos que se generan en el proceso de molinaje se clasifican en utilizables y subutilizables. Los subproductos utilizables son granza, harina de pulimento, cascarilla o tamo de arroz y los subproductos subutilizables son impurezas o residuos y polvo, los cuales no tienen un valor comercial.

A continuación se describe el procedimiento para la recuperación y disposición en la planta de los anteriores subproductos:

#### **Subproductos Utilizables**

- **Granza:** Arroz quebrado de tamaño inferior a  $\frac{1}{4}$  el cual que se separa del arroz excelso y cabezote para ser empacado posteriormente en sacos.

- **Harina de pulimento:** Es removida durante el blanqueo y el pulimento de arroz y el procedimiento para disponer este subproducto es el siguiente:

- *Aspiración:* La harina producida en los blanqueadores se remueve constantemente mediante sistemas de aspiración.

- *Recuperación:* Se recupera mediante sistemas de aspiración compuestos por ductos, turbinas, ciclones y filtros de mangas.

- *Empaque:* El tornillo transportador descarga el producto en sacos los cuales son pesados y sellados.

- *Almacenamiento y Despacho:* Los sacos son trasladados a la bodega para realizar posteriormente su despacho hasta el consumidor final.

- **Cascarilla:** El procedimiento para disponer este subproducto es el siguiente:

- Conducción:* Se transporta mediante sistema neumático desde la aventadora hasta el silo de almacenamiento.

- Almacenamiento:* Se almacena en un silo que dispone de una tolva con una compuerta para facilitar el descargue del material.

- *Descargue:* El material almacenado se deja caer del silo al camión transportador manipulando la compuerta generando una emisión de material particulado.

- *Transporte:* El vehículo cargado transporta el material hasta el sitio de disposición final.

#### **Productos Subutilizables**

- **Impurezas o residuos:** Compuesto principalmente por materia orgánica (tallos, semillas, hojas, etc) y materia inorgánica como piedras. El procedimiento para disponer este subproducto es el siguiente:

- *Recuperación:* Se recupera en equipos de limpieza de paddy (prelimpiadoras) y sistemas de control de emisiones (ciclones y filtros de mangas).

- *Empaque:* Los residuos recuperados se empacan en costales.

- *Almacenamiento y transporte*: Los bultos se almacenan en la bodega para ser posteriormente cargados en el camión para transportarlos al sitio de disposición final.

- **Polvo**: Corresponde al material particulado que logra recuperarse de los sistemas de control y conducción. El procedimiento para disponer este subproducto es el siguiente:

- *Almacenamiento*: El material particulado recogido en los descascaradores y el que es arrastrado por el aire luego de almacenar la cascarilla, se transporta a un cuarto de polvo.

- *Descargue*: El polvo se descarga periódicamente del cuarto al camión que lo transporta al sitio de disposición final.

## 2.8 USO O DISPOSICIÓN FINAL DE SUBPRODUCTOS

Como se dijo anteriormente los subproductos obtenidos en el proceso de la molinería de arroz pueden ser utilizables o de desecho. En la tabla a continuación se presenta el uso o la disposición final que se da a cada uno de los subproductos generados:

**Tabla 7: Uso o disposición final de subproductos generados en el proceso**

SUBPRODUCTOS	USO O DISPOSICION FINAL
Cascarilla de arroz	Combustible Sector avícola Establos Mezcla con abonos para la fertilidad de suelos Producción de alimento concentrado para animales Elaboración de artículos para la construcción
Harina de Pulimento	Producción de alimento concentrado para animales
Granza	Consumo humano
Polvo	Relleno sanitario
Impurezas o residuos	Relleno sanitario Producción de abono orgánico

## 2.9 PRINCIPALES EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO

En la actualidad los molinos de arroz localizados en el Área Metropolitana de Bucaramanga cuentan con los equipos que se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 8: Equipos utilizados en las molinerías de arroz del AMB**

<b>ETAPA</b>	<b>EQUIPOS</b>
Prelimpieza	Zarandas planas y aire
Descascarado	Descascaradores de rodillos
Separación de cáscaras y arroz integral	Aventadora de circuito cerrado
Recuperación y separación de paddy	Mesa Densimétrica
Blanqueo	Vertijet y algunos pulidores de abrasión
Pulido	Polichadores
Recuperación de harinas	Ciclones y filtros
Separación de granos	Plansifters
Recuperación de granos enteros	Trieurs
Empaque	Cilindro clasificador de porcentaje de grano partido y empacadoras de bolsa

## **2.10 EMISIONES ATMOSFÉRICAS GENERADAS EN EL PROCESO**

Las emisiones atmosféricas generadas por el proceso de la molinería de arroz son principalmente material particulado y en menor proporción gases de combustión. El material particulado se presenta en la mayoría de las etapas del proceso por las actividades de cargue, descargue, manejo, acondicionamiento, trilla, entre otras y los gases de combustión se generan durante la etapa de secamiento del grano, donde se utilizan quemadores de gas natural o carbón coke para calentar el aire que pasa a través de los lechos de granos.

Teniendo en cuenta que las emisiones de gases de combustión son mínimas, para el presente estudio solo se propuso la determinación de la carga de material particulado dado que se produce en la mayoría de las etapas del proceso y es un contaminante que incide significativamente sobre la calidad del aire y la salud pública.

## **2.11 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO**

El Decreto 948 de 1995 en su artículo 110 establece que para verificar el cumplimiento de las normas de emisión por una fuente fija industrial se podrán calcular las emisiones mediante medición directa, por muestreo isocinético en la chimenea o ducto de salida, balance de masa o por factores de emisión reconocidos internacionalmente por las autoridades ambientales. Por lo anterior y teniendo en cuenta que el proceso de la molinería de arroz se caracteriza por presentar emisiones principalmente difusas, el cálculo de las emisiones de material particulado se realizará por el método de factores de emisión el cual es aceptado por la CDMB.

### 3. RECOPIACIÓN DE DATOS

La información necesaria para calcular las emisiones de material particulado se recopiló por medio de visitas a cada una de las molinerías, mediante la consulta de los Estudios de Emisiones Atmosféricas presentados por las molinerías de arroz a la CDMB dentro del trámite de Permiso de Emisiones Atmosféricas y la consulta de los factores de emisión de la EPA para este tipo de industrias.

**3.1 Fuentes de emisión de material particulado:** La industria molinera del AMB se caracteriza por la similitud de sus procesos, equipos y sistemas de control. Por lo tanto en la tabla a continuación se especifican las etapas y operaciones donde se generan las emisiones de material particulado, las cuales son iguales en todas las molinerías de arroz:

**Tabla 9: Fuentes de emisión de material particulado**

ETAPA	OPERACIÓN	CONTROL
Acondicionamiento	Recepción	No Controlada
	Prelimpieza	Ciclón
	Secado	No Controlada
Trilla	Alimentación	No Controlada
	Limpieza	No Controlada
	Separación	No Controlada
Disposición de Subproductos	Descargue cascarilla	No Controlada
	Almacenamiento polvo	Cuarto de polvo, Ciclón, Filtro de mangas
	Recuperación de harinas	Ciclón, Filtro de mangas

**3.2 Datos de proceso:** En la siguiente tabla se presentan datos de capacidad de procesamiento de arroz paddy y la producción de arroz blanco en las molinerías:

**Tabla 10: Datos de capacidad y producción en las molinerías de arroz del AMB**

No.	ESTABLECIMIENTO	CAPACIDAD Arroz Paddy* ( T /año)	CAPACIDAD PRODUCCIÓN Arroz Blanco** ( T/año)	CAPACIDAD PRODUCCIÓN Arroz Blanco ( T/hora)
1	Arrocera Molinos Nacional	62000	35960	4,11
2	Arrocera El Comercio	53800	31240	3,56
3	Arrocera La Granja	12000	6960	0,79
4	Arrocera El Dorado	48700	28246	3,22
5	Arrocera El Libertador	64000	37120	4,24
6	Arrocera Tropical	29000	16820	1,92
7	Arrocera San Pablo	39000	22620	2,58
8	Arrocera Los Comuneros	75000	43500	4,97
9	Arrocera Molinos Santander	21700	12586	1,44

\*Capacidad de arroz paddy verde que se puede procesar en la planta durante un año

\*\*Cantidad de producto que se podría obtener de las toneladas de paddy verde que se pueden procesar en la planta.(Eficiencia aproximada al 58%)

#### 4. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO QUE GENERA EL SECTOR DE LA MOLINERÍA DE ARROZ DEL AMB

Las emisiones atmosféricas generadas en cada una de las molinerías de arroz se calcularon utilizando la técnica de factores de emisión tal como se estableció anteriormente. Por lo tanto se utilizaron los factores de emisión formulados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) AP 42 sección 9.9.1 Grain Elevator and Grain Processing Plants-Abril 2003 los cuales fueron utilizados bajo las consideraciones de producción de arroz blanco y la existencia o no de sistemas de control atmosférico para material particulado de acuerdo a lo establecido en la tabla 9. Las unidades de los factores de emisión están dadas en libras de material particulado por toneladas de arroz blanco producido.

Respecto a las operaciones de descargue de cascarilla y polvo se asumió el mismo factor de emisión de MP correspondiente al embarque del grano en camiones por la similitud de estos dos procedimientos. A continuación se presentan las emisiones generadas por cada una de las arroceras:

##### 4.1 Arrocera Molino Nacional

Tabla 11: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera Molinos Nacional

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/T)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (T/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	35960	6472,8
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	35960	2697
Acondicionamiento-Secado	0,063	35960	2265,48
Trilla-Alimentación	0,061	35960	2193,56
Trilla-Limpieza	0,0031	35960	111,476
Trilla -Separación	0,025	35960	899
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	35960	107,88
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	35960	9709,2
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	35960	3092,56
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	35960	611,32
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>28160,276</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>14,08</b>

\* Las unidades de los factores de emisión están en lb de material particulado por toneladas de arroz blanco producido

## 4.2 Arrocera El Comercio

Tabla 12: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera El Comercio

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/T)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (T/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	31240	5623,2
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	31240	2343
Acondicionamiento-Secado	0,063	31240	1968,12
Trilla-Alimentación	0,061	31240	1905,64
Trilla -Separación	0,025	31240	781
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	31240	93,72
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	31240	8434,8
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	31240	2686,64
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	31240	531,08
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>24367,2</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>12,18</b>

\* Las unidades de los factores de emisión están en lb de material particulado por toneladas de arroz blanco producido

## 4.3 Arrocera La Granja

Tabla 13: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera La Granja

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/T)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (T/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	6960	1252,8
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	6960	522
Acondicionamiento-Secado	0,063	6960	438,48
Trilla-Alimentación	0,061	6960	424,56
Trilla -Separación	0,025	6960	174
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	6960	20,88
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	6960	1879,2
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	6960	598,56
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	6960	118,32
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>5428,8</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>2,71</b>

\* Las unidades de los factores de emisión están en lb de material particulado por toneladas de arroz blanco producido

#### 4.4 Arrocera El Dorado

Tabla 14: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera El Dorado

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/T)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (T/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	28246	5084,28
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	28246	2118,45
Acondicionamiento-Secado	0,063	28246	1779,50
Trilla-Alimentación	0,061	28246	1723,01
Trilla-Limpieza	0,0031	28246	87,56
Trilla -Separación	0,025	28246	706,15
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	28246	84,74
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	28246	7626,42
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	28246	2429,16
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	28246	480,18
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>22119,44</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>11,06</b>

#### 4.5 Arrocera El Libertador

Tabla 15: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera El Libertador

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/Ton)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (Ton/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	37120	6681,6
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	37120	2784
Acondicionamiento-Secado	0,063	37120	2338,56
Trilla-Alimentación	0,061	37120	2264,32
Trilla-Limpieza	0,0031	37120	115,072
Trilla -Separación	0,025	37120	928
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	37120	111,36
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	37120	10022,4
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	37120	3192,32
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	37120	631,04
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>29068,672</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>14,53</b>

#### 4.6 Arrocera Tropical

Tabla 16: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera Tropical

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/T)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (T/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	16820	3027,6
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	16820	1261,5
Acondicionamiento-Secado	0,063	16820	1059,66
Trilla-Alimentación	0,061	16820	1026,02
Trilla -Separación	0,025	16820	420,5
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	16820	50,46
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	16820	4541,4
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	16820	1446,52
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	16820	285,94
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>13119,6</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>6,56</b>

#### 4.7 Arrocera San Pablo

Tabla 17: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera San Pablo

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/T)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (T/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	22620	4071,6
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	22620	1696,5
Acondicionamiento-Secado	0,063	22620	1425,06
Trilla-Alimentación	0,061	22620	1379,82
Trilla -Separación	0,025	22620	565,5
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	22620	67,86
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	22620	6107,4
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	22620	1945,32
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	22620	384,54
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>17643,6</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>8,82</b>

#### 4.8 Arrocera Los Comuneros

Tabla 18: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera Los Comuneros

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/T)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (T/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	43500	7830
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	43500	3262,5
Acondicionamiento-Secado	0,063	43500	2740,5
Trilla-Alimentación	0,061	43500	2653,5
Trilla -Separación	0,025	43500	1087,5
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	43500	130,5
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	43500	11745
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	43500	3741
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	43500	739,5
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>33930</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>16,97</b>

#### 4.9 Arrocera Molinos Santander

Tabla 19: Cálculo de las emisiones de MP de la Arrocera Molinos Santander

ETAPA DEL PROCESO	FACTORES DE EMISIÓN (Lb/T)	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (T/año)	CANTIDAD DE EMISIÓN (Lb/año)
	MP		MP
Acondicionamiento-Recepción	0,18	12586	2265,48
Acondicionamiento-Prelimpieza	0,075	12586	943,95
Acondicionamiento-Secado	0,063	12586	792,918
Trilla-Alimentación	0,061	12586	767,746
Trilla -Separación	0,025	12586	314,65
Disposición de Subproductos- Descargue cascarilla	0,003	12586	37,758
Disposición de Subproductos- Almacenamiento polvo	0,27	12586	3398,22
Disposición de Subproductos- Descargue de Polvo	0,086	12586	1082,396
Disposición de Subproductos- Recuperación de harina	0,017	12586	213,962
<b>TOTAL EMISIONES MP(Lb/año)</b>			<b>9817,08</b>
<b>TOTAL EMISIONES MP(T/año)</b>			<b>4,91</b>

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las tablas anteriores se presentaron los cálculos de las emisiones de material particulado por año que emiten cada una de las arroceras. No obstante, es necesario establecer que cantidad se emite en el tiempo real de operación dado que estas arroceras no operan todos los días del año.

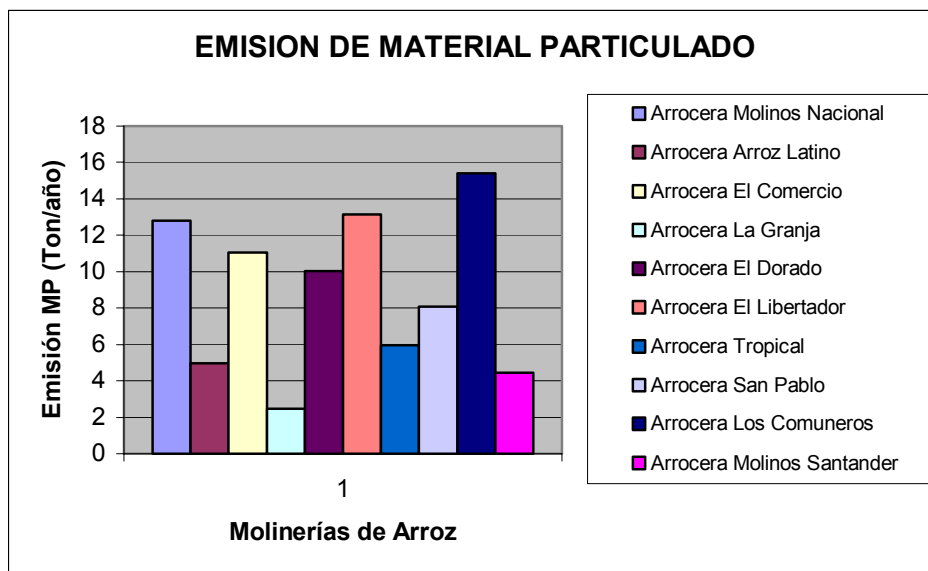
Por lo anterior para el año 2006 las arroceras Molino Nacional, El Comercio, El Dorado, El Libertador, Tropical, San Pablo y Los Comuneros estuvieron en operación todo el año excepto domingos y días festivos; la Arrocera La Granja laboró 20 días por mes y la Arrocera Molinos Santander efectuó la actividad de trilla hasta el mes de septiembre sin incluir domingos y festivos, puesto que después de dicho mes solo realizaba la actividad de empaque de arroz de arroz blanco elaborado. Por lo tanto en la tabla 20 se presenta el consolidado de las emisiones de material particulado que genera cada una de las arroceras en T/año y el total de las emisiones de material particulado en kilos/hora teniendo en cuenta el tiempo real de operación establecido anteriormente:

**Tabla 20: Consolidado de las emisiones de material particulado**

No.	ESTABLECIMIENTO	TOTAL EMISIONES MP (T/año)	TOTAL EMISIONES MP (kg/hora)
1	Arrocera Molinos Nacional	14,08	2,02
2	Arrocera El Comercio	12,18	1,74
3	Arrocera La Granja	2,71	0,47
4	Arrocera El Dorado	11,06	1,58
5	Arrocera El Libertador	14,53	2,08
6	Arrocera Tropical	6,56	0,94
7	Arrocera San Pablo	8,82	1,26
8	Arrocera Los Comuneros	16,97	2,43
9	Arrocera Molinos Santander	4,91	0,93
<b>TOTAL</b>		<b>91,82</b>	<b>13,45</b>

En la figura a continuación se presentan las emisiones de material particulado por año que emite cada una de las arroceras, observándose que dicha emisión está estrictamente relacionada con la capacidad de producción. Por lo tanto, las arroceras que procesan una mayor cantidad de arroz paddy como la Arrocera Los Comuneros, El Libertador y Molinos Nacional generan la mayor cantidad de material particulado.

**Figura 13: Emisión de material particulado**



### 5.1 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON LOS LÍMITES DE EMISIÓN ESTABLECIDOS EN LA NORMA

Para el cálculo de las emisiones máximas permisibles de cada una de las molinerías de arroz se utilizaron las ecuaciones establecidas en el artículo 71 del Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud. Por lo tanto a continuación se presenta la determinación del límite de emisión permisible de material particulado para la Arrocera Molinos Nacional:

Emisión máxima permisible de partículas (Kilos/hora)	Capacidad de producción (T/hora)
<b>a. Zona Rural</b>	
$E = 3,0$	$P < 0,1$
$E = 8P^{0,425}$	$0,1 \leq P \leq 1,0$
$E = 8P^{0,875}$	$1,0 \leq P \leq 10,0$
$E = 23,26P^{0,4116}$	$10,0 \leq P \leq 500$

### b. Zona Urbana

$$E = 1,5$$

$$P < 0,1$$

$$E = 4,0P^{0,425}$$

$$0,1 \leq P \leq 1,0$$

$$E = 4P^{0,875}$$

$$1,0 \leq P \leq 10,0$$

$$E = 10,45P^{0,458}$$

$$10,0 \leq P \leq 500$$

Donde:

E: Máxima emisión permisible de partículas expresada en kilos por hora

P: Máxima producción horaria

Por lo tanto de acuerdo a la capacidad de producción (T/hora) de la Arrocería Molinos Nacional tenemos que:

$$E = 4P^{0,875}$$

$$E = 4(4,11 \text{ T/hora})^{0,875}$$

$$E = 13,78 \text{ kilos/hora de MP}$$

Teniendo en cuenta que las arrocerías se encuentran ubicadas a una altitud diferente a la del nivel del mar o a las señaladas en el artículo 42 del Decreto 02 de 1982, la norma de emisión en las condiciones de referencia calculada anteriormente, se deberá modificar multiplicándola por un factor K, aplicando la siguiente fórmula establecida en el artículo 43 del mencionado Decreto:

$$K = \frac{p_{bh}}{760} + 0,04 H$$

Donde:

K = Factor de modificación por latitud

Pbh = Presión barométrica del lugar, en milímetros de mercurio

H = Altitud sobre el nivel del mar, en miles de metros

Teniendo en cuenta que la Arrocera Molinos Nacional se encuentra ubicada en la zona norte de la ciudad de Bucaramanga, igual que las demás arroceras; se consultó en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDBM) los datos de presión barométrica y altura reportados por la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire del Centro por la proximidad a la zona de estudio. Por lo tanto para dicho lugar tenemos:

p<sub>bh</sub>: 670 mmHg

H: 971.43 msnm

$$K = \frac{p_{bh}}{760} + 0,04 H$$

$$K = \frac{670 \text{ mmHg}}{760} + \frac{0,04 (971.43 \text{ msnm})}{1000}$$

$$K = 0,92$$

Por lo tanto multiplicando el límite emisión para la Arrocera Molinos Nacional por el factor de modificación tenemos que la emisión máxima permisible para material particulado es:

$$E = 13,78 \text{ kilos/hora de MP} * 0.92$$

$$E = 12,68 \text{ kilos/hora de MP}$$

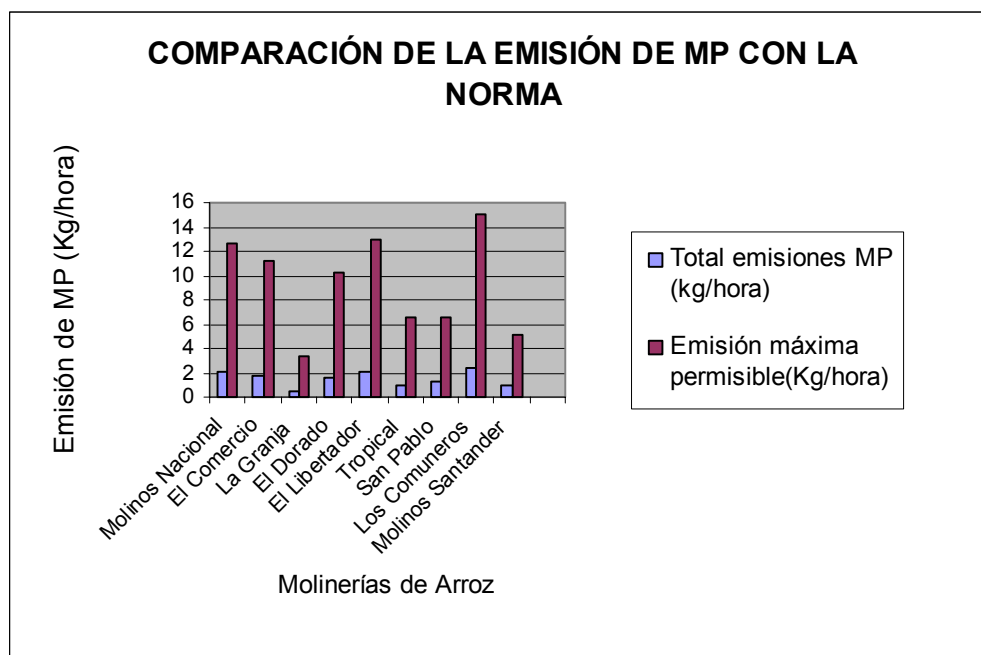
En la siguiente tabla y figura se presenta una comparación de las emisiones de material particulado generadas por cada una de las molinerías y el límite de emisión permisible modificado por el factor calculado anteriormente:

**Tabla 21: Comparación de las emisiones de MP con la norma**

No.	ESTABLECIMIENTO	CAPACIDAD PRODUCCIÓN Arroz Blanco ( T/hora)	TOTAL EMISIONES MP (Kg/hora)	EMISIÓN MÁXIMA PERMISIBLE DE MP (Kg/hora)	EMISIÓN MÁXIMA PERMISIBLE DE MP (Kg/hora)*
1	Arrocera Molinos Nacional	4,11	2,02	13,78	12,68
2	Arrocera El Comercio	3,56	1,74	12,15	11,18
3	Arrocera La Granja	0,79	0,47	3,62	3,33
4	Arrocera El Dorado	3,22	1,58	11,13	10,24
5	Arrocera El Libertador	4,24	2,08	14,16	13,03
6	Arrocera Tropical	1,92	0,94	7,08	6,51
7	Arrocera San Pablo	2,58	1,26	9,17	6,60
8	Arrocera Los Comuneros	4,97	2,43	16,27	14,97
9	Arrocera Molinos Santander	1,44	0,93	5,50	5,06

\* Emisión máxima permisible modificada por el factor K

**Figura 14: Comparación de la emisión de MP con la norma**



De acuerdo a la tabla y figura anterior donde se compara la emisión de material particulado generada por cada una de las molinerías con su respectivo límite de emisión permisible calculado acorde a lo establecido en el Decreto 02 de 1982; se puede observar que existe una mayor carga de MP en las arroceras con una mayor capacidad de producción como la Arrocera Los Comuneros y Arrocera El Libertador.

Por otra parte se aprecia claramente que toda la industria arrocera localizada en el Área Metropolitana de Bucaramanga genera emisiones de material particulado por debajo del 20% del límite de emisión permisible para este tipo de contaminante, cumpliendo de esta forma con la normatividad ambiental vigente.

Con relación a lo expuesto es importante tener en cuenta que la norma de referencia que establece los límites de emisión fue expedida a inicios de la década de los ochenta y más que producto de un proceso de investigación, fue el resultado de un proceso de adaptación de normas extranjeras, sin tener en cuenta que las mismas estaban diseñadas para otras condiciones muy diferentes a la realidad de nuestro país. Es por ello que al realizar estos procesos de adaptación de normas, se puede presentar que los límites de emisión definidos para diversas industrias o actividades productivas sean muy estrictos generando grandes exigencias y altos costos para quienes deben cumplir la norma o por el contrario, puede ser que los límites de emisión sean demasiado flexibles, lo cual pondría en riesgo la calidad del aire y salud de la población.

Para el caso de la industria de la molinería de arroz localizada en el AMB, se observa que el límite de emisión es demasiado flexible porque aún calculando las emisiones de cada arrocera teniendo en cuenta toda la capacidad de producción que actualmente está siendo subutilizada, nos arroja valores muy por debajo de la norma.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que las emisiones se calcularon utilizando factores de emisión formulados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos que aunque se seleccionaron bajo ciertas consideraciones como la existencia o no de sistemas de control atmosférico, las condiciones pueden ser muy diferentes debido al desarrollo tecnológico, diseño y eficiencia de equipos de control, políticas de gobiernos, entre otros aspectos relacionados con la actividad de la molinería de arroz. No obstante, se consideran aceptables dado que la normatividad ambiental lo permite y a escala nacional como local no se han desarrollado factores de emisión para este tipo de industria.

## 6. CONCLUSIONES

1. El sector de la molinería de arroz del Área Metropolitana de Bucaramanga se ha visto afectado por diversos factores principalmente de tipo económico y social, por lo cual muchos de los molinos han suspendido definitivamente actividades evidenciándose notoriamente una tendencia a la desaparición de este tipo de industria o por consiguiente modificaciones de las condiciones actuales de operación, como la suspensión de la actividad de trilla de Arroz Paddy y por consiguiente solo empaque de arroz blanco elaborado.
2. Comparando los resultados de las emisiones de material particulado generadas por cada una de las molinerías y su respectivo límite de emisión permisible establecido en el Decreto 02 de 1982, se puede concluir que las emisiones generadas no sobrepasan el 20% del límite de emisión establecido en la normatividad ambiental vigente.
3. La cantidad de emisión de material particulado se encuentra estrechamente relacionada con la capacidad de producción de arroz blanco, por lo cual las industrias que generan las mayores emisiones de material particulado al año son la Arrocera Los Comuneros, El Libertador y Molinos Nacional dado que son las molinerías con mayor producción.
4. La actividad de la molinería de arroz por ser manejo de material a presión genera un alto grado de deterioro en los equipos utilizados en todo el proceso productivo, causando con ello emisiones de material particulado que si bien no trascienden al ambiente exterior si contamina el ambiente laboral perjudicando la salud de los trabajadores.
5. Teniendo en cuenta que tanto a nivel nacional como local no se han desarrollado factores de emisión producto de estudios de investigación realizados con las diversas industrias o actividades productivas de nuestro país; el uso de los Factores de Emisión formulados por la EPA se considera aceptable teniendo en cuenta que es aprobado por la normatividad ambiental vigente. No obstante, los resultados de emisiones obtenidos bajo este método deben utilizarse no como datos precisos y definitivos.
6. El conocimiento de la cantidad y tipo de contaminantes emitidos por sectores industriales o tipo de fuentes, se convierte en un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire, ya que a partir de dicha información, se pueden formular normas mas restrictivas en el ámbito local y establecer políticas para el control y reducción de emisiones contaminantes para los sectores industriales que generen un mayor impacto ambiental.

## RECOMENDACIONES

1. Determinar la carga de contaminantes atmosféricos generados por otros sectores industriales con el propósito de verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente e identificar aquellos sectores prioritarios de intervención por parte de la autoridad ambiental.
2. Desarrollar un inventario de emisiones generadas por las diversas fuentes existentes en la región a fin de formular posteriormente políticas de gestión de la contaminación atmosférica.
3. Establecer e implementar una metodología unificada a nivel nacional para la expedición de normas ambientales garantizando que se ajusten a la realidad tecnológica, social, ambiental, cultural y económica de nuestro país.
4. Desarrollar proyectos de investigación con las diversas industrias de nuestra región o actividades productivas, con el propósito de ajustar factores de emisión y expedir normas que se contextualicen a las condiciones de operación de la industria local.
5. Desarrollar estudios epidemiológicos que permitan correlacionar los efectos de la contaminación del aire por material particulado en la salud de un grupo específico de población expuesta.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CASTILLO NIÑO, Alvaro y GAVIRIA LONDOÑO, Jaime. Molinería de Arroz en los Trópicos. Ediagro. Bogotá, 1999
2. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Grain Elevator and Grain Processing Plants. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>
3. FEDEARROZ. Arroz en Colombia, 1980-2001. Bogotá D.C, 2001
4. FEDEARROZ. II Censo Nacional Arrocerero. Bogotá D.C, 1999
5. KENNETH, Wark. Contaminación del Aire. Origen y control. México, 1998
6. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Observatorio Agrocadenas Colombia. Anuario 2004: La competitividad de las cadenas agropecuarias en Colombia. Bogotá, 2004
7. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. La Cadena del arroz en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de trabajo No.89. Bogotá, 2005
8. 9. RADIAN INTERNATIONAL LLC. Manuales del Programa de Inventarios de emisiones de México. México, 1997.
10. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 de 1995. Bogotá, Junio 5 de 1995
11. MINISTERIO DE SALUD DE COLOMBIA. Decreto 02 de 1982. Bogotá, Enero 11 de 1982.
12. NODO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE SANTANDER. Aplicación de estrategias de Producción Más Limpia en el sector arrocerero del Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga, 2001