

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA

**Gladys Jaramillo Henao
Liliana María Zapata Márquez**

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
POSGRADOS DE AMBIENTAL
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
2008**

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA

Gladys Jaramillo Henao
Liliana María Zapata Márquez

Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental

Asesora
SILVIA MARÍA PUERTA ECHEVERRI
Bióloga. Especialista en Mercadeo Agropecuario. Especialista en Educación Ambiental. Maestría
en Biotecnología

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POSGRADOS DE AMBIENTAL
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
2008

Nota de aceptación

Firma
Nombre:
Presidente del Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos a nuestras familias, quienes nos han apoyado incondicionalmente.

A la sociedad como un aporte en la construcción de un mejor planeta y un compromiso con la preservación de un medio ambiente sano.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarnos vida para vivir esta experiencia, a nuestras familias por aportarle al desarrollo personal y profesional, a Silvia María Puerta Echeverri, por compartirnos sus conocimientos, por su gran apoyo, compromiso y dedicación, todo lo cual le aportó al aprendizaje personal.

A la Corporación Horizonte Azul, por compartir sus experiencias y aportar todo su conocimiento en materia de Residuos Sólidos Orgánicos.

A nuestros profesores(as), que nos regalaron conocimiento y aprendizaje de forma incondicional para nuestro crecimiento y formación ética y profesional.

A todas ellas y a todos ellos presentamos nuestros sinceros agradecimientos.

CONTENIDO

GLOSARIO	xii
RESUMEN	19
INTRODUCCIÓN	20
1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
2.JUSTIFICACIÓN	23
3.OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
4.ESTADO DEL ARTE SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	25
4.1 LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y SU CLASIFICACIÓN	25
4.1.1 Definición de residuo	25
4.1.2 Clasificación de los residuos sólidos	25
4.1.3 Los residuos sólidos orgánicos y su clasificación	27
4.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	30
4.2.1 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel mundial.....	31
4.2.2 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel nacional	32
4.2.3 Generación de residuos sólidos en a nivel local, Medellín.....	33
4.3 APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	34
4.3.1 Alimentación animal.....	35
4.3.2 Compostaje	35
4.3.3 Lombricultivo	42
4.3.4 Biocombustibles	43
4.3.5 Bocashi	45
4.3.6 Biofertilizantes	45
4.3.7 Biofermentos	45
4.4 EXPERIENCIAS SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.....	46
4.4.1 A nivel mundial	46
4.4.2 A nivel nacional	50
4.4.3 A Nivel local.....	63
4.5 NORMATIVIDAD	74
4.5.1 Leyes, políticas, decretos y resoluciones sobre residuos sólidos	74
4.5.2 Documentos de referencia sobre residuos sólidos.....	75
4.5.3 Normas técnicas colombianas sobre residuos sólidos	76
4.5.4 Normatividad sobre residuos sólidos orgánicos en Colombia	76
4.6. LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	78
4.6.1 La Gestión Integrada de los residuos sólidos, GIRS.....	78
4.6.2 Análisis integral del ciclo productivo.....	79
4.6.3 Gestión diferencial de residuos aprovechables y basuras.	79
4.6.4 Responsabilidad.....	79
4.6.5 Planificación	80
4.6.6 Gradualidad	80
4.6.7 Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS.....	82

4.6.8 Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos, PMIRS.....	84
4.6.9 Plan Maestro de Residuos Sólidos, Área Metropolitana el Valle de Aburrá.....	87
4.6.10 Plan de Gestión Integral Regional, PGIRS - Regional	88
4.7 IMPACTOS AMBIENTALES	93
4.7.1 Impactos negativos	93
4.7.2 Impactos positivos	95
4.8 COSTOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS	96
4.8.1 Costos Económicos	96
4.8.2 Costos Ambientales.....	103
6. CONCLUSIONES	109
7.RECOMENDACIONES	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los Residuos Orgánicos Municipales según su fuente.	28
Figura 2. Clasificación generalizada de los residuos sólidos orgánicos	29
Figura 3. Diagrama de flujo tratamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos en los cinco (5) corregimientos de Medellín.....	67
Figura 4. Gestión diferenciada - Aprovechables y basuras -	81
Figura 5. Contenido del PGIRS.....	84
Figura 6. Etapas para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos.....	85
Figura 7. Sub- etapas para la elaboración del Diagnóstico.....	86
Figura 8. Etapas del Manejo de los Residuos Sólidos.....	86
Figura 9. Partes que articulan el plan maestro de residuos sólidos.....	88
Figura 10. Como introyectar buenos hábitos en torno a los residuos sólidos.....	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina (porcentaje en peso).....	31
Tabla 2. Condiciones ideales para el compostaje.....	42
Tabla 3. Condiciones para el establecimiento de la lombriz.....	43
Tabla 4. Rendimiento de materias primas.....	44
Tabla 5. Comparación entre el proceso del compostaje y el bocashi.....	45
Tabla 6. Diseño de ensayo en Manizales.....	51
Tabla 7. Frecuencia de volteos.....	52
Tabla 8. Planta de tratamiento visitadas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.....	55
Tabla 9. Municipios de Colombia que aprovechan Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos con sus respectivas cantidades.....	56
Tabla 10. Evaluación de las normas en las plantas de tratamiento de residuos sólidos de Colombia.....	60
Tabla 11. Listas de chequeo para la evaluación de procesos de compostaje.....	62
Tabla 12. Precios de comercialización del compost y humus.....	62
Tabla 13. Rendimiento de producción y venta de productos orgánicos.....	62
Tabla 14. Ingresos y Costos Anuales.....	97
Tabla 15. Relación de costos operacionales y venta de materiales.....	98
Tabla 16. Porcentaje de ingresos por venta de compost.....	100
Tabla 17. Costos operacionales de las plantas de transformación de residuos sólidos.....	101
Tabla 18. Beneficios de la gestión del Plan en los residuos Residenciales (metas).....	105
Tabla 19. Ahorros totales generados por los beneficios del Plan.....	106

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Relación de porcentajes en peso de generación de residuos sólidos orgánicos en algunos países y ciudades del mundo.....	32
Gráfica 2. Composición física de los residuos sólidos en Colombia.....	33
Gráfica 3. El proceso de compostaje. Tomado de Paul y Clark, 1996 por Soto M., Graciela. El proceso de compostaje, 2003.....	36
Gráfica 4. Perfil de temperatura de una pila de compost estática.....	37
Gráfica 5. Relación de temperatura óptima y velocidad de crecimiento de un organismo psicrófilo, mesófilo, termófilo e hipertermófilo.....	39
Gráfica 6. Dendograma de la población microbiana del suelo con respecto a la temperatura.....	40
Gráfica 7. Concentración de oxígeno en una pila de compost expresada como porcentaje del aire a 55°C.....	41
Gráfica 8. Tamaño de la pila.....	51
Gráfica 9. Pluviosidad Vs. Riego.....	53
Gráfica 10. Métodos para el procesamiento de Residuos Orgánicos en Colombia.....	57
Gráfica 11. Rendimiento de producción de humus y/o compost.....	59
Gráfica 12. Cantidad de residuos orgánicos que van a procesamiento (Ton/mes).....	59
Gráfica 13. Porcentaje de cumplimiento – aprovechamiento Decreto 1317 de 2002.....	61
Gráfica 14. Relación Ingresos/costos para el procesamiento de orgánicos de cada planta.....	100

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Planta de compostaje en Brasil Petropolis, RJ.	49
Foto 2. Planta de compostaje en Brasil ASSIS, SP	49
Foto 3. Planta de compostaje en Brasil CORNELIO PROCOPIO, PR.....	50
Foto 4. Planta de compostaje en Brasil FLORIANOPOLIS, SC.....	50
Foto 5. Descargue de residuos para tratamiento con biotecnología Combeima y Acumulación de residuos con Biotecnología Duitama.	63
Foto 6. Acumulación de residuos parque ambiental La Pradera.....	64
Foto 7. Acumulación de residuos en el relleno sanitario Curva de Rodas.	65
Foto 8. Planta de transformación de residuos sólidos orgánicos urbanos corregimiento de Altavista.....	70
Foto 9. Formación de pilas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, corregimiento de Altavista.	71
Foto 10. Planta de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos, San Cristóbal.....	71
Foto 11. Toma de parámetros a las pilas, corregimiento de San Cristóbal.....	72
Foto 12. Planta de transformación de residuos sólidos orgánicos, San Antonio de Prado.....	72
Foto 13. Proceso de aireación al material, San Antonio de Prado.....	73
Foto 14. Material en secado, corregimiento San Antonio de Prado.....	73

GLOSARIO

Abono orgánico: Sustancia de origen natural procedente de los seres vivos, que aporta al suelo y las plantas nutrientes para su buen desarrollo.

Acondicionamiento de residuos: Operaciones que transforman los residuos a formas adecuadas para su transporte y/o almacenamiento seguros.

Acopio: La acción tendiente a reunir residuos sólidos en un lugar determinado y apropiado para su recolección, tratamiento o disposición final.

Agente biológico-infeccioso: Cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes (inóculo), en un ambiente propicio (supervivencia), en un hospedero susceptible y en presencia de una vía de entrada.

Almacenamiento o almacenaje: El depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o disposición final.

Ambiente: Es cualquier espacio de interacción y sus consecuencias, entre la Sociedad (elementos sociales y culturales) y la Naturaleza (elementos naturales), en un lugar y momento determinados.

Aprovechamiento de los residuos: Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.

Basura: Dos o más desperdicios que revueltos entre sí provocan contaminación, enfermedad, pérdida de recursos naturales.

Basurero: Sitio o terreno donde se disponen residuos sólidos, sin que se adopten medidas de protección del medio ambiente.

Biodegradable: Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivos, los más importantes de los cuales son bacterias aerobias. Sustancia que se descompone o desintegra con relativa rapidez en compuestos simples por alguna forma de vida como: bacterias, hongos, gusanos e insectos. Lo contrario corresponde a sustancias no degradables, como plásticos, latas, vidrios que no se descomponen o desintegran, o lo hacen muy lentamente. Los órganoclorados, los metales pesados, algunas sales, los detergentes de cadenas ramificadas y ciertas estructuras plásticas no son biodegradables.

Biometanización: El tratamiento aeróbico de los residuos biodegradables que produce metano y residuos orgánicos estabilizados.

Biogás: El conjunto de gases generados por la descomposición microbiana de la materia orgánica.

Caracterización de residuos: Estudio y determinación de las propiedades de los residuos de un emplazamiento.

Centro de acopio: Lugar destinado a la recuperación y el almacenaje de materiales reciclables.

Centro de depósito comunitario: Son las áreas designadas para que los ciudadanos de forma voluntaria y sin remuneración económica dispongan adecuadamente de los materiales reciclables tales como: vidrio, plástico, aluminio y papel periódico.

Centro de tratamiento integral de residuos: Lugar donde los residuos se clasifican para su reciclaje, compostaje y eliminación a vertedero.

Comercialización: Operación de venta o transferencia de subproductos y materias o sustancias recuperadas para reincorporarlas al proceso productivo.

Compost o abono orgánico: Es el producto resultante del proceso de compostaje.

Compostaje: Es un proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.

Contaminación: Alteración reversible o irreversible de los ecosistemas o de alguno de sus componentes producida por la presencia o la actividad de sustancias o energías extrañas a un medio determinado. (2) La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico. Puede clasificarse en:

- Origen químico: productos tóxicos minerales, como sales de hierro, plomo, mercurio, ácidos, derivados del petróleo, insecticidas, detergentes, abonos sintéticos, etc.
- Origen físico: productos y emanaciones radioactivas, materias sólidas, vertimiento de líquidos a altas temperaturas o bajas temperaturas, etc.
- Origen biológico: por desechos orgánicos en descomposición. Existe un tipo de contaminación ambiental cuyo origen se sitúa en las conductas antisociales de algunos humanos y que afecta no solamente el medio natural sino la vida en comunidad.

Contaminación ambiental: Introducir al medio cualquier factor que anule o disminuya la función biótica.

Contaminante: Es toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, aguas, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, alteren o modifiquen su composición, o afecten la salud humana.

Degradable: Estructura o compuesto que puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales (biodegradable involucra la acción de microorganismos, fotodegradable implica la acción de la luz).

Desarrollo Sostenible: Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad y manejo racional de los recursos naturales.

Disposición final: La acción de depositar o confinar permanentemente residuos sólidos en sitios o instalaciones cuyas características prevean afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Eliminación: Sacar, separar, descartar un residuo del circuito de utilización. Los residuos se han de eliminar sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos o métodos que puedan causar perjuicios al medioambiente.

Emisión: Sustancia en cualquier estado físico liberada de forma directa o indirecta al aire, agua, suelo o subsuelo.

Evaluación del Riesgo Ambiental: Proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman.

Fermentación: Transformación de compuestos orgánicos en compuestos más simples y/o inorgánicos por la acción de microorganismos.

Fracción Orgánica de Residuos Parte de los residuos constituida por desperdicios de origen doméstico, como por ejemplo verduras, frutas, carnes, pescados, harinas o derivados, etc., susceptible de degradarse biológicamente, y también por los residuos de jardinería y poda. Se designa así, por extensión, a todo el contenido del contenedor especializado destinado a la recogida segregada de materia orgánica o contenedor marrón.

Generación: La acción de producir residuos sólidos a través de procesos productivos o de consumo.

Generador: Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

Gestión integral de los residuos: El conjunto articulado e interrelacionado de acciones y normas operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de los residuos sólidos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Incineración de residuos: Proceso de combustión controlada que transforma la fracción orgánica de los residuos sólidos en materiales inertes (cenizas) y gases. No es un sistema de eliminación total, pues genera cenizas, escorias y gases, pero supone una importante reducción de peso y volumen de los residuos originales.

Lixiviados: Los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositen residuos sólidos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua.

Manejo Integral de residuos: Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

Material recuperable: Todo aquel material que puede utilizarse como materia prima y devolverse al flujo de materiales y cuyo procesamiento puede ser económicamente viable.

Materias primas: Sustancias que permanecen en su estado natural u original, antes de ser sometida a un procesamiento o proceso de fabricación. Materiales primarios de un proceso de fabricación.

Medio Ambiente: Marco animado e inanimado en el que se desarrolla la vida de los seres vivos. Abarca seres humanos, animales, plantas, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como los valores de estética, ciencias naturales e histórico culturales.

Metano: CH₄. Componente, entre otros, del gas natural y del biogás. El gas natural es una de las fuentes fósiles de energía. El metano se forma en procesos de degradación anaeróbica, (en pantanos, en los rumiantes y en procesos

de tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales). La emisión creciente de metano es una amenaza para el clima. El metano es junto con el dióxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, el principal causante del efecto invernadero.

Minimización: El conjunto de medidas tendientes a evitar la generación de los residuos sólidos y aprovechar, tanto sea posible, el valor de aquellos cuya generación no sea posible evitar.

Orgánico: Perteneciente o derivado de los organismos vivos. Que pertenece a los compuestos químicos que contienen carbono.

Plaguicida: Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y producto de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra la deterioración durante el almacenamiento y transporte.

Plan de manejo: El instrumento de gestión integral de los residuos sólidos, que contiene el conjunto de acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar el acopio y la devolución de productos de consumo que al desecharse se conviertan en residuos sólidos, cuyo objetivo es lograr la minimización de la generación de los residuos sólidos y la máxima valorización posible de materiales y subproductos contenidos en los mismos, bajo criterios de eficiencia ambiental, económica y social, así como para realizar un manejo adecuado de los residuos sólidos que se generen.

Planta de Compostaje: Centro donde se elabora el compost a partir de los residuos sólidos.

Planta de selección y tratamiento: La instalación donde se lleva a cabo cualquier proceso de selección y tratamiento de los residuos sólidos para su valorización o, en su caso, disposición final.

Prestador de servicios: Empresa autorizada para realizar una o varias de las siguientes actividades: recolección, transporte, acopio, tratamiento y disposición final de residuos.

Prevención: La reducción de la cantidad y la nocividad para el medioambiente de los materiales y sustancias utilizados en los envases y sus residuos. Los envases y residuos de envases el proceso de producción, en la comercialización, distribución, la utilización y la eliminación. En particular, mediante el desarrollo de productos y técnicas no contaminantes.

Proceso: El conjunto de actividades físicas o químicas relativas a la producción, obtención, acondicionamiento, envasado, manejo, y embalado de productos intermedios o finales.

Proceso de degradación: Proceso por el cual la materia orgánica contenida en la basura sufre reacciones químicas de descomposición (fermentación y oxidación) en las que intervienen microorganismos dando como resultado la reducción de la materia orgánica y produciendo malos olores.

Proceso Productivo: Conjunto de actividades relacionadas con la extracción, beneficio, transformación, procesamiento y/o utilización de materiales para producir bienes y servicios.

Producción Limpia: Proceso productivo en el cual se adoptan métodos, técnicas y prácticas, o incorporan mejoras, tendientes a incrementar la eficiencia ambiental de los mismos en términos de aprovechamiento de la energía e insumos y de prevención o reducción de la generación de residuos

Producto: Bien que generan los procesos productivos a partir de la utilización de materiales primarios o secundarios. Para los fines de los planes de manejo, un producto envasado comprende sus ingredientes o componentes y su envase.

Productor: Cualquier persona, física o jurídica, cuya actividad produzca residuos como productor inicial y cualquier persona, física o jurídica, que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de estos residuos.

Rechazo: Resto producido al reciclar algo. (2) Residuos o fracciones no valorizables.

Reciclable: Materiales que todavía tienen propiedades físicas o químicas, útiles después de servir a su propósito original y que, por lo tanto pueden ser reutilizados o refabricados convirtiéndolos en productos adicionales.

Reciclaje: Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente. Según la complejidad del proceso que sufre el material o producto durante su reciclaje, se establecen dos tipos: directo, primario o simple; e indirecto, secundario o complejo.

Recolección selectiva: Recogida de residuos separados y presentados aisladamente por su productor.

Recolección: La acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final.

Recuperación: Sustracción de un residuo a su abandono definitivo. Un residuo recuperado pierde en este proceso su carácter de "material destinado a su abandono", por lo que deja de ser un residuo propiamente dicho, y mediante su nueva valoración adquiere el carácter de "materia prima secundaria".

Recursos naturales no renovables: Bienes cuya renovación o recuperación puede tomar miles o millones de años. Ejemplo de éstos son los combustibles fósiles y los minerales. De éstos elementos las sociedades modernas se nutren para generar la gasolina, el plástico, el aluminio y el vidrio entre otros.

Recursos naturales renovables: Bienes que tienen la capacidad de regenerarse por procesos naturales. Entre ellos se encuentran la luz, el aire, el agua, el suelo, los árboles y la vida silvestre.

Reducción: Las actividades de diseño, fabricación, compra o uso de materiales para reducir la cantidad de residuos sólidos que se generan.

Reducción en la fuente: La reducción en la fuente considera aspectos cuantitativos y cualitativos, esto es, deberá tomarse en cuenta reducir tanto la cantidad como la toxicidad de los residuos que son generados en la actualidad. Este proceso es la forma más eficaz de reducir la cantidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y a los impactos ambientales. La reducción en la fuente puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de productos o bien en la vivienda y en las instalaciones comerciales o industriales, a través de la compra selectiva de productos de consumo. Para reducir en la fuente es necesario evaluar y cambiar los hábitos de consumo.

Relleno sanitario: La obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos ubicados en sitios adecuados al ordenamiento ecológico, mediante el cual los residuos sólidos se depositan y compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con material natural o sintético para prevenir y minimizar la generación de contaminantes al ambiente y reducir los riesgos a la salud.

Residuo: Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la Naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar.

Residuos orgánicos: Los residuos orgánicos son los residuos de comida y restos del jardín. Son todos aquellos residuos que se descomponen gracias a la acción de los desintegradores.

Residuos patogénicos o patógenos: Definición que involucra a los residuos generados como consecuencia de la actividad hospitalaria tanto humana como animal. Son considerados los insumos y desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos, consultorios médicos y odontológicos, laboratorios, asilos de ancianos, clínicas para la salud humana y clínicas veterinarias, como: Algodones, gasas, vendas, apósitos, pañales, etc. con restos de sangre, humores o secreciones, partes anatómicas (miembros, órganos, placenta, tumores, etc.), líquidos, materias y otros restos, como así también, todos los elementos descartables usados: Jeringas, agujas, hojas de bisturí y otros corto-punzantes, paletas, catéteres, medicamentos vencidos, bolsas de sangre, envases, etc. Son aquellos desechos que por contacto y/o composición y/o características orgánica animal que están en condiciones de transmitir una o varias patologías por infestación a los seres vivos, como así también, impactar negativamente en el ambiente. Estos desechos, deben ser eliminados con tratamientos o procesos especiales. Los más utilizados son: Incineración, microondas, autoclave, químico, irradiación, etc. Todos estos procesos, en mayor o menor medida, lo que hacen, es transformarlos en casi inocuos. Prioritariamente, estos tratamientos deben neutralizar la toxicidad de los desechos y disminuir su volumen, para luego poder deponerlos junto con los residuos domiciliarios. El manejo y gestión de los residuos patogénicos, debe comenzar con su clasificación intrahospitalaria, como así también su separación y segregación en origen, transporte, tratamiento y disposición final. Entran dentro de esta categoría los residuos patógenos y los patológicos.

Residuos peligrosos y especiales: Cualquier residuo que por su tamaño, peso o volumen necesita un tratamiento especial. Dentro de éste grupo se encuentran los residuos peligrosos los cuales por sus características agresivas tales como corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad, explosividad y radiactividad pueden causar daño. Se clasifican en:

- **Residuos químicos peligrosos:** sustancias o productos químicos con características tóxicas, corrosivas, inflamables, explosivos, reactivas, genotóxicas o mutagénicas, tales como: quimioterapéuticos, antineoplásicos, productos químicos no utilizados, plaguicidas fuera de especificación, solventes, ácido crómico, mercurio de termómetro, soluciones para revelado de radiografías, baterías usadas, aceites, lubricantes usados, etc.
- **Residuos farmacéuticos:** medicamentos vencidos, contaminados, desactualizados, no utilizados, etc.
- **Residuos radiactivos:** materiales radiactivos o contaminados con radioisótopos de baja actividad, provenientes de laboratorios de investigación química y biológica; de laboratorios de análisis clínicos; y servicios nucleares. Estos materiales son normalmente sólidos o líquidos (jeringas, papel absorbente, frascos, líquidos derramados, orina, heces, etc.). Los residuos radiactivos con actividades medias o altas deben ser acondicionados en depósitos de decaimiento, hasta que sus actividades se encuentren dentro de los límites permitidos para su eliminación.

Residuos sólidos: En función de la actividad en que son producidos, se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos. A excepción de los mineros, por sus características de localización, cantidades, composición, etc., los demás poseen numerosos aspectos comunes desde el punto de vista de la recuperación y reciclaje.

Residuos sólidos urbanos (RSU): Son aquellos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, hospitales, oficinas, mercados, etc.) y tráfico viario (papeleras y residuos viarios de pequeño y gran tamaño)

Residuos vegetales: Residuos de origen vegetal, procedentes de jardinería, poda de parques y jardines urbanos, limpieza de bosques, etc.

Reuso: Proceso que consiste en volver a usar los productos antes de ser descartados.

Reutilizar: Volver a usar un producto o material varias veces sin "tratamiento", equivale a un "reciclaje directo". El relleno de envases retornables, la utilización de estibas de madera o plástico en el transporte, etc., son algunos ejemplos.

Riesgo: Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana, en los demás organismos vivos, en el agua, aire, suelo, en los ecosistemas, o en los bienes y propiedades pertenecientes a los particulares.

Separación: Segregación de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de iguales características cuando presentan un riesgo.

Separación en la fuente: Método de recuperación de materiales reciclables en su punto de generación.

Separación manual: Método para extraer materiales reciclables luego de recogidos los residuos sólidos y depositados en una facilidad central.

Separación mecánica: Método para separar los materiales reciclables por medios mecánicos o electromecánicos luego del recogido de los residuos sólidos.

Tasa de reciclaje: Relación porcentual entre el peso de los residuos sólidos recolectados para el reciclaje y el peso total de los residuos sólidos recolectados para su evacuación en vertederos e incineradoras.

Tratamiento: Conjunto de operaciones por las que se alteran las propiedades físicas o químicas de los residuos.

Tratamiento biológico: El tratamiento que se enfoca básicamente a los residuos orgánicos, como los alimentos o los residuos del jardín. Véase compostaje o lombricultura.

Valorización: Acción de aumentar el valor de un residuo. Los residuos se han de valorizar sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos o métodos que puedan causar perjuicios al medioambiente.

Vector: Cualquier insecto, artrópodo u otro animal capaz de transmitir enfermedades.

Vehículo compactador: Vehículo grande con una caja cerrada que tiene equipamiento especial con motor mecánico para cargar, comprimir y distribuir los residuos sólidos dentro de la caja.

Vehículo recolector: Vehículo grande con un compartimiento para cargar y transportar los residuos sólidos a su disposición final.

Vermicultura: Es el cultivo de la lombriz para la descomposición de materia orgánica.

Vertido: Deposición de los residuos en un espacio y condiciones determinadas. Según la rigurosidad de las condiciones y el espacio de vertido, en relación con la contaminación producida, se establecen los tres tipos siguientes: v. controlado, v. incontrolado, v. semicontrolado.

RESUMEN

Los residuos sólidos orgánicos urbanos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados, por tal motivo es primordial buscar una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales. Este trabajo define cada uno de los tipos de aprovechamiento apoyados en la normatividad existente; Igualmente compila algunas experiencias a nivel mundial, regional y local, los impactos positivos y negativos y los costos para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos.

La importancia del aprovechamiento de los residuos orgánicos empieza a adquirir una mayor dimensión por el acelerado crecimiento urbanístico y la necesidad de reutilizar materias primas desechadas, lo que motivó a hacer una investigación documental cuyo tema central es el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos en Colombia. En éste trabajo se agrupa la información más relevante a cerca del tema en los últimos 10 años, iniciando con la definición y clasificación de los residuos, pasando por la generación y tipos de aprovechamiento y finalizando con los costos operativos y ambientales.

PALABRAS CLAVES: APROVECHAMIENTO, RESIDUOS SÓLIDOS, FRACCIÓN ORGÁNICA, COMPOSTAJE.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición inadecuada y porque cada vez son más, asunto asociado al incremento de la población humana, a los procesos de transformación industrial (globalización), y a los hábitos de consumo de los individuos.

En la actualidad se ha tratado de buscar solución a éste problema, implementado la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), de la cual hace parte una integralidad de procesos que van desde: separación en la fuente (orgánico, reciclaje e inservible), hasta la transformación de los que permiten éste proceso o a la disposición final de los que no se pueden reciclar.

A partir de la separación en la fuente se han buscado usos alternativos benéficos para el entorno, como es el proceso de reciclaje para la transformación de los residuos sólidos orgánicos nuevamente en materia prima.

El proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores de suelos, la producción de gas, humus, los biocombustibles, entre otros, son técnicas mediante las cuales se puede aprovechar éste tipo de residuos.

Una de las técnicas más usadas en Colombia para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos es el compostaje el cual se define como descomposición de residuos orgánicos por la acción microbiana, cambiando la estructura molecular de los mismos. De acuerdo al tiempo de degradación, se da el grado de madurez al realizar biotransformación o degradación parcial (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y mineralización o degradación completa, cuando todas las moléculas de dióxido de carbono se descomponen en su totalidad. Estos residuos inorgánicos inertes o minerales se incorporan a la estructura del suelo, de los microorganismos y de las plantas causando beneficios ambientales, sociales, económicos y de salubridad al entorno. Esta alternativa es la más usada debido a que permite tratar cantidades altas de residuos, siendo el caso de la generación de los residuos sólidos urbanos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aumento en la generación de residuos sólidos asociado al crecimiento poblacional y la globalización que genera cultura consumista; ha llevado a la aplicación de tecnologías apropiadas para la disposición final de residuos sólidos que permitan un control racional de los impactos producidos por los residuos, sin que se ponga en alto riesgo el medio ambiente y la salud pública. Colombia, con base en esta problemática ha venido diseñando e implementado nuevas políticas tendientes a la gestión integral de los residuos sólidos, las cuales solo se pueden materializar mediante el seguimiento estricto de la normatividad ambiental (Resolución 1045 de 2005, Decreto 1713 de 2002, entre otras). Es por esto que la implementación de acciones para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos es fundamental para el cumplimiento de los objetivos de la gestión integral de los residuos sólidos.

Según caracterizaciones de residuos sólidos urbanos en Colombia, retomados por el RAS - 1998¹, la proporción de orgánicos sobre los residuos sólidos urbanos alcanza el 55% de la producción per cápita (ppc). La disposición indiscriminada de éstos residuos en rellenos sanitarios se traduce en pérdida de nutrientes y contaminación ambiental. Ésta, por las características fisicoquímicas de los residuos sólidos urbanos orgánicos y los procesos de descomposición que le son propios, se corresponde con la generación de gases y lixiviados con altas cargas contaminantes, creando la necesidad de sistemas de tratamiento costosos y complejos, necesarios para realizar la remoción de contaminantes que exige la normatividad, de tal manera que se evite un mayor deterioro de los recursos agua, aire y suelo.

De igual manera, el no aprovechamiento implica que la vida útil de los rellenos sanitarios se agote de manera más rápida. Se sabe hoy que sitios aptos para tal fin escasean y que además, el montaje y operación de estas infraestructuras es inductor de graves conflictos ambientales y sociales.

En Colombia se tiene evidenciado que los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A) son meramente descriptivos lo que conlleva a que los planes de manejo ambiental diseñados sean deficientes y además no se aplican de forma adecuada debido a la poca eficacia en el seguimiento a la implementación de los mismos por parte de las autoridades ambientales ya que no establecen mecanismos de control como indicadores de impacto y gestión que permitan la regulación. Esta realidad no es ajena al emplazamiento y operación de los rellenos sanitarios, cuyos impactos ambientales sobre el agua y el aire se agravan por el importante contenido de orgánicos que, bajo las condiciones de pluviosidad propias de latitudes intertropicales, incrementa la producción de gases, lixiviados y olores ofensivos, situación inductora de conflictividad ambiental en localidades y regiones del país. Es claro que, desde el propósito de reducir el impacto ambiental inducido por los rellenos sanitarios, el aprovechamiento de orgánicos también configura una prioridad en materia de gestión ambiental en el país y en la región.

La academia, los centros de investigación, las corporaciones autónomas regionales, algunas ONG y dependencias ambientales municipales han venido construyendo conocimiento en torno al aprovechamiento, comercialización y utilización de residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia, en aras de contribuir a la racionalización de la gestión integral de estos desechos en el país. Sin embargo, porque dicha información se encuentra atomizada y dispersa, no es fácil acceder a ella, razón por la cual poco aporta a la gestión integral de los

¹ Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sistemas de Aseo Urbano. Título F. Numeral F.1.4.3. Santa Fe de Bogotá. Julio de 1998. pF.17

residuos

sólidos.

2. JUSTIFICACIÓN

La composición física de los residuos sólidos urbanos en nuestro país está constituida en más del 50% por residuos orgánicos; es por esto que con el aprovechamiento de los mismos se disminuirá en gran medida la presión sobre el medio ambiente como soporte de actividades antrópicas; se reincorporarán los nutrientes al ciclo de fertilización del suelo y se frenará el uso de agroquímicos. Solo apuntando a una eficiente gestión integral de residuos sólidos desde la presentación hasta la disposición final, se implementarán los instrumentos de manejo basados en principios de eficiencia, eficacia y efectividad que generen una sostenibilidad ambiental a partir de una relación costo-beneficio óptimo. El estudio de la relación de los procesos adecuados para la transformación de los residuos orgánicos se convierte en el factor primordial para crear los escenarios que determinen la viabilidad técnica, económica y ambiental asociada al tema.

Este aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión ambiental. La disposición final y la aplicación de los planes de manejo ambiental a este componente, a la luz de la exigente normatividad ambiental generarán seguramente en un futuro cercano incrementos tarifarios que afectarán la economía familiar, o por el contrario, de no aplicarse pondrían en riesgo la viabilidad económica y financiera de las empresas prestadoras del servicio público domiciliario del aseo.

Se pretende consolidar y sistematizar la información existente para hacer un análisis reflexivo en torno al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos que sirva de insumo en la formulación de lineamientos y directrices para los entes reguladores.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Construir un estado del arte sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia en los últimos 10 años, realizando un análisis crítico y reflexivo de la información documental recopilada.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las categorías de análisis que organicen la información documental relacionada con el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.
- Hacer un rastreo de la información documental relacionado con los residuos sólidos orgánicos, con su respectiva clasificación en las categorías de análisis definidas.
- Realizar un análisis crítico y reflexivo sobre la eficiencia del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.

4. ESTADO DEL ARTE SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

4.1 LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y SU CLASIFICACIÓN

4.1.1 Definición de residuo

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.²

4.1.2 Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos³ se pueden clasificar de varias formas, tanto por estado, origen o por el tipo de manejo que se les debe dar.

- **Clasificación por estado**

Un residuo es definido por estado, según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista: sólidos, líquidos y gaseosos. Es importante anotar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos meramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado.

- **Clasificación por origen**

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial. Según esta clasificación, los tipos de residuos más importantes son:

Residuos sólidos urbanos: Los que componen la basura doméstica; la generación de residuos varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.

Los sectores de más altos ingresos generan los mayores volúmenes per cápita de los residuos, y estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población. Estos a su vez se clasifican en:

Residuos industriales: La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias

²MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Decreto 838 de 2005. En: Artículo 1. Definiciones. Por el cual se modifica el Decreto [1713](#) de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Marzo 23 de 2005. [Sitio en internet]. http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto838_20050323.htm . [Consultado: 20 de Julio de 2008.

³ FORTUNECITYS. Los residuos sólidos. Ingeniería ambiental y medio ambiente. Noviembre de 2000. [Sitio en internet]. <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html> [Consultado: 10 de noviembre de 2007].

auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso. Dentro de los residuos que genera la industria es conveniente diferenciar entre:

Inertes: son los escombros y materiales similares. Es un residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente. También se incluyen algunos residuos similares a los residuos sólidos urbanos: Restos de comedores, oficinas, etc.

Residuos radiactivos: materiales que emiten radiactividad.

Residuos tóxicos y peligrosos: son considerados en este grupo los que entran dentro de las características especificadas por las diferentes normas medioambientales. Este grupo de residuos exige, en función de sus características físicas o químicas, un proceso de tratamiento, recuperación o eliminación específica.

Residuos mineros: los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros. Actualmente, la industria del cobre se encuentra empeñada en la implementación de un manejo apropiado de estos residuos, por lo cual se espera en un futuro próximo contar con estadísticas apropiadas.

Residuos hospitalarios: Restos del trabajo clínico o de investigación. Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiado ya que no existe un reglamento claro al respecto. El manejo de estos residuos es realizado a nivel del generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel del hospital los residuos son generalmente esterilizados.

La composición de los residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial, a residuos de tipo médico que contienen sustancias peligrosas.

Igualmente éste grupo de clasificación por origen lo podemos sub-clasificar en residuos aprovechables y en residuos no aprovechables. "Los residuos aprovechables son aquellos que a través de un manejo integral de los residuos sólidos, se recuperan y se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración (con fines de generación de energía), el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos."⁴.

Y los no aprovechables son aquellos que ya terminaron su vida útil y que se les debe hacer un tratamiento o disposición final adecuada debido a que por sus condiciones de origen pueden afectar o alterar ostensiblemente el medio ambiente; en este grupo encontramos los residuos inertes, radioactivos, tóxicos y peligrosos

- **Clasificación por tipo de manejo**

Se puede clasificar un residuo por presentar alguna característica asociada al manejo que debe ser realizado, así:

Residuo peligroso: residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

⁴ DECRETO 1713 DE 2002. Artículo 1. Definiciones. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Agosto 6 de 2002. [Sitio en internet]. <http://www.superservicios.gov.co/basedoc/docs/decretos/d1713002.html>. [Consultado el 2 de Abril de 2008]

Residuo inerte: Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

4.1.3 Los residuos sólidos orgánicos y su clasificación

Flores, Dante⁵ define y clasifica los residuos sólidos orgánicos de la siguiente manera.

Definición: Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada.

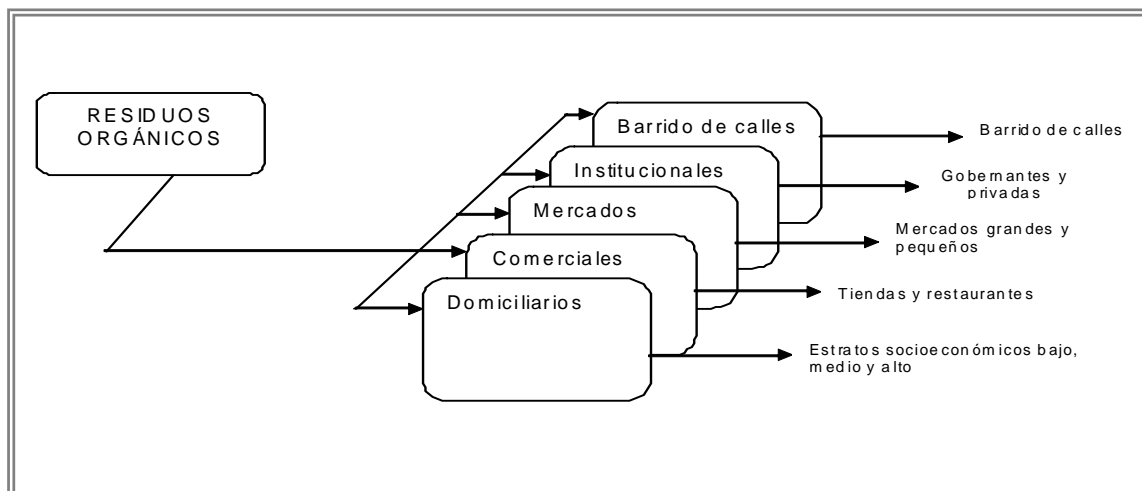
Cómo se clasifican: Existen muchas formas de clasificación de los residuos sólidos orgánicos, sin embargo, las dos más conocidas están relacionadas con su fuente de generación y con su naturaleza y/o características físicas.

Según su fuente de generación: los residuos sólidos orgánicos según su fuente se clasifican en:

- **Residuos sólidos orgánicos provenientes del barrido de las calles:** consideramos dentro de esta fuente a los residuos almacenados también en las papeleras públicas; su contenido es muy variado, pueden encontrarse desde restos de frutas hasta papeles y plásticos. En este caso, sus posibilidades de aprovechamiento son un poco más limitadas, por la dificultad que representa llevar adelante el proceso de separación física.
- **Residuos sólidos orgánicos institucionales:** residuos provenientes de instituciones públicas (gubernamentales) y privadas. Se caracteriza mayormente por contener papeles y cartones y también residuos de alimentos provenientes de los comedores institucionales.
- **Residuos sólidos de mercados:** son aquellos residuos provenientes de mercados de abastos y otros centros de venta de productos alimenticios. Es una buena fuente para el aprovechamiento de orgánicos y en especial para la elaboración de compost y fertilizante orgánico.
- **Residuos sólidos orgánicos de origen comercial:** son residuos provenientes de los establecimientos comerciales, entre los que se incluyen tiendas y restaurantes. Estos últimos son la fuente con mayor generación de residuos orgánicos debido al tipo de servicio que ofrecen como es la venta de comidas. Requieren de un trato especial por ser fuente aprovechable para la alimentación de ganado porcino (previo tratamiento).
- **Residuos sólidos orgánicos domiciliarios:** son residuos provenientes de hogares, cuya característica puede ser variada, pero que mayormente contienen restos de verduras, frutas, residuos de alimentos preparados, podas de jardín y papeles. Representa un gran potencial para su aprovechamiento en los departamentos del país.

⁵ FLORES, Dante. Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito Ecuador. Guía Práctica No.2. Marzo 2001; pag 8-12.

Figura 1. Clasificación de los Residuos Orgánicos Municipales según su fuente.



Fuente: DANTE, Flores: Guía No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito, Guía No. 2 (Marzo. 2001); p.10.

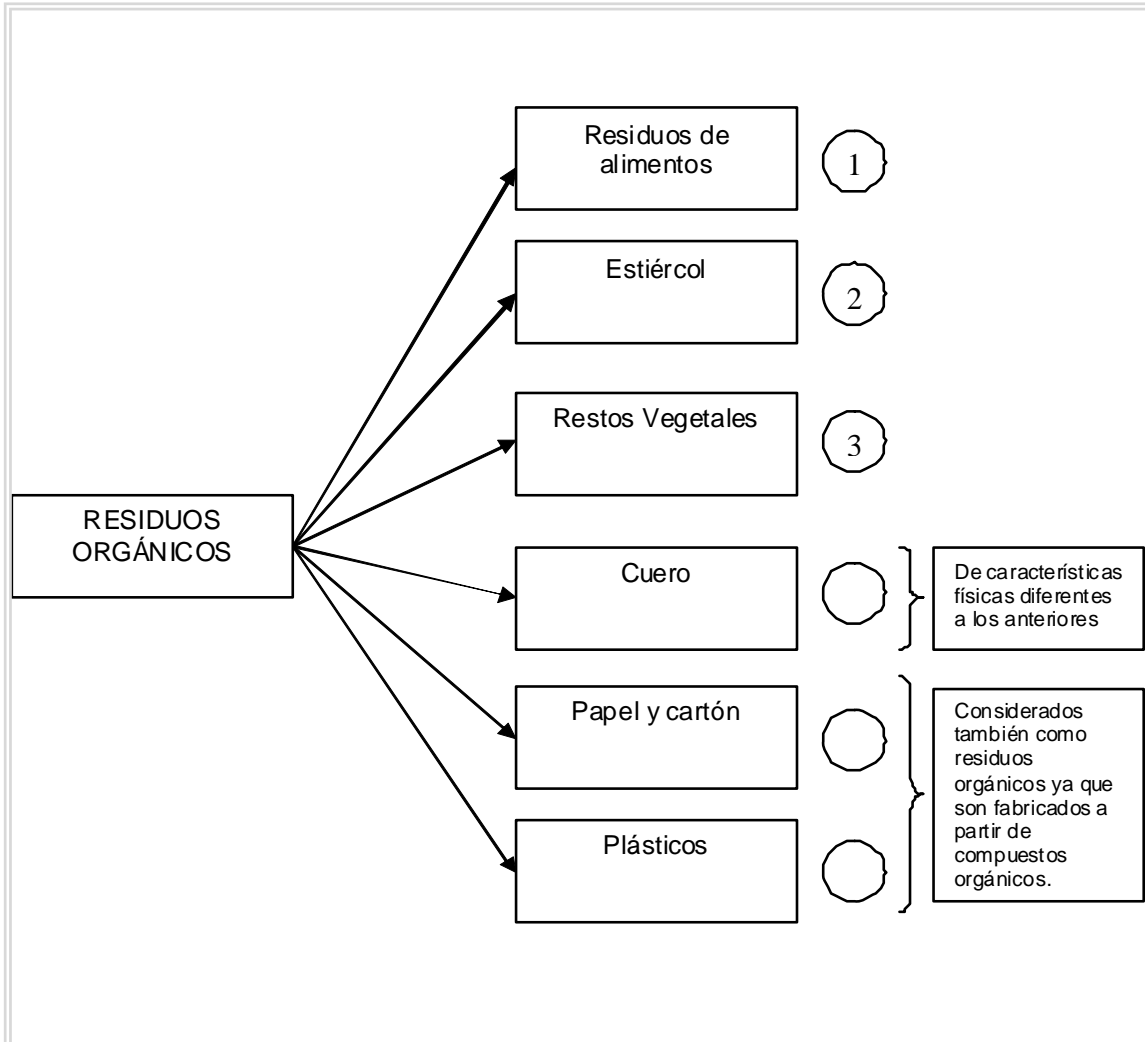
La *Figura 1*. Clasificación de los Residuos Orgánicos Municipales según su fuente. Muestra una primera clasificación de los residuos orgánicos de acuerdo a su fuente de generación, es muy utilizada para identificar las fuentes potenciales de materia orgánica para su aprovechamiento. Como ejemplo, una de las fuentes para la elaboración del abono orgánico, lo constituyen los residuos de mercado igualmente que los domiciliarios que en la mayoría de casos representan más del 50% de los residuos totales generados.

Según su naturaleza y/o característica física: Los residuos sólidos orgánicos según su naturaleza y/o característica fuente se clasifican en:

- **Residuos de alimentos:** son restos de alimentos que provienen de diversas fuentes, entre ellas: restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.
- **Estiércol:** son residuos fecales de animales (ganado) que se aprovechan para su transformación en bio-abono o para la generación de biogás.
- **Restos vegetales:** son residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes; también se consideran algunos residuos de cocina que no han sido sometidos a procesos de cocción como legumbres, cáscara de frutas, etc.
- **Papel y cartón:** son residuos con un gran potencial para su reciclaje pero que no materia de desarrollo en éste trabajo.
- **Cuero:** son residuos mayormente derivados de artículos de cuero en desuso.

- **Plásticos:** son considerados como residuos de origen orgánico ya que se fabrican a partir de compuestos orgánicos como el etano (componente del gas natural), también son fabricados utilizando algunos derivados del petróleo. Sin embargo, para efectos de éste trabajo, no serán objeto de estudio.

Figura 2. Clasificación generalizada de los residuos sólidos orgánicos



Fuente: DANTE, Flores: Guía No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito, Guía No. 2 (Marzo. 2001); p.11.

La *Figura 2*. Clasificación generalizada de los residuos sólidos orgánicos muestra una clasificación generalizada de los residuos sólidos orgánicos, según su naturaleza y/o característica física. Se considera dentro de la clasificación también al cuero (4), papel, cartón (5) y plásticos (6), sin embargo éstos no serán materia de tratamiento en este documento de trabajo, debido a que su reaprovechamiento y reciclaje, pasa por un sistema más complejo y costoso.

4.1.4 Propiedades biológicas de los residuos sólidos orgánicos

Excluyendo el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los residuos se puede clasificar de la forma siguiente:

- Constituyentes solubles en agua, tales como azúcares, féculas, aminoácidos y diversos ácidos orgánicos.
- Hemicelulosa, un producto de condensación de azúcares con cinco y seis carbonos.
- Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcar con seis carbonos.
- Grasas, aceites y ceras, que son ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga.
- Lignina, un material polímero presente en algunos productos de papel como periódicos.
- Lignocelulosa, una combinación de lignina y celulosa.
- Proteínas, que están formadas por cadenas de aminoácidos.

La característica biológica más importante de la fracción orgánica de los residuos de las ciudades, es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos encontrados en este tipo de residuos (por ejemplo los residuos de comida).

4.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

La mayoría de las sociedades modernas está logrando su desarrollo sin controlar adecuadamente todas las presiones ambientales generadas sobre su entorno. Este desarrollo se ha forjado mediante procesos y actividades que llevan implícitos la producción de una gran cantidad de residuos, los cuales en su mayoría son orgánicos.

Las pautas de consumo y la actividad económica están dando lugar al aumento de la generación de residuos y de los problemas derivados de su inadecuada gestión, sin que se produzca el desacoplamiento entre crecimiento económico y producción de los mismos.

El ministerio del Medio Ambiente⁶, enuncia en la Política para la Gestión de residuos que desde el punto de vista ambiental, que este problema está relacionado también con:

- Falta de conciencia ciudadana sobre la relación entre los residuos, el ambiente, la economía familiar y nacional.
- Ausencia de un marco de apoyo a la introducción de tecnologías limpias.
- Ausencia del establecimiento de responsabilidad de los sectores productivos en la generación, manejo y disposición de residuos postconsumo.

⁶ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para la Gestión de residuos. El Ministerio. Santa Fé de Bogotá, Agosto de 1997; p.5-6.

A continuación se mostrará los porcentajes de residuos orgánicos generados a partir del peso total de los mismos, a nivel mundial, departamental y local.

4.2.1 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel mundial

Según el informe *El medio ambiente en Europa: tercera evaluación (2003)*, la cantidad total de residuos municipales que se recoge es cada vez mayor en un gran número de los países europeos. En Europa se generan cada año más de 3.000 millones de toneladas de residuos. Esto equivale a 3,8 toneladas por persona en Europa Occidental, 4,4 toneladas por persona en Europa Central y Oriental y 6,3 toneladas en los países de EECCA (Europa del Este, Cáucaso y Asia Central).

La generación de residuos municipales varía considerablemente entre países, desde los 685 kg per cápita (Islandia) a los 105 kg per cápita (Uzbekistán). Esto representa aproximadamente un 14 % de los residuos totales recogidos en Europa. De acuerdo a la composición de los mismos, el porcentaje en peso de la fracción orgánica en países subdesarrollados es del 40% al 55% y en países desarrollados del 58% al 80,20%.⁷

DANTE⁸ enuncia que en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos supera el 50% del total generado, como se muestra en la *Tabla 1. Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina (porcentaje en peso)*. De los cuales aproximadamente el 2% recibe tratamiento adecuado para su aprovechamiento; el resto es confinado en vertederos o rellenos sanitarios; otro porcentaje es dispuesto inadecuadamente en botaderos o es destinado a la alimentación de cerdos, sin un debido control y procesamiento sanitario.

Tabla 1. Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina (porcentaje en peso).

PAÍS	% de MATERIA ORGÁNICA
México	43
Costa Rica	58
El Salvador	42
Perú	50
Chile	49
Guatemala	63,3
Colombia	52,3
Uruguay	56
Bolivia	59,5
Ecuador	71,4
Paraguay	56,6
Argentina	53,2
Trinidad y Tobago	27

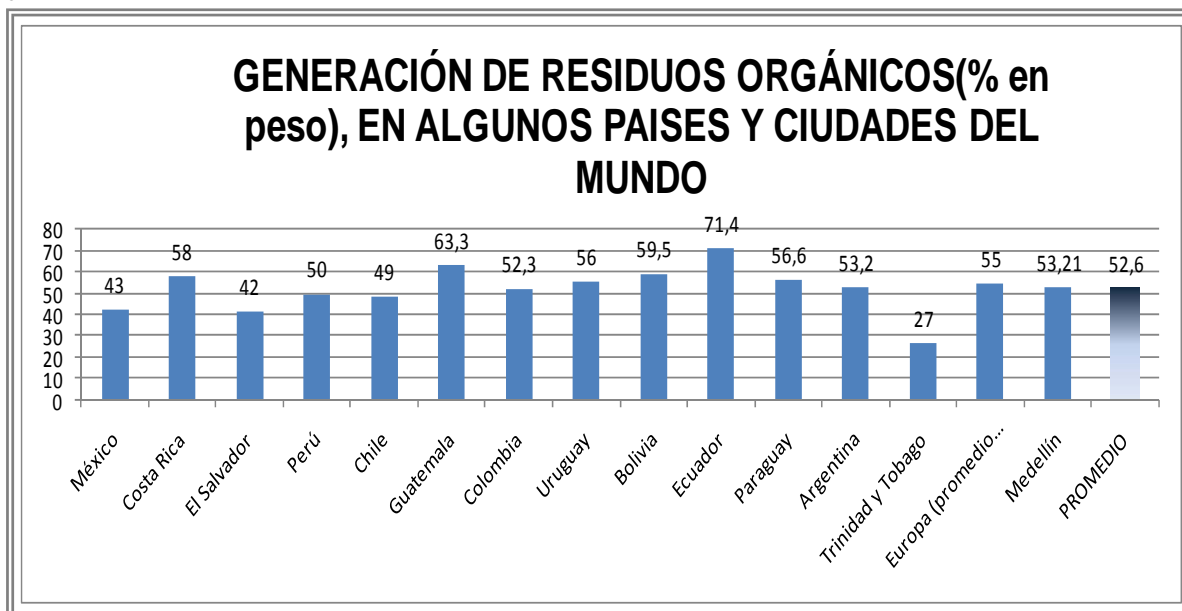
Fuente: Diagnóstico de la situación del manejo de los Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe. BID, OPS/OMS, 1997.

⁷ SEOÁNEZ M. Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos. Ediciones Mundi-Prensa. España, 2000. s.p

⁸ DANTE, Op. Cit., p.7

Otros estudios, indican que la proporción de generación de residuos orgánicos alcanza valores alrededor del 76%, como es el caso de la ciudad de Ibadán (Nigeria); en una medida similar, tenemos a Asunción (Paraguay) con el 60,8% de generación de orgánicos⁹.

Gráfica 1. Relación de porcentajes en peso de generación de residuos sólidos orgánicos en algunos países y ciudades del mundo.



La *Gráfica 1*. Relación de porcentajes en peso de generación de residuos sólidos orgánicos en algunos países y ciudades del mundo. Muestra que el porcentaje promedio de generación de residuos sólidos orgánicos urbanos es de 52% en la mayoría de lugares del mundo.

4.2.2 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel nacional

En las cuatro grandes ciudades del país, como manifiesta el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial¹⁰. La generación de residuos sólidos, es la siguiente:

- Cuatro grandes ciudades (Medellín, Bogotá, Cali y Barranquilla): 11.275 Ton/día, lo que equivale al (41%) de residuos generados, solo Bogotá genera 6500 ton/día.
- En las 28 ciudades capitales se generan 5.142 Ton/día (18.7%).
- En los 1054 municipios se generan 11.083 ton/ día (40.3%).

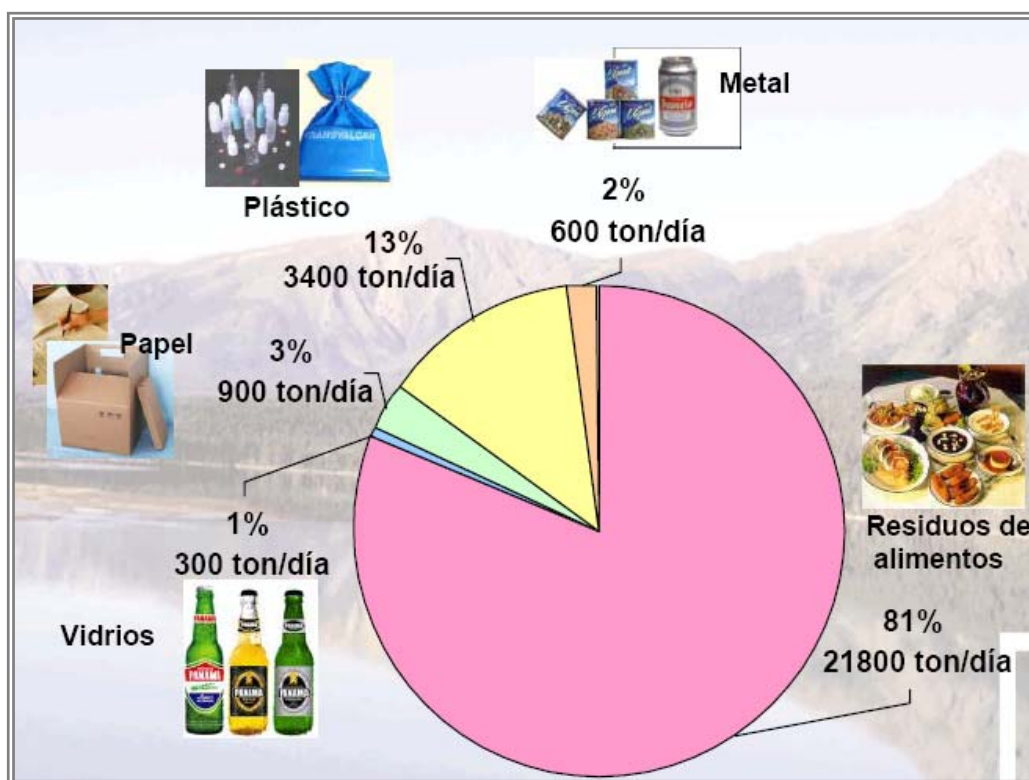
⁹ ACURIO, Guido. Diagnóstico de la situación de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washinton: Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, 1997. s.p

¹⁰ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLO TERRITORIAL, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental. Seminario sobre el aprovechamiento y manejo de los residuos sólidos. Manizales. Mayo 5. 2004. p. 3.

En resumen, en Colombia se generan 27.500 toneladas/día de residuos sólidos (1086 municipios 32 departamentos) y de acuerdo a la composición de los mismos, el 65% son residuos sólidos orgánicos.

Otros estudios dicen que en Colombia se genera alrededor del 81% de residuos sólidos orgánicos, como se evidencia en la siguiente Gráfica:

Gráfica 2. Composición física de los residuos sólidos en Colombia



FUENTE: MARMOLEJO, R. En: Presentación Sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios en Colombia. Procuraduría delegada para asuntos agrarios. Cali, 2004, p.3.

Con relación al estudio realizado por el ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial y el presentado por Marmolejo se observa que la generación de residuos sólidos orgánicos va en ascenso con relación a años anteriores.

4.2.3 Generación de residuos sólidos en a nivel local, Medellín

En Medellín, La Subdirección Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburra presentó en el año 2003 el Plan Maestro de los Residuos Sólidos para el Valle de Aburra, en el que recopila la información sobre la caracterización del material orgánico con un valor del 59,48% correspondiente a 296.540 toneladas de las 557.301 toneladas totales producidas en el año 2000, depositadas en el Relleno Sanitario La Curva de Rodas, de los cuales los residuos orgánicos del sector residencial constituyen la fracción más representativa, según el estudio realizado por las Empresas Varias de Medellín S.A. E.S.P. entre los años 1998 y 2000 con el proyecto: "Estudio, diseño y

optimización del sistema de producción, caracterización, recolección y transporte de los desechos sólidos para el Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos”, el cual se denominó SIAM5.¹¹

4.3 APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

De acuerdo a la Política para la Gestión de Residuos¹², el aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.

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

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

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

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

- Se trata de materia prima con valor comercial, en consecuencia sujeta a las leyes del mercado y consideradas como insumo.
- Su destino es el aprovechamiento ya sea de manera directa o como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, producción de **bioabono, generación de biogás, compostaje, incineración con producción de energía, entre otros.**
- La definición de residuo aprovechable se deberá hacer por las autoridades ambientales y municipales en sus respectivos Planes de Gestión de Residuos Sólidos, que deberán formular.
- La calificación de residuo aprovechable debe darse teniendo en cuenta que exista un mercado para el residuo, en el cual están comprometidos los generadores de las materias primas y de los productos finales.
- Deben ser objeto del establecimiento de incentivos de toda índole, en especial económicos y tributarios. Teniendo en cuenta que el análisis del impacto de un producto o proceso debe ser integral, los incentivos que se otorguen deben considerar el proceso productivo en su integridad, de modo que no se distorsionen los objetivos de la gestión ambiental que consisten no sólo el disminuir un impacto ambiental específico - postconsumo -, sino todo lo que se genera durante el proceso productivo.
- La población que actualmente está realizando las actividades de recuperación debe tener reconocimiento y espacio para su trabajo.

¹¹ SIAM5. Caracterización de residuos sólidos municipio de Medellín. Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipio de Medellín. Medellín, 2006: p.5.99.

¹² MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Op Cit; p. 13-14.

A continuación se describen los tipos de aprovechamiento que se logran a partir del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos.

4.3.1 Alimentación animal

En muchas partes de nuestro país, principalmente en las zonas rurales, algunos pobladores separan la fracción orgánica generada en el inmueble para la alimentación de animales, en su mayoría ganado y credos.

Los residuos orgánicos tienen un alto contenido en humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación ó descomposición del mismo. Para incorporar el producto orgánico como complemento importante en la alimentación animal, es necesaria una correcta planificación en la que se tenga en cuenta: de qué productos se dispone, en qué cantidades y en que periodos de tiempo.

Puerta¹³ enuncia que desde hace varios años las universidades han venido realizando investigaciones para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de las excretas de animales en alimentación animal, en especial la porquinaza para la alimentación bovina y se han evaluado ensayos de ganancia de peso en cerdos de levante y ceba alimentados con una mezcla de concentrado y porquinaza tratada con Lactobacillus, disminuyendo la saturación de praderas con porquinaza y lixiviados, mejorando la nutrición de los cerdos debido a la baja absorción y asimilación de nutrientes (30-40%) y disminuyendo el uso del concentrado aproximadamente entre un 20 y 30%.

4.3.2 Compostaje

Como dice Arroyave¹⁴, el compostaje es un proceso natural y biooxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de dióxido de carbono, agua y minerales, como también una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible para ser utilizada en la agricultura como abono acondicionador de suelos si que cause fenómenos adversos.

Fases del proceso del compostaje

Jaramillo¹⁵, enuncia cuatro (4) fases descritas en la Gráfica 3, durante el proceso del compostaje, las cuales se describen a continuación:

- **Mesófila:** es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos, siendo las primeras quienes inician al proceso por su gran tamaño; ellas se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, produciendo un aumento en la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 grados centígrados.
- **Termófila:** en ésta fase la temperatura sube de 40 a 60grados centígrados, desaparecen los organismos mesofilos, mueren las malas hierbas, e inician la degradación los organismos termófilos. En los seis (6) primeros

¹³ PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.57.

¹⁴ ARROYAVE S., M.; VAHOS M., D. Evaluación del proceso de compostaje producido en un tanque bio reactor piloto por medio de bioaumentación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 1999. s.p

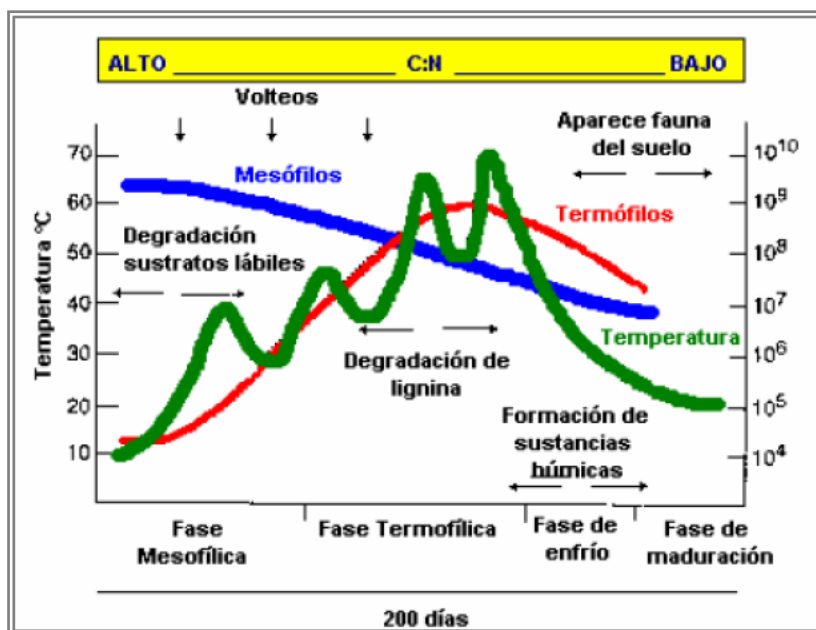
¹⁵JARAMILLO, Marisol. Primer simposio sobre biofábricas: Biología y aplicaciones de la célula cultivada. Medellín, Marzo, 2005, p. 3-7.

días la temperatura debe llegar y mantenerse a más de 40 grados centígrados a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos importantes para el proceso mueren y otros no crecen por estar esporulados. En ésta etapa se degradan ceras, proteínas y hemicelulosas y, escasamente la lignina y la celulosa; también se desarrollan en éstas condiciones numerosas bacterias formadoras de esporas y actinomicetos.

- **Enfriamiento:** la temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa.

- **Maduración:** la maduración puede considerarse como complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 20 días en ésta fase.

Gráfica 3. El proceso de compostaje. Tomado de Paul y Clark, 1996 por Soto M., Graciela. El proceso de compostaje, 2003



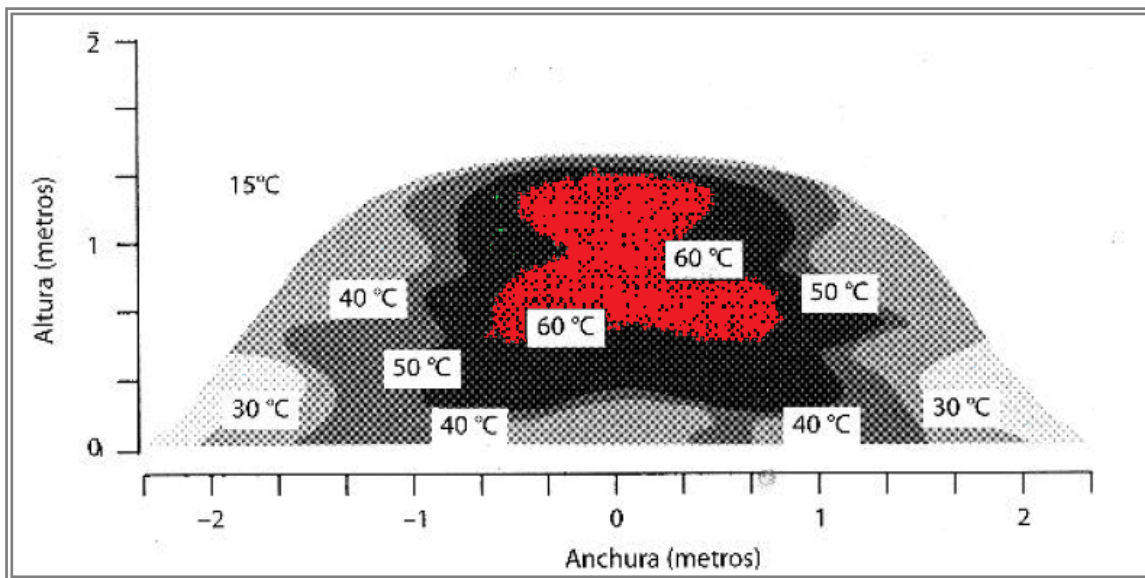
FUENTE: PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.63.

Condiciones del proceso de compostaje

En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación del sustrato, por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo, afectarán también sobre el proceso. Los factores más importantes que intervienen éste proceso biológico son: temperatura, humedad, pH, oxígeno, relación C/N y población microbiana.

- **Temperatura:** Las fases mesófila y termófila del proceso, mencionadas anteriormente, tienen un intervalo óptimo de temperatura. Se ha observado que las velocidades de crecimiento se duplican aproximadamente con cada subida de 10 grados centígrados de temperatura, hasta llegar a la temperatura óptima. En la *Gráfica 4*. Se muestra un área de color rojo, es el lugar donde se alcanzan temperaturas más altas, a partir de éste nivel se empiezan a eliminar microorganismos patógenos dándose el proceso de sanitización ayudados adicionalmente por los antibióticos producidos por algunos microorganismos que favorecen su eliminación. Hacia los 70 °C grados centígrados se inhibe la actividad microbiana por lo que es importante la aireación del compost para disminuir la temperatura y evitar la muerte de los microorganismos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta el agotamiento de nutrientes, disminuyendo los microorganismos y la temperatura.

Gráfica 4. Perfil de temperatura de una pila de compost estática



FUENTE: DIAZ, et al. Tomado de ATLAS, Ronald M. y BARTHA, Richard. Ecología y microbiología ambiental. Citado por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.65.

- **Humedad:** en el compostaje es importante evitar la humedad elevada ya que cuando está muy alta, el aire de los espacios entre partículas de residuos se desplaza y el proceso pasa a ser anaerobio. Por otro lado, si la humedad es muy baja, disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retarda. Se consideran niveles óptimos de humedades entre 40% - 60%, éstos dependen de los tipos de material a utilizar.
- **pH:** el compostaje permite un amplio intervalo de pH (3.0 – 7.0), sin embargo los valores óptimos están entre 5.5 y 7.0, porque las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro. La NTC 5167 de 2004¹⁶ dice que si el producto se disuelve en agua, su disolución no debe desarrollar pH alcalino es decir mayor de 7.

¹⁶ICONTEC. Norma Técnica Colombiana 5167 de 2004. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. Bogotá, D.C., Junio 15 de 2004, p.6.

- **Oxígeno:** los microorganismos deben disponer de oxígeno suficiente para que se dé el proceso aerobio, esto se logra mediante la aireación. Si se garantiza el oxígeno necesario para que se desarrolle el proceso, se puede obtener un compost rápido y de buena calidad, evitándose problemas de malos olores.
- **Nutrientes:** una relación C/N de 20 – 35 es la adecuada al inicio del proceso; pero si ésta relación es muy elevada, se disminuye la actividad biológica porque la materia orgánica a composta es poco biodegradable por lo que la lentitud del proceso no se deberá a la falta de nitrógeno sino a la cantidad de carbono.
- **Tamaño de partículas:** el tamaño de partículas no debe ser ni muy fina ni muy gruesa, porque si es muy fina, se obtiene un producto apelmazado, lo que impide la entrada de aire al interior de la masa y no se llevará a cabo una fermentación aerobia completa. Si las partículas son muy grandes, la fermentación aeróbica tendrá lugar, solamente en la superficie de la masa triturada. Aunque el desmenuzamiento del material facilita el ataque microbiano, no se puede llegar al extremo de limitar la porosidad, es por ello que se recomienda un tamaño de partícula de 1 a 5 cm.

Técnicas de compostaje

Actualmente, los métodos más utilizados son agitado y estático: En el método agitado, el material que se va a fermentar se mueve periódicamente, esto con el fin de permitir la entrada de oxígeno, controlar la temperatura y mezclar el material para que el producto sea homogéneo; mientras que el método estático, el material que se va a fermentar permanece quieto y a través del él, se inyecta aire.

- **Compostaje en hilera:** antes de formar las hileras se pre trata el material orgánico mediante trituración y cribación hasta obtener un tamaño de partícula aproximadamente de 2,5 a 7,5 cm y un contenido de humedad entre 50 a 60%, y se dispone en hileras. El ancho y alto de las hileras depende del tipo de equipamiento que se va a utilizar para voltear los residuos fermentados. Un sistema rápido de compostaje en hileras emplea normalmente de 2 a 2,30 m de altura y 4.5 a 5 m de ancho por cada hilera, el material se volteo hasta dos veces por semana mientras la temperatura se mantiene aproximadamente a 55 grados centígrados; la fermentación completa puede obtenerse en tres o cuatro semanas, después del periodo de volteo, se deja el compost para curarse durante tres o cuatro semanas más sin volteo. En un sistema de mínimo rendimiento se utiliza una pala para voltear la hilera una vez al año, esto podría funcionar pero tardaría de 3 a 5 años en descompletarse la descomposición y emitiría olores desagradables, ya que algunas partes de la hilera serían anaerobias.
- **Pila estática aireada:** este sistema fue, originalmente desarrollado para el compostaje aerobio de fangos de aguas residuales, pero se puede utilizar para fermentar una amplia variedad de residuos orgánicos, incluyendo residuos de jardín o aquellos sólidos urbanos previamente separados. La pila estática aireada consiste en una red de tuberías previamente perforadas para que entre el aire, sobre ellas se coloca la fracción orgánica procesada de los residuos, formando pilas de aproximadamente 2 a 2,5 m de altura. Para controlar los olores, se puede poner una capa de compost cribado encima de la pila recién formada.

El aire necesario tanto para la conversión biológica como para controlar la temperatura, se introduce a la pila mediante un inyector de aire. Después que el material ha sido fermentado durante un periodo de tres o cuatro semanas, se realiza el proceso de curado durante cuatro semanas más. Para mejorar la calidad del producto final, se realiza una trituración o cribación del compost curado.

- **Sistemas de compostaje en reactor:** para éste sistema se ha utilizado como reactor todo tipo de recipientes, incluyendo torres verticales, depósitos horizontales, rectangulares y circulares. Estos se pueden dividir en dos categorías importantes de reactores: flujo pistón y dinámico (lecho agitado). El tiempo de retención para los

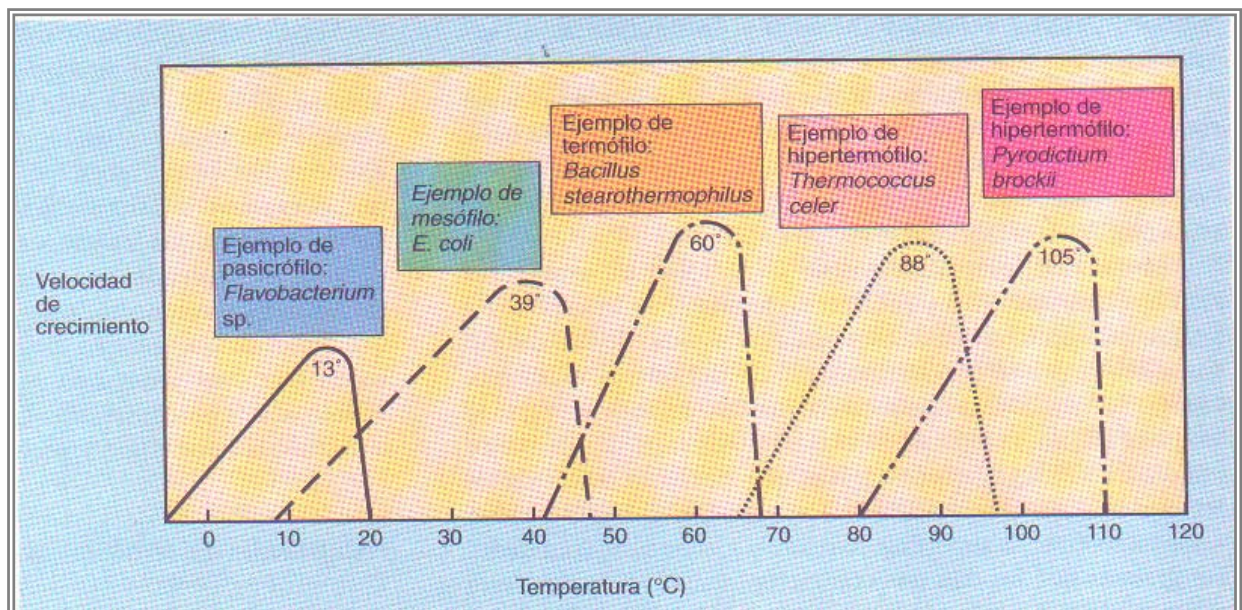
sistemas en reactor varía de 1 a 2 semanas, y emplean un periodo de curado de 4 a 12 semanas después del período de fermentación activa.

Durante los últimos años se ha incrementado la popularidad de los sistemas de compostaje en reactor, debido a que se diseñan muy buenos sistemas mecanizados con control del flujo de aire, de temperatura y concentración de oxígeno para minimizar olores, espacio, costos de mano de obra, tiempo de elaboración y para aumentar el rendimiento del proceso.

Dependiendo de la temperatura que vaya teniendo la pila en cualquiera de las técnicas de compostaje, se inicia velocidad de crecimiento de los microorganismos como se puede observar en la

Gráfica 5

Gráfica 5. Relación de temperatura óptima y velocidad de crecimiento de un organismo psicrófilo, mesófilo, termófilo e hipertermófilo

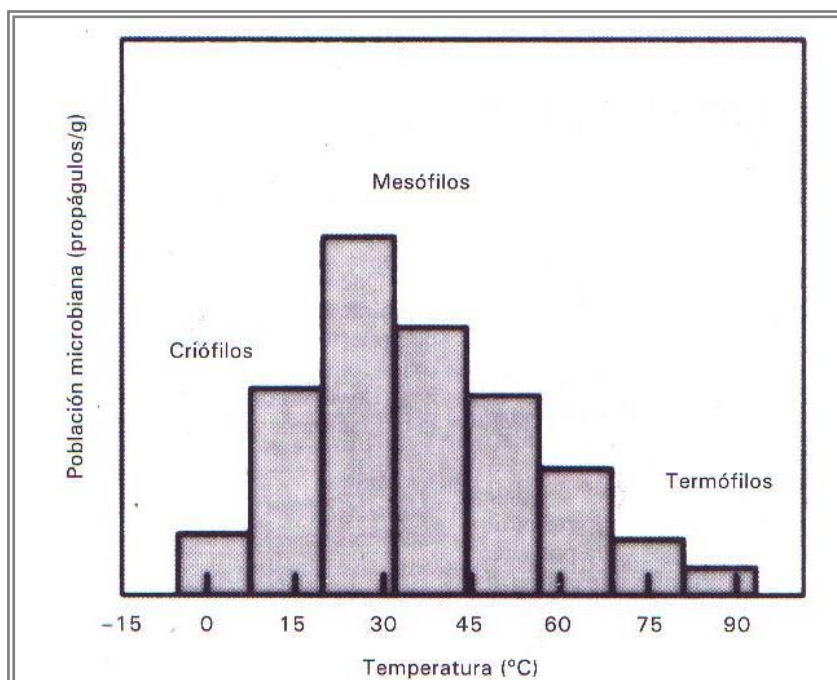


FUENTE: MADIGAN T. Michael, et al. Biología de los microorganismos. Citado por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.66.

En la misma medida Coyne¹⁷ enuncia que para la mayor parte de los microorganismos las altas temperaturas pueden causar una desnaturalización de las proteínas y alteran la permeabilidad de las membranas celulares microbianas. El rango de temperatura del suelo en el que los microorganismos pueden crecer forma un espectro continuo. Las poblaciones microbianas más extensas se encuentran a temperaturas mesolíticas moderadas como se observa en la Gráfica 6

¹⁷ COYNE, Mark. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Madrid: Paraninfo, 2000. p. 289.

Gráfica 6. Dendograma de la población microbiana del suelo con respecto a la temperatura



FUENTE: COYNE, Mark. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Citado por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.67.

Soto¹⁸ afirma que otro factor determinante para obtener un producto de buena calidad al corto plazo es la presencia de oxígeno durante el proceso de compostaje, especialmente en las fases iniciales.

Para favorecer una buena oxigenación se debe manejar un volteo frecuente, tamaño de partícula adecuada, mezclar en la receta materiales que permitan una buena oxigenación, y manejo adecuado del agua. La frecuencia de volteo debe estar determinada por la presencia de oxígeno. Para esto se han diseñado equipos que miden la presencia de oxígeno directamente al interior de la pila de compost, o en su defecto la presencia de CO₂. Se recomienda voltear cuando la concentración de CO₂ esté por encima del 8%. Si no se cuenta con el equipo adecuado, la frecuencia de volteo puede estar determinada por temperatura, que es un indicador indirecto de la actividad microbiana. Existen sistemas pasivos de compost, a través de aireación por tubería o a través de ventiladores colocados en la parte inferior de las camas de compost como se mencionó anteriormente en las técnicas para realizar compost. Estos sistemas funcionan efectivamente, pero son más costosos y el proceso es un poco más lento. Es claro que aunque el compostaje es un proceso predominantemente aeróbico, en todo compost, se darán puntos de anaerobiosis. Los organismos anaeróbicos son menos eficientes en su metabolismo, por lo que el compostaje anaeróbico es más lento que el proceso aeróbico. Una gran desventaja que presenta el proceso anaeróbico es la presencia de malos olores, ya que los olores son generados en su gran parte por condiciones de reducción.

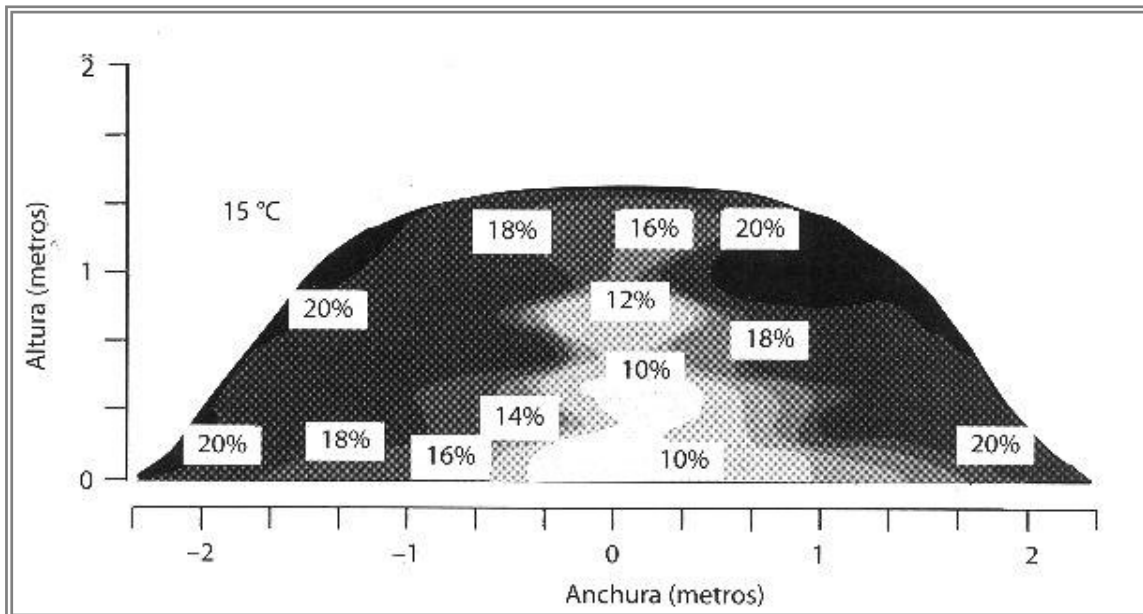
Atlas¹⁹ afirma que normalmente la concentración de oxígeno en el compost es cinco veces menor que en el aire ambiental, incluso cuando las pilas se voltean mecánica o manualmente como se muestra en la Gráfica 7. Concentración de oxígeno en una pila de compost expresada como porcentaje del aire a 55°C una

¹⁸ SOTO M., Gabriela. El proceso de compostaje. Op. cit., p. 44.

¹⁹ ATLAS, Ronald M. y BARTHA, Richard. Ecología y microbiología ambiental. Madrid: Pearson Educacion, 2002. p. 469.

temperatura de 55 °C. El proceso de compostaje se acelera considerablemente si se mejora la aireación, al incrementar la actividad microbiana por la mayor disponibilidad de oxígeno.

Gráfica 7. Concentración de oxígeno en una pila de compost expresada como porcentaje del aire a 55°C



FUENTE: DIAZ, et, al. Tomado de: ATLAS, Ronald M. y BARTHA, Richard. Ecología y microbiología ambiental. Citado por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.73.

Utilización del compost

El compost según su composición y sus características, puede tener diferentes usos. Cuando el compost muestra contenidos relativamente altos de metales pesados, puede utilizarse en parques y jardines urbanos, pero si se presenta cierto exceso de sales se puede utilizar con las debidas precauciones en la recuperación de suelos degradados. Aunque, es variable el grado de salinidad que puede presentar un compost, siempre está dentro de unos niveles que no reviste riesgo aparente de salinización para el suelo; no obstante, el nivel en sodio no deberá sobrepasar el límite del 0,5 % sobre su contenido total de materia seca.

Si el compost contiene buenos nutrientes y materia orgánica, y no presenta las contraindicaciones anteriores, se puede utilizar como abono en los cultivos para la alimentación humana o animal. Y se tiene unas propiedades físicas adecuadas, puede utilizarse como sustituto parcial de las turbas y como abono en el cultivo de plantas ornamentales, aún cuando muestre un contenido de metales pesados relativamente elevado.

Condiciones del compostaje

Soto²⁰, explica que dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominante mente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de los organismos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, humedad y una nutrición balanceada. Como se enunció anteriormente hay otros factores que

²⁰ SOTO. Gabriela, El proyecto NOS de CATIE/GTZ, el centro de investigaciones agronómicas de la Unidad de Costa Rica de insumos agropecuarios no sintéticos. En: Taller de abonos orgánicos. Costa Rica, 3 y 4 de marzo de 2003, p.9.

pueden afectar el desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples, y superficie de contacto o tamaño de partícula. En la Tabla 2 se describen las condiciones ideales.

Tabla 2. Condiciones ideales para el compostaje.

CONDICIÓN	RANGO ACEPTABLE	CONDICIÓN ÓPTIMA
Relación C:N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Humedad	40 % – 65 %	50% - 60%
Oxígeno	+5%	Aproximadamente 8%
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Temperatura (°C)	55 °C - 75°C	65 °C - 70°C
Tamaño de partícula	0,5 – 1,0	Variable

FUENTE: RYNK, R. On - Farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering service. Cooperative extension. New York, USA, 1992; p.186.

4.3.3 Lombricultivo

Es una biotecnología que utiliza a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo que recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz. Se trata de una interesante actividad zootécnica que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. La lombricultura es un negocio de expansión y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos en las zonas rurales.²¹

La lombricultura es la técnica de criar lombrices en cautiverio, logrando obtener una rápida y masiva producción y crecimiento en espacios reducidos, utilizando para su alimentación materiales biodegradables de origen agrícola, pecuario, industrial y casero, produciendo como resultado la transformación de los desechos en biomasa y humus (abono orgánico) de alta calidad.²²

La lombricultura no sólo produce el lombricompost; también se tiene una producción importante de lombrices con el 60% de proteínas en peso seco aproximadamente. Esto también plantea un recurso valioso para la economía, la cual tiene que sustituir progresivamente la compra de concentrados para nutrición animal en razón de sus costos.²³

Las heces de la lombriz (humus) son ricas en nutrientes, ya que contienen cinco veces más nitratos que el suelo, 11 veces más potasio y, lo que es más importante, 7 veces más fósforo intercambiable y 3 veces más magnesio intercambiable, lo que favorece notablemente la asimilación de los nutrientes por las plantas.²⁴

Las lombrices requieren condiciones ambientales óptimas para su buen desarrollo, uno de estos factores es la humedad, dado que la lombriz requiere de un buen nivel para la alimentación y la respiración, las humedades superiores al 80% les generaría la muerte. En la misma medida se encuentra la temperatura, la cuál presenta un rango muy limitado entre 20 y 33 grados centígrados. En la *Tabla 3. Condiciones para el establecimiento de la lombriz* se consolidan las condiciones ambientales óptimas para un buen proceso de compostaje.

²¹TECNOCENCIA. Especial residuos. Disposición y manejo. Diciembre de 2002. Sitio en internet . <http://www.tecnocencia.es/especiales/residuos/>. Consulta: 5 de enero de 2008 .

²² UNICEF – Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios et al. Instalación, manejo y comercialización de la lombricultura y el compostaje. [CD-ROM] Colombia: 2006. 1 CD-ROM.

²³ UNICEF – Colombia, Op. Cit., 1 CD-ROM.

²⁴ RODRIGUEZ, Teresa. Biología de las lombrices de tierra. En: Técnicas de manejo para la producción de humus. España, 2003, p. 2

Tabla 3. Condiciones para el establecimiento de la lombriz

PARAMETRO	RANGO	OPTIMO
Temperatura	20 - 23	25 - 28
pH	5.5 – 9.0	6.8 - 7.2
Humedad	65 - 80	70 - 75

Fuente: SOTO. Gabriela, El proyecto NOS de CATIE/GTZ, el centro de investigaciones agronómicas de la Unidad de Costa Rica de insumos agropecuarios no sintéticos. En: Taller de abonos orgánicos. Costa Rica, 3 y 4 de marzo de 2003, p.21.

4.3.4 Biocombustibles

“Biocombustible es cualquier tipo de combustible líquido, sólido o gaseoso, proveniente de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal). Este término incluye:

- Bioetanol (o alcohol carburante)
- Metanol
- Biodiesel
- Diesel fabricado mediante el proceso químico de Fischer-Tropsch
- Combustibles gaseosos, como metano o hidrógeno.

Bioetanol, o alcohol carburante: se define como compuesto orgánico líquido, de naturaleza diferente a los hidrocarburos derivados de petróleo, gas natural o carbón, que tiene en su molécula un grupo hidroxilo (OH) enlazado a un átomo de carbono. La norma colombiana NTC 5308 define alcohol carburante, como etanol anhidro obtenido a partir de la biomasa, con un contenido de agua inferior a 0.7% en volumen. La obtención de alcohol carburante (bioetanol) resulta de tres (3) procesos diferentes:

- **Fermentación** de los compuestos orgánicos, acompañada de un proceso de destilación y secado. Este proceso es el que se utiliza con materias primas como la caña de azúcar o remolacha azucarera.
- **Segregación molecular**, proceso en el que se fragmenta la biomasa separando las proteínas del almidón, la fibra etc. El almidón, convertido en azúcar fermentable puede producir alcohol. Mediante este proceso se obtiene bioetanol a partir de distintas materias primas, como yuca, maíz, papa.
- **Hidrólisis de la celulosa**, este proceso permitiría utilizar cualquier materia que contenga celulosa, por ejemplo desechos o residuos agrícolas. El proceso está en investigación en muchas partes del mundo y se calcula que será económicamente viable muy pronto.

Metanización: “En los rellenos sanitarios, al existir materia orgánica, se produce gas metanizado en el proceso de fermentación anaeróbica, debido a la descomposición de la materia orgánica, actividad que tiene lugar durante toda la vida del relleno y una vez tapadas las capas que diariamente se extienden para su compactación y almacenamiento. Este gas, fundamentalmente metano (50% al 60%) y CO₂ (35% al 45%), debe ser extraído para su eliminación, quemado en antorcha o utilizado como combustible en motores de combustión interna. Esta alternativa empieza a ser rentable a partir de una cantidad de R.S.U. dispuesta no inferior a 100.000 t/año que con una producción 1 kg./hab./día, supone 275.000 habitantes con un porcentaje de materia orgánica en el residuo del 40% al 45%. Caso de no recuperar el gas del relleno, la contribución de este al efecto invernadero es francamente importante.”²⁵

²⁵ OSTOLAZA, Op. Cit., p.156.

Biodiesel: es un combustible para motores diesel, que puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales), aceites o grasa de fritura usados y metanol o etanol, que también pueden obtenerse a partir de productos agrícolas.

La producción de aceites vegetales puede realizarse a partir de más de 300 especies diferentes, sin embargo las condiciones edafoclimáticas, rendimiento, contenido en aceite y la necesidad de mecanizar la producción, limitan actualmente el potencial de obtención de aceites vegetales a unas pocas especies, dentro de las cuales la palma, la colza, el girasol y la soya son las más utilizadas. De acuerdo con las estimaciones mundiales, la palma es el cultivo con mejor posibilidad de convertir su aceite en biodiesel.

El proceso de producción se basa en la **transesterificación**, en la cual al agregar al aceite un alcohol (metanol o etanol) y un catalizador (por ejemplo hidróxido de potasio KOH), se obtiene biodiesel y como productos adicionales glicerina, agua y residuo que puede utilizarse como fertilizante. Aunque el proceso químico es relativamente sencillo, para producir un biodiesel de calidad deben optimizarse las variables del proceso, tales como el exceso y catálisis de metanol, la desactivación del catalizador, la agitación, la temperatura y, en general, todas las condiciones del proceso.

Para la producción de biocombustibles se pueden utilizar distintas materias primas, cuyo rendimiento se expone a continuación en la Tabla 4. Rendimiento de materias primas

Tabla 4. Rendimiento de materias primas

BIODIESEL		BIOETANOL	
Cultivo	Rendimiento (l/ha/año)	Cultivo	Rendimiento (l/ha/año)
Palma	5.550	Caña	9.000
Cocotero	4.200	Remolacha	5.000
Higuerilla	2.600	Yuca	4.500
Aguacate	2.460	Sorgo dulce	4.400
Jatropha	1.559	Maíz	3.200
Colza	1.100		
Soya	840		

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA, políticas y programas misionales, Biocombustibles, 2008 < <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx> > [Consulta 21 de Julio de 2008].

Beneficios Ambientales de los biocombustibles

Los biocombustibles son biodegradables, el 85% se degrada en aproximadamente 28 días.

El etanol es un componente libre de compuestos aromáticos, de benceno y azufre, por lo tanto la mezcla produce menos humo (partículas) y genera menores emisiones. Al utilizar una mezcla del 10% de etanol se produce una reducción de emisiones de CO entre 22 y 50% en vehículos de carburador, así como una disminución de hidrocarburos totales ente 20 y 24%.

El biodiesel es biodegradable, no tóxico y libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar el origen de aceite utilizado en su producción reduce la emisión del hollín en 40-60% y de monóxido de carbono entre 10 y 50%."

4.3.5 Bocashi

Receta japonesa mediante la cual aprovechan los residuos orgánicos de una forma similar al compostaje, el producto final se denomina también abono orgánico, la técnica es a través de volteos frecuentes y temperaturas por debajo de los 45-50 °C, hasta que la actividad microbiana disminuye al disminuir la humedad del material. Se considera un proceso de **compostaje incompleto**. Algunos autores lo han considerado un abono orgánico "fermentado"²⁶, sin embargo es un proceso enteramente aeróbico.

SOTO²⁷, dice que el bocashi fue introducido en Costa Rica por técnicos japoneses y la mayoría de los productores practican la receta original: Según SASAKI²⁸ es un (1) saco de gallinaza, un (1) saco de granza, dos (2) sacos de tierra, un (1) saco de semolina de arroz o salvao, un (1) saco de carbón molido y 1 litro de melaza, "sin embargo dadas las limitaciones para adquirir algunos de éstos materiales, los agricultores han ido sustituyendo con ingredientes locales"²⁹. Por lo tanto se llama "bocashi" al sistema de producción y no a la receta original. En la Tabla 5. Comparación entre el proceso del compostaje y el bocashi. se muestra el comparativo entre compost y "bocashi"

Tabla 5. Comparación entre el proceso del compostaje y el bocashi.

CARÁCTERÍSTICAS	COMPOST	BOCASHI
Producto final	Sustancias húmicas	Materia orgánica en descomposición
Temperaturas máximas	65 – 70 °C	45 – 50 °C
Humedad	60 % durante todo el proceso	Inicial 60% desciende rápidamente
Frecuencia de volteo	Regida por temperatura y CO ₂	Una o dos veces al día
Duración del proceso	De 1 a 2 meses	De 1 a 2 semanas

Fuente: SOTO. Gabriela, El proyecto NOS de CATIE/GTZ, el centro de investigaciones agronómicas de la Unidad de Costa Rica de insumos agropecuarios no sintéticos. En: Taller de abonos orgánicos. Costa Rica, 3 y 4 de marzo de 2003, p.4.

4.3.6 Biofertilizantes

SOTO³⁰, dice que son fertilizantes que aumentan el contenido de nutrientes en el suelo o que aumentan la disponibilidad de los mismos. Entre éstos es más conocido es el de bacterias fijadoras de nitrógeno como Rhizobium, pero también se pueden incluir otros productos como micorrizas, fijadoras de nitrógeno no simbióticas, etc.

4.3.7 Biofermentos

SOTO³¹, los define como fertilizantes en su mayoría foliares, que se preparan a partir de la fermentación de materiales orgánicos. Son de uso común los biofermentos a base de excretas de ganado vacuno, o biofermentos de frutas.

²⁶ RESTREPO, J. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de agricultores en Centro América y Brasil. OIT-CEDECO. Brasil, 1996: p.49.

²⁷ SOTO, Gabriela. Op. Cit., p 4-5-

²⁸ SASAKI, S. Informe de proyecto. En: La extensión del método orgánico para la agricultura en Alfaro Ruiz de Alajuela, Servido de voluntarios japoneses para la cooperación con los extranjeros, Costa Rica, 1991: p.28.

²⁹ RODRÍGUEZ, G. y Paniagua, J.J. Horticultura Orgánica. En: Una guía basada en la experiencia en laguna de Alfaro Ruiz, Fundación Guilombé. Costa Rica, 1994; p. 76.

³⁰ SOTO, Gabriela. Op. Cit., p 4

³¹ Ibid., p.4.

4.4 EXPERIENCIAS SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

4.4.1 A nivel mundial

Madrid (España)

En 1997, se crea la ley 11 que obliga a recuperar y a realizar la separación en la fuente. De esta manera la población retoma los modelos europeos en materia de reciclaje e inicia entrega selectiva.

“Una vez se ha recolectado la basura, previamente clasificada por los residentes se lleva a una de las dos plantas de tratamiento; una de estas aprovecha la combustión de los residuos orgánicos para producir energía. Los residuos que no se reciclan se disponen al relleno sanitario. La mayoría de los residuos que entran al relleno pasan a una planta de trituración donde se reduce el tamaño y se recupera el material ferro magnético”.³²

Madrid cuenta con tres métodos para el tratamiento de residuos:

- Un relleno sanitario, el cual cuenta con la vigilancia y control ambiental
- Una planta de recuperación del material, la cual produce abono orgánico.
- Una planta que se encarga de recuperar, reciclar y producir energía.

Cabe anotar que en Madrid realizan aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos compostando y produciendo energía.

De otro lado países europeos como Alemania, Holanda, Suecia y Bélgica, han reducido la generación de basuras en alto porcentaje, con métodos de reciclado y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de forma similar a Madrid.

Bolivia

Se plantean estudios de alternativas viables para solucionar el problema que ocasionan los residuos sólidos, tales como: Reducción de volumen por trituración, incineración y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos, tomando como modelos algunos métodos desarrollados en otros países sobre el aprovechamiento de materiales orgánicos para compost y lombricultivo, han iniciado en la última década con éste tipo de tratamientos.

Al igual que todas las comunidades a nivel mundial, Bolivia plantea involucrar a los ciudadanos en este proceso, hacer una buena clasificación y separación de residuos desde su origen domiciliario, ubicarlos en recipientes específicos para estos y desarrollar programas educativos con el fin de que la población participe en el proceso, divulgación de normas ambientales, que propenden a proteger el ambiente y a desarrollar una mejor calidad de vida.

También Bolivia tiene sus propias experiencias en compostaje, las cuales se realizan a partir de la educación a la población respecto a la necesidad de realizar la separación de los residuos en sus hogares, acompañado esto de la producción del compost que es repartido entre las familias que hacen parte del programa y la otra parte es comercializada.

³² DEPARTAMENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS. Ayuntamiento de Madrid [En línea] Madrid, 2008. <www.munimadrid.es> [Consulta Agosto 1 de 2008].

América Latina y del Caribe (ALC)

Flores³³ dice que en la región de ALC existen 16 ciudades que albergan a más de 2 millones de habitantes y que hacen que la producción conjunta de residuos sólidos sea de 93 mil toneladas por día. La ciudad que presenta la mayor población es Sao Paulo, cuya producción diaria de residuos sólidos es de 22.140 toneladas, seguida de las ciudades de México, Buenos Aires, Rio de Janeiro, Lima, Bogotá, Santiago, Belo Horizonte, Caracas, Salvador, A.M Monterey, Santo Domingo, Guayaquil, A.M Guatemala, Curitiba y La Habana.

En la mayoría de los países de ALC la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos, supera el 50% del total generado, de los cuales aproximadamente el 2% recibe tratamiento adecuado para su aprovechamiento, el resto es confinado en rellenos sanitarios; otro porcentaje es dispuesto inadecuadamente en botaderos o es destinado a la alimentación de cerdos, sin un debido control y procesamiento sanitario.

Viendo la necesidad de aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en las ciudades de América Latina para revertir la situación actual del deterioro ambiental y de la falta de oportunidades de empleo algunas ciudades han tomado como alternativa compostar los residuos orgánicos urbanos generados, dentro de éste grupo tenemos los siguientes casos.

Ciudad de Rosario (Argentina): En el marco de la política de reducción de los volúmenes de residuos que llegan al relleno sanitario y del aprovechamiento de los residuos reutilizables, la Secretaría de servicios Públicos municipal a través de la Dirección General de Política Ambiental, puso en marcha un importante proyecto relacionado con la utilización de residuos verdes. Este proyecto es asistido por la Cooperación Técnica Argentino-Alemana a través de un convenio específico en la Gestión Integral de Residuos Sólidos firmado entre la municipalidad de Rosario y la Agencia Alemana GTZ. El proyecto en cuestión se denomina *Proyecto Residuos Rosario*.

Utilizando como materias primas las ramas producto de las podas, hojas y césped provenientes de la limpieza y mantenimiento de los jardines particulares, así como el desmalezado de terreno, y a través de un procedimiento totalmente natural, se genera un abono orgánico vegetal.

Dentro de los objetivos asociados e igualmente importantes se encuentran la producción de compost para el abastecimiento del mismo a la Dirección general de Parques y Paseos que hasta el momento debía comprarlo y la posibilidad de realizar visitas escolares y de otras instituciones vinculadas al medio ambiente que permitan tomar conciencia sobre la necesidad de reciclar y reutilizar los residuos orgánicos domiciliarios.

Para obtener el mejorador de suelos se construyó una planta piloto de elaboración de compost que se encuentra ubicada en el predio del relleno sanitario Gallegos.

Esta ubicación ha permitido continuar centralizando la disposición de los residuos en un solo lugar, además de aprovechar la infraestructura existente.

Compostec S.A (Ecuador): A continuación se describen las principales características del proyecto desarrollado por la empresa Compostec S.A³⁴ en Ecuador:

Tipo de proyecto: Artesanal

Región: Sierra Norte

³³ FLORES, Dante. Guía Práctica para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, Op. Cit. P 7.

³⁴ CAMPOS, Margarita. Fundación Natura En: Evaluación de los proyectos de compostaje en el Ecuador. Repamar, Cepis, G.T.Z., Quito, Marzo de 1998, p. 45-46.

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

Altura: 2900 msnm.

Temperatura: 15 °C

Recursos: propios

Monto inicial: s/.20.000.000

Área destinada al proyecto: 4.500 m²

Materiales empleados: el proyecto utiliza 32 toneladas de estiércol de ganado y 96 toneladas de desechos orgánicos de mercados, mensuales.

Generalidades: la empresa Compostec S.A se inició el 15 de septiembre de 1997. Antes de comenzar con el proyecto, se realizó un acuerdo con el Municipio para utilizar los terrenos del camal metropolitano y obtener los desechos orgánicos que éste pueda proporcionarle.

El proyecto de compostaje llegó a un acuerdo sobre éstos términos e inició su trabajo, dentro de los objetivos principales se tuvieron: Producir compost en base a los residuos municipales, dar una alternativa de control a la contaminación por materia orgánica, contribuir al mejoramiento del sistema de manejo de residuos orgánicos y generar empleo.

Descripción del proceso: para conseguir los desechos animales, los trabajadores recogen aquellos que han sido generados en el Camal diariamente. Los desechos provenientes de los mercados, son recolectados y transportados por el municipio desde el mercado de san Roque hacia la planta de compostaje. Allí se realiza una clasificación manual de los desechos para extraer la mayor cantidad posible de desechos inorgánicos.

El proyecto no cuenta con ninguna infraestructura, los materiales se aplican en capas a cielo abierto: residuos vegetales, estiércol, cal y se rocía con agua. A los materiales se añaden microorganismos aceleradores de la descomposición con cada viaje, de una manera técnicamente controlada que permita que el compost pueda obtenerse en tres (3) meses. El volteo se le realiza completamente y se va desplazando era hacia la derecha o izquierda cada 15 días y se realiza un control del proceso cada dos (2) días. No existe control de lixiviados.

Mano de obra empleada: la empresa está conformada por cinco (5) personas: un gerente, un subgerente y 3 jornaleros.

Características del compost obtenido: cuando se realizó el estudio, no se había cosechado aún la primera producción. El trabajo contempló el análisis periódico de los materiales obtenidos.

Utilización del compost: venta.

Percepciones de los ejecutores: piensan que el proyecto ha logrado parcialmente los objetivos debido a que esta muy nuevo en la actualidad.

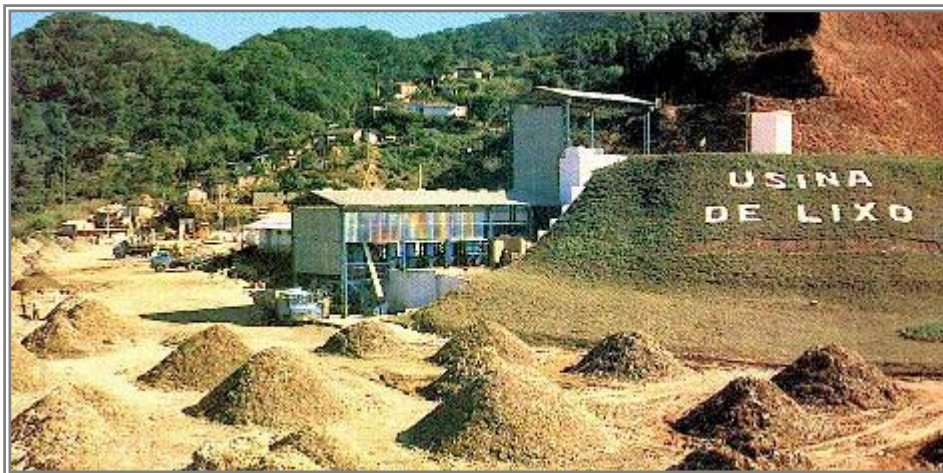
Problemática presentada: inexistencia de una separación de materiales desde la fuente, el no empleo de maquinaria retrasa el tiempo de ejecución del proyecto, alta inversión para pocos socios, ubicación en una zona urbana (quejas de la comunidad), la comunidad siente que los desechos sólidos amenazan su calidad ambiental y pone resistencia a la implementación de los proyectos.

Brasil: en muchas localidades de Brasil realizan compostaje a partir de residuos sólidos orgánicos y parte de las siguientes condiciones:

Volumen recepcionado: 2,0 t/día de residuos de mercados.

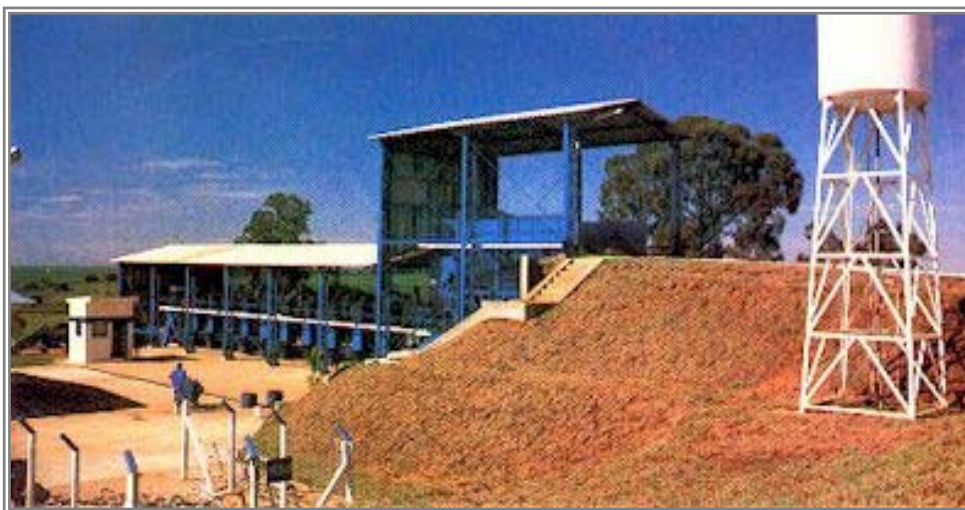
Porcentaje de materia orgánica: 90%
Volumen de materia orgánica procesada: 1,8 t/día.
Total de trabajadores (incluida la recolección): 3 obreros y 1 obrero -administrador.
Tiempo de recolección: 3 horas aproximadamente.
Jornada de trabajo: 6 horas.
Tiempo de duración del proceso: 90 días.
Área total: 2.000 m².
Método: húmedo-aerobio, cúmulo en hileras con 3 volteos.
Porcentaje de compostaje producido: 30% del total de residuo orgánico.
Volumen de compostaje producido: 540 kg./día.

Foto 1. Planta de compostaje en Brasil Petropolis, RJ.



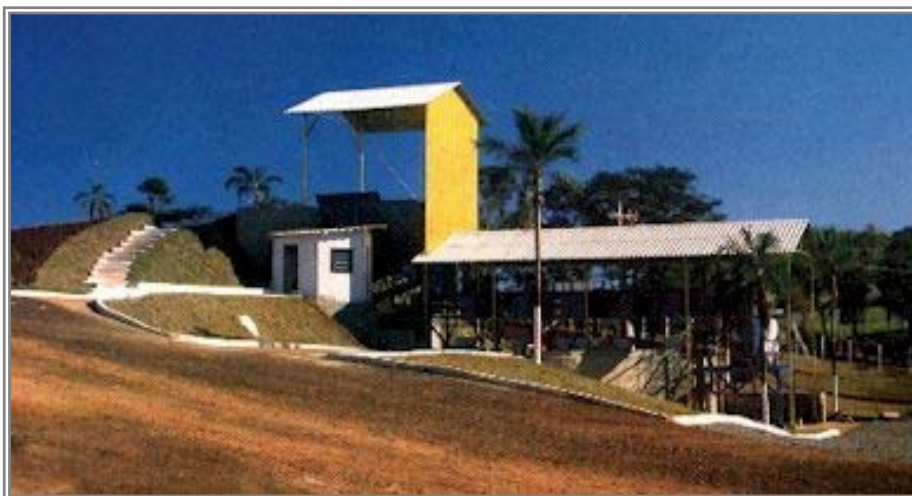
FUENTE: SANDOVAL, Leonardo. Programa Horizontal de tecnologías limpias y energías renovables de la Organización de Estados Americanos. En: Curso taller transferencia de tecnologías limpias para Pymes del sector de los residuos sólidos. Concytec. Panamá, Julio de 2006, p.20.

Foto 2. Planta de compostaje en Brasil ASSIS, SP



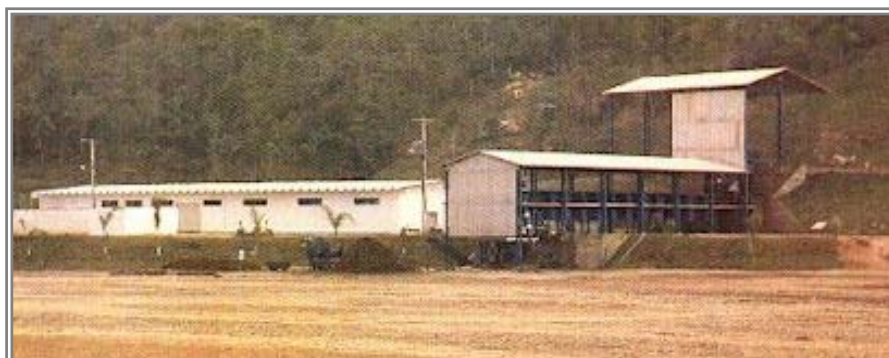
FUENTE: SANDOVAL, Leonardo. Programa Horizontal de tecnologías limpias y energías renovables de la Organización de Estados Americanos. En: Curso taller transferencia de tecnologías limpias para Pymes del sector de los residuos sólidos. Concytec. Panamá, Julio de 2006, p.20.

Foto 3. Planta de compostaje en Brasil CORNELIO PROCOPIO, PR



FUENTE: SANDOVAL, Leonardo. Programa Horizontal de tecnologías limpias y energías renovables de la Organización de Estados Americanos. En: Curso taller transferencia de tecnologías limpias para Pymes del sector de los residuos sólidos. Concytec. Panamá, Julio de 2006, p.21.

Foto 4. Planta de compostaje en Brasil FLORIANOPOLIS, SC



FUENTE: SANDOVAL, Leonardo. Programa Horizontal de tecnologías limpias y energías renovables de la Organización de Estados Americanos. En: Curso taller transferencia de tecnologías limpias para Pymes del sector de los residuos sólidos. Concytec. Panamá, Julio de 2006, p.21.

4.4.2 A nivel nacional

Manizales: Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos

CASTILLO³⁵, sustenta que en Manizales, en el segundo semestre de 1995, se llevó a cabo, en el Jardín Botánico de la Universidad de Caldas y con la colaboración de la Asociación de Recicladores, un ensayo demostrativo y explicatorio con el objetivo de obtener compost con base en residuos urbanos bajo las condiciones climáticas locales; en dicho experimento se aplicó la técnica de biodegradación natural bajo la forma de remoción de dunas. Para comparar el tiempo de maduración del compost con relación a la pluviosidad, se destinaron dos áreas para la preparación del abono, una bajo cubierta de invernadero y otra, a la intemperie. En cada área se

³⁵ CASTILLO, Ríos. Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos. En: Revista Luna Azul. Manizales, 2007; s.p.

compararon dos acelerantes con un testigo. Los acelerantes fueron: Agroplus y estiércol de bovino; también se utilizaron dos fuentes de residuos: la plaza de mercado y los restaurantes.

El experimento se inició en septiembre de 1995 y finalizó en enero de 1996. En estos cinco meses se obtuvo abono a la intemperie, mientras bajo cubierta de invernadero el tiempo de maduración en promedio fue de cincuenta días; el efecto de los acelerantes en el tiempo de maduración no fue significativo. Los resultados de laboratorio indican altos contenidos de materia orgánica, calcio, magnesio y potasio, además de poseer un pH neutro; estas características permiten recomendar el compost para la fertilización orgánica de los cultivos y para corregir el pH y las enmiendas de calcio y magnesio.

El diseño del ensayo fue el siguiente:

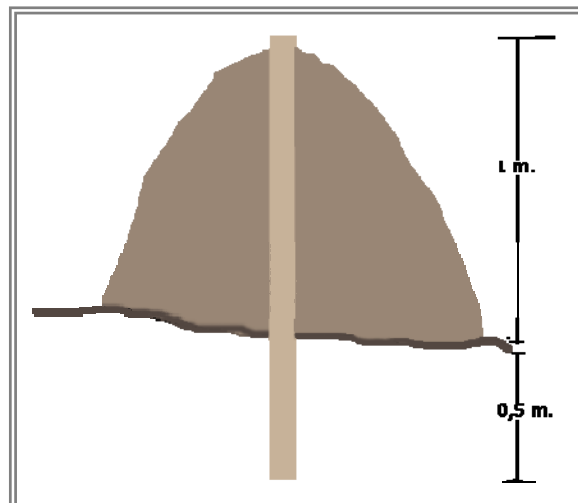
Tabla 6. Diseño de ensayo en Manizales

Área	Fuente	Testigo	Estiércol (3 Kg/pila)	Agroplus (2 litros/pila)
Cubierta. Área total: 50 metros cuadrados bajo cubierta	Galería	300Kg	300 Kg	300 Kg
	Restaurante	300Kg	300 Kg	300Kg
Intemperie. Área total: 50 metros cuadrados a la intemperie	Galería	300Kg	300 Kg	300 Kg
	Restaurante	300Kg	300 Kg	300Kg

FUENTE: CASTILLO, Ríos. Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos. En: Revista Luna Azul. Manizales, 2007; s.p.

Cada pila o duna ocupaba un volumen de un metro cúbico aproximadamente, como se muestra en la *Gráfica 8* El agroplus se aplicó en una relación de volumen con agua de 1: 1, cada semana, durante las dos primeras semanas; el estiércol de bovino fue aplicado en la primera semana.

Gráfica 8. Tamaño de la pila



FUENTE: CASTILLO, Ríos. Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos. En: Revista Luna Azul. Manizales, 2007; s.p.

Las pilas que estaban bajo cubierta fueron tratadas con riego, con un volumen de 10 litros/pila y con una frecuencia de dos veces/semana, a partir de la tercera semana; de esta forma se facilita el trabajo microbiano.

Todas las pilas del ensayo fueron sometidas a la técnica de biodegradación natural, con aireación o la pila volteada, en una frecuencia que dependía de la misma biodegradación.

Para determinar el tiempo final de compostaje, se toman en cuenta las características organolépticas de los abonos orgánicos, con referencia similar al abono obtenido de pulpa e café, en donde, generalmente, se considera: textura similar a suelos sueltos, color pardo homogéneo, residuos originales no diferenciados, sin olores nitrogenados.

Además, se llevaron registros de lluvia y temperatura con la caseta meteorológica de la Universidad de Caldas.

Finalmente, al finalizar el compostaje se tomó la relación de residuo/abono orgánico para registrar el factor de conversión, y luego realizar el análisis de suelos. El ensayo estuvo a cargo de la Asociación Regional de Recicladores del Eje Cafetero y la Fundación Social, con el apoyo y la asesoría del Jardín Botánico de la Universidad de Caldas.

El resultado del análisis arroja que el tiempo de compostaje bajo cubierta fue de cincuenta días, mientras en la intemperie se demoró cinco meses. El control de la pluviosidad con el invernadero permite regular la humedad y temperatura de las pilas, adicionando las cantidades que facilitan el trabajo aeróbico con la temperatura mesófila requerida para la maduración. Para ambos tratamientos, se realizó el volteo de los montículos, estableciéndose la siguiente frecuencia por semana:

Tabla 7. Frecuencia de volteos.

Semanas tratamiento	Frecuencia (Número de veces por semana)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bajo cubierta	6	3	3	2	2	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intemperie	6	6	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	0	1	0	1	0	0

FUENTE: CASTILLO, Rios. Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos. En: Revista Luna Azul. Manizales, 2007; s.p.

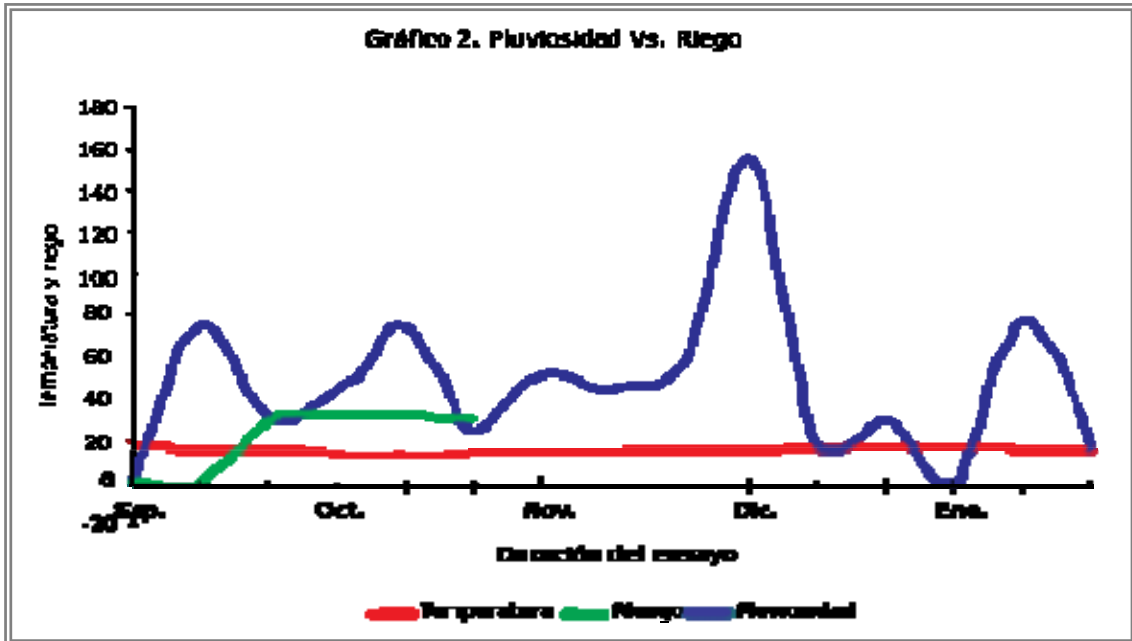
Se analizó también que el compostaje a la intemperie está sometido al factor climático 'lluvia' lo que permite una biodegradación incontrolada y la lixiviación de los nutrientes. En la *Gráfica 9* se aprecian los registros de temperatura y pluviosidad en los cinco meses comprendidos entre septiembre de 1995 y enero de 1996; destacándose la importancia del invernadero para obtener abono en menor tiempo.

No hubo diferencias entre los acelerantes y los testigos. El tiempo de compostaje bajo cubierta fue igual, a la séptima semana, los montículos presentaban características de abono orgánico, según las referencias descritas en la metodología.

Finalizado el compostaje se tamizó el abono, obteniéndose abono orgánico y ripio, el cual puede ser utilizado como cepa para posteriores tratamientos. El factor de conversión de residuos orgánicos en abono fue del 70%; generalmente se obtiene entre el 50 y el 60%, dependiendo de los residuos utilizados. En este ensayo, la mayor composición de residuos estaba compuesta por cítricos, mangos y hortalizas como repollo, tomates, hojas de remolacha, hojas de yuca y vástago de plátano; mientras los residuos de restaurante estaban conformados por cáscaras de plátano y papa. También se presentó incorporación del suelo el cual se adhiere a los residuos cuando se practica el volteo o aireación; por esta razón se aumentó el porcentaje de conversión.

Los análisis de laboratorios de suelos, para la muestra del abono del invernadero dieron los siguientes resultados: pH 7,6; materia orgánica 7,64%, calcio 8,0 meq/gr, magnesio 1,9 meq/100 gr. y potasio en 7,5 meq/100 gr., una textura franco arenosa. Se presentan altos contenidos de Ca, Mg y K con una relación alta de Ca/Mg y una relación invertida de K/Mg; los contenidos de hierro, manganeso y cobre son normales, pero el zinc se presenta alto con 65,0 ppm. y el fósforo con 41 ppm. Siendo un nivel normal.

Gráfica 9. Pluviosidad Vs. Riego



FUENTE: CASTILLO, Ríos. Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos. En: Revista Luna Azul. Manizales, 2007; s.p.

Con el análisis se concluye y se recomienda que: Como primera instancia, en Manizales, el compostaje puede tener una duración de dos meses bajo cubierta, y cinco meses a la intemperie. En experiencias similares de compostaje urbano se ha demostrado que los tres factores de mayor incidencia en la biodegradación son: la temperatura, la oxigenación y la humedad en los residuos. 'La aireación', permite regular los dos primeros factores, y 'la humedad' depende del riego a que se someten las precipitaciones locales; por lo tanto, se recomienda construir una caseta de biodegradación, así se determinará un tiempo uniforme para elaborar el compost y evitar lixiviaciones de los nutrientes.

En segunda instancia, las características del compost, según el análisis de suelo, el pH alcalino, permite recomendar el producto como correctivo de pH y/o enmienda de calcio y magnesio; además de otras aplicaciones que se recomiendan en la fertilización orgánica. En nuestro medio, es necesario emprender la investigación sobre el aprovechamiento de residuos para contribuir a un mejoramiento ambiental. El compostaje con residuos urbanos, adquiere importancia, por los altos volúmenes generados en los municipios que aceleran su tasa de crecimiento poblacional; entre el 60 y el 70% del volumen total corresponden a residuos orgánicos, de los cuales se afirma que el 20% se puede recuperar para diversos usos, entre ellos el compost.

Se concluye finalmente que la práctica del compostaje puede generalizarse como un saber cultural, y dentro de este saber, se necesita profundizar en las relaciones hombre-sociedad-naturaleza; de allí se deduce y se requiere que las comunidades científicas y culturales se comprometan en la trascendencia del bienestar socio ambiental.

Municipio de Heliconia (Antioquia): El Guacal

EVAS –ENVIAMBIENTALES- S.A. E.S.P³⁶. creada en agosto del 2004, es la compañía encargada de la transformación, recuperación y disposición final de residuos sólidos del municipio de Envigado y de algunas otras localidades del sur del Valle de Aburrá. Es propietaria y operadora de la planta para el manejo de los materiales residuales, Centro Industrial del Sur (CIS) el Guacal, la cual se encarga de la recepción y separación de los residuos orgánicos e inorgánicos con el fin de ubicar el material apto para ser reincorporado en las cadenas productivas y disminuir el costo ambiental basado principalmente en la reducción de Gases de Efecto invernadero (GEI).

Esta planta 13.222³⁷ Ton/mes de residuos sólidos, de los cuales se aprovechan 584 Ton/mes de de residuos sólidos orgánicos urbanos por medio del proceso de compostaje aerobio, con tiempos de maduración entre 90 y 120 días y un promedio de 79 días. La altura de pila es de 1, 50 m aproximadamente. De acuerdo a la información del operador, se tiene que de todo el material orgánico procesado se obtiene sólo el 33% de producto en promedio, un dato vital para realizar proyecciones de comercialización. Este valor es cercano al 40%, dato reportado por la literatura técnica sobre el tema.

En cuanto a la normatividad, cumple con un 90% de las normas relacionadas con el aprovechamiento, consignadas en el decreto 1713 de 2002 y el Título F del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS. En conclusión, es una de las plantas donde se realiza aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos, más bien manejada a nivel nacional.

Otras experiencias

CORREAL³⁸, dice en su informe que ante la carencia de información a nivel nacional relacionada con la manera como se está desarrollando el aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos en el país, la Superservicios se dio a la tarea de elaborar un diagnóstico sobre el estado de operación de 34 sitios y/o plantas de aprovechamiento de residuos sólidos en el país que corresponde al 100% de este tipo de sistemas de los cuales tenía conocimiento esta entidad, según el último informe sobre sitios de disposición final realizado en 2006, en cuanto a aspectos administrativos, técnicos, operativos, financieros, económicos y ambientales.

Para cumplir con este propósito se realizaron visitas a todos los sitios durante el segundo semestre de 2007, se recopiló información de las Corporaciones Autónomas Regionales que han aportado recursos económicos e intelectuales para el montaje de estos sitios y que hacen seguimiento a los mismos con la visión que les da su competencia en el tema y se hicieron requerimientos de información a las personas encargadas de la operación de los mismos.

En la siguiente tabla se discriminan los municipios visitados, el operador y/o prestador del servicio de tratamiento de residuos y la autoridad ambiental competente en la jurisdicción. También se presentan las toneladas mensuales de residuos recibidas en cada sitio. De estos prestadores (33 visitados) el 85% están registrados ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el 15% no registrado corresponde a los municipios de Providencia, Gutiérrez, Suratá, Argelia y Villapinzón³⁹:

³⁶ BOTERO, Ángela. EVAS –ENVIAMBIENTALES- S.A. E.S.P Calificación inicial. BRC Investor Services S.A, Bogotá, Mayo 25 de 2007, s.p.

³⁷ CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.1, 3.

³⁸ Ibid., p 11 -15.

³⁹ Ibid., p2.

Tabla 8. Planta de tratamiento visitadas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Departamento	Residuos Recibidos (Ton/mes)	Municipio	Operador	Autoridad Ambiental
Antioquia	270,0	El Santuario	Empresas Públicas de El Santuario EEPP E.S.P	CORNARE
	294,0	Carmen de Viboral	La Cimarrona E.S.P.	CORNARE
	13222,0	Heliconia	Evas – Enviambientales S.A. E.S.P.	CORANTIOQUIA
Boyacá	60,0	Santa María	Oficina de Servicios Públicos de Santa María	COORCHIVOR
	350,9	Garagoa	Empresas Públicas de Garagoa - EPGA S.A. E.S.P.	CORPOPCHIVOR
Cundinamarca	112,0	Villapinzón	Oficina de Obras Públicas de Villapinzón	CAR
	38,0	El Colegio	Empucol E.S.P.	CAR
	700,0	Ubaté	Oficina de Servicios Públicos de Ubaté	CAR
	135,0	Chocontá	Oficina de Servicios Públicos de Chocontá	CAR
	40,0	Nocaima	Unidad Administradora de Servicios Públicos de Nocaima	CAR
	22,0	Fosca	Oficina de Servicios Públicos de Fosca	CORPORINOQUIA
	9,6	Quetame	Oficina de Servicios Públicos de Quetame	CORPORINOQUIA
	3,0	Gutiérrez	Oficina de Servicios Públicos de Gutiérrez	CORPORINOQUIA
	100,0	Fómeque	Oficina de Servicios Públicos de Fómeque	CORPOGUAVIO
Huila	624,5	La Plata	Biorgánicos del Páez S.A. E.S.P.	CAM
	1048,0	Garzón	Biorgánicos del Centro S.A. E.S.P.	CAM
	1500,0	Pitalito	Biorgánicos del Sur S.A. E.S.P.	CAM
	80,0	Santa María	Unidad de Servicios Públicos de Santa María	CAM
Meta	52,0	Castilla La Nueva	Oficina de Servicios Públicos de Castilla La Nueva	CORMACARENA
	1155,0	Acacías	Empresa de Servicios Públicos de Acacías - ESPA E.S.P.	CORMACARENA
Nariño	148,0	Pupiales	Emserp E.S.P.	CORPONARIÑO
	2,9	Providencia	Oficina de Servicios Públicos de Providencia	CORPONARIÑO
	9,8	Yacuanquer	Secretaría de Planeación de Yacuanquer	CORPONARIÑO
Santander	104,0	El Playón	Secretaría de Servicios Públicos de El Playón	CDMB
	24,0	Suratá	Unidad de Servicios Públicos de Suratá	CDMB
	30,0	Los Santos	Unidad de Servicios Públicos de Los Santos	CAS

Departamento	Residuos Recibidos (Ton/mes)	Municipio	Operador	Autoridad Ambiental
Tolima	320,0	Cajamarca	Agua Viva E.S.P.	CORTOLIMA
	8810,0	Ibagué	Interaseo S.A. E.S.P.	CORTOLIMA
	40,0	Valle de San Juan	Espuvalle E.S.P.	CORTOLIMA
Valle del Cauca	383,0	Caicedonia	Empresas Públicas de Caicedonia E.P.C. E.S.P.	CVC
	36,7	Argelia	Secretaría de Planeación de Argelia	CVC
	250,0	La Victoria	Secretaría de Planeación de La Victoria	CVC
	52,0	Versalles	Cooperativa de Servicios Públicos de Versalles	CVC

De los lugares visitados se realiza aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos en los siguientes municipios:

Tabla 9. Municipios de Colombia que aprovechan Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos con sus respectivas cantidades.

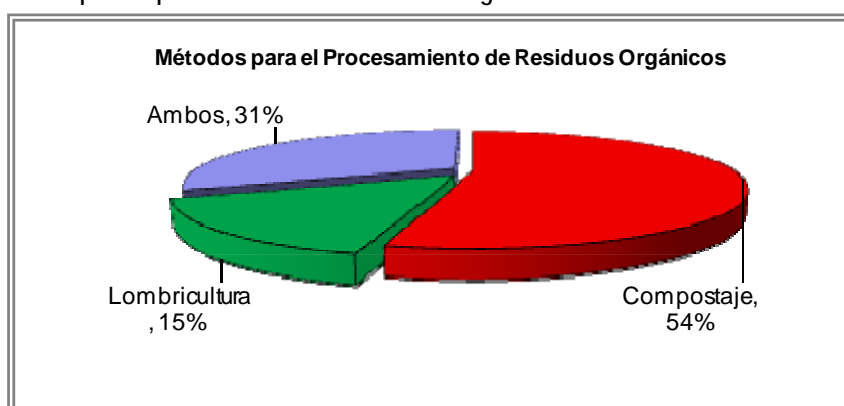
Municipio	Residuos Recibidos en planta (Ton/mes)	Orgánicos Aprovechados (Ton/mes)
Providencia	2,90	2,3
Quetame	9,60	4,8
Yacuanquer	9,80	9,2
Fosca	22,00	12,0
Suratá	24,00	12,0
El Colegio	38,00	22,8
Nocaima	40,00	25,0
Valle de San Juan	40,00	24,0
Versalles	52,00	31,2
Castilla La Nueva	52,00	32,2
Santa María	60,00	33,0
Santa María	80,00	38,4
Fómeque	100,00	50,0
El Playón	104,00	56,2
Choconta	135,00	94,5
Pupiales	148,00	84,1
La Victoria	250,00	150,0
El Santuario	270	20,0
Carmen de Viboral	294	102,9
Cajamarca	320,00	232,0
Garagoa	350,89	245,6
Caicedonia	383,00	222,0
La Plata	624,50	429,0
Ubaté	700,00	595,0
Garzón	970,00	776,0

Municipio	Residuos Recibidos en planta (Ton/mes)	Orgánicos Aprovechados (Ton/mes)
Acacias	1155	866,3
Pitalito	1664,00	49,9
Ibagué	8810,00	1182,3
Heliconia	13222,00	584,4

FUENTE: Información remitida por los prestadores del servicio para el informe del Diagnóstico Sectorial Plantas de Aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.8.

El procesamiento de residuos orgánicos en el país se está llevando a cabo por tres (3) métodos diferentes como se observa en la *Gráfica 10*. Métodos para el procesamiento de Residuos Orgánicos en Colombia. presentada a continuación:

Gráfica 10. Métodos para el procesamiento de Residuos Orgánicos en Colombia.



FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.11.

Los porcentajes presentados fueron obtenidos para un total de 28 plantas que realizan alguna actividad de aprovechamiento de residuos orgánicos como se explica a continuación:

Compostaje aerobio: con tiempos de madurado entre 30 y 180 días y un promedio de 79 días. En cuanto a la altura de pila se manejan entre 1m y 4.5m de altura. Este último valor en el caso en el que el compostaje se realiza dentro de grandes cuartos que se llenan con el material orgánico. La mayoría de las plantas inoculan sus pilas con microorganismos que ayudan a acelerar los procesos y a disminuir olores. Entre los más utilizados se encuentran las bacterias comercialmente conocidas como EM (Microefectivas).

Lombricultura: con tiempos de proceso entre 40 y 180 días y un tiempo promedio de 89 días. En cuanto a la altura de las camas el proceso se lleva en capas de 12 cm hasta alcanzar alturas promedio de 50cm.

Combinación de compostaje y lombricultura: no ha resultado muy eficiente por el trabajo dispendioso y el largo tiempo de proceso (promedio de 180 días). Por este método los orgánicos son sometidos a compostaje anaerobio en grandes cuartos donde la capacidad de volteo de los operarios es muy baja. La materia orgánica no se alcanza a transformar sino que se pudre y lo poco que alcanzan a voltear los operarios genera gases peligrosos en altas concentraciones (metano) que afectan su salud, adicional a la generación de cantidades considerables de lixiviados.

En las plantas que trabajan de una manera técnicamente adecuada, se identifica que los procesos más demorados corresponden a sitios donde la temperatura ambiente es baja (entre 14 y 18 grados centígrados), alrededor de 100 días, mientras los procesos más rápidos ocurren en los sitios con temperaturas más altas (por encima de los 19 grados centígrados), alrededor de los 50 días. Esto es de esperarse teniendo en cuenta que el proceso biológico necesita de una etapa termófila inicial para lograr la inocuidad de la materia orgánica y la temperatura exterior ayuda a alcanzar más rápidamente esta etapa al interior de las pilas de compostaje o de las camas de lombricultura.

CORREAL⁴⁰, anuncia en su informe que la calidad del producto obtenido no es supervisado debidamente a través de análisis físicos, químicos y microbiológicos que garanticen su inocuidad. Sólo el 31% de las 26 plantas donde aplica la realización de caracterización (**El Santuario, El Carmen de Viboral, Heliconia, Fosca, Fόμεque, Pupiales, Cajamarca e Ibagué**), realizan esta supervisión y con frecuencias que no sobrepasan una vez cada año. Sin embargo, el compost y el humus están siendo utilizados por cultivadores de diferentes plantas y alimentos, sin conocer el riesgo sanitario que este material pueda representar. Sólo aplica para 26 plantas ya que para la de **Garzón** el compost se está acumulando y no se vende por lo que no requieren hacer caracterización, las plantas de **Gutiérrez y Quetame** se encuentran en abandono y están operando como botaderos y la planta de **Pitalito** no suministró esta información.

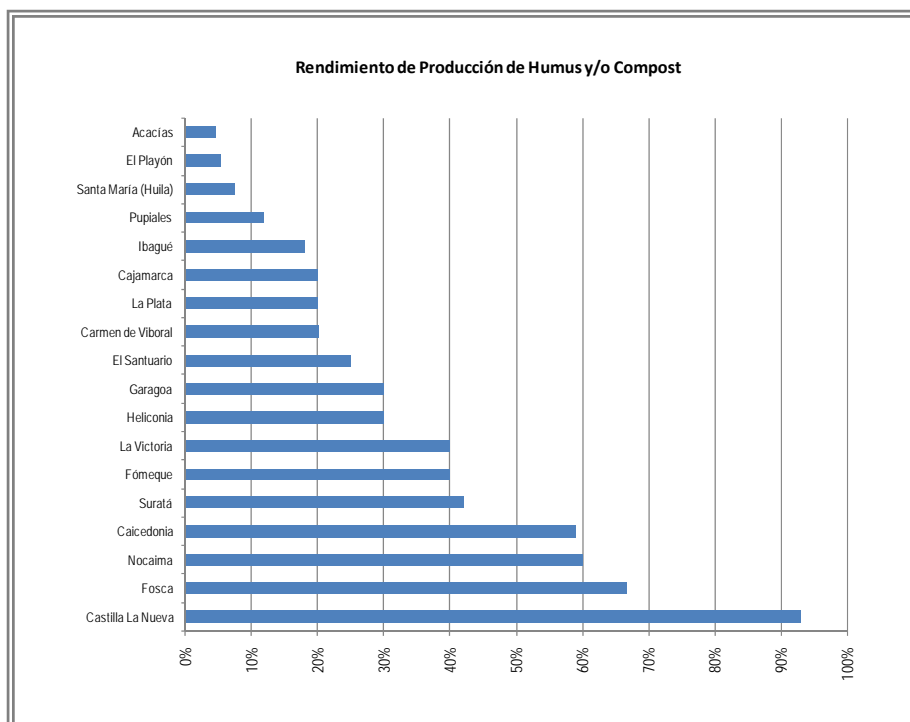
La eficiencia del proceso, es decir la relación entre las toneladas de residuos orgánicos recibidas y las toneladas de compost o humus producido en cada una de las plantas que realiza esta actividad, denominada el rendimiento de producción, oscila entre el 93% en la planta del municipio de **Castilla La Nueva** (un alto porcentaje debido a una acumulación y rezago de material en proceso) y el 4.62% en la planta del municipio de **Acacías** (un bajo porcentaje debido a que se realiza proceso combinado de compostaje y lombricultura en 110 días y adicionalmente se cuenta con un área suficiente que permite dejar el humus listo en las camas sin sacarlo a tamizado y empacado), con un valor promedio del 33%.

De acuerdo a la información anterior, se tiene que de todo el material orgánico procesado ya sea por compostaje o lombricultura se obtiene sólo el 33% de producto en promedio, un dato vital para realizar proyecciones de comercialización. Este valor es cercano al 40%, dato reportado por la literatura técnica sobre el tema.

En la *Gráfica 11* se presenta el rendimiento de producción (relación toneladas de orgánicos sometidos a procesamiento a toneladas de producto obtenido). Se excluyen los sitios que no suministraron la información y los sitios que al momento de la visita no habían obtenido su primera tanda de producto:

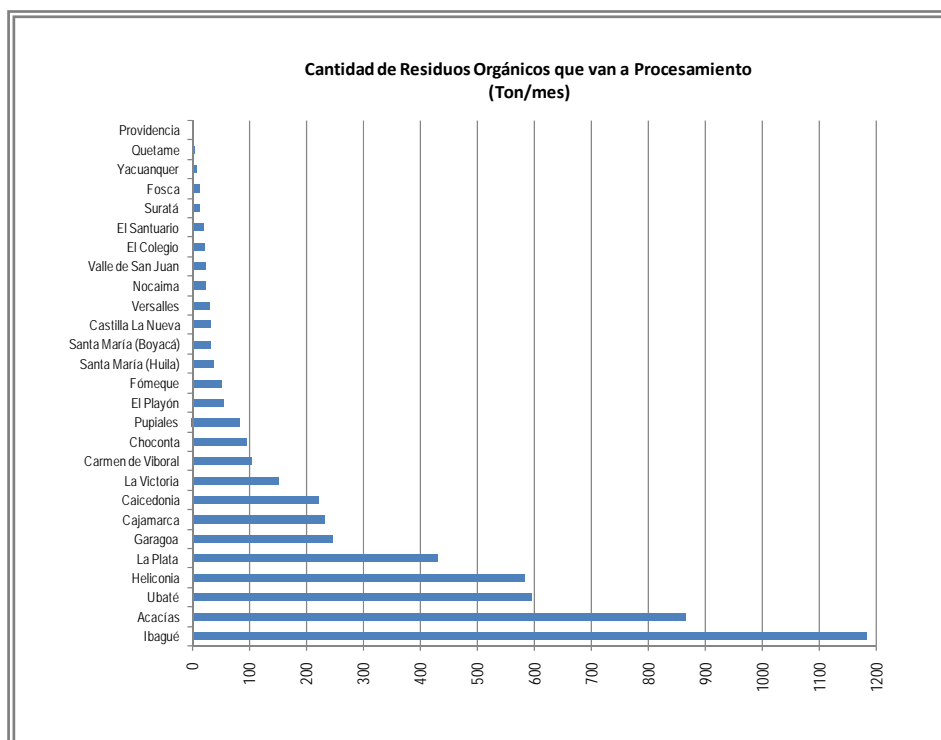
⁴⁰ Ibid., p14 18.

Gráfica 11. Rendimiento de producción de humus y/o compost.



FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.14.

Gráfica 12. Cantidad de residuos orgánicos que van a procesamiento (Ton/mes)



FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.15.

En la *Gráfica 12* se presentó la cantidad de residuos orgánicos que van a procesamiento, es importante aclarar que este valor no es directamente proporcional al total de residuos recibidos en planta. Se excluyen los sitios de **Gutiérrez, Villapinzón, Argelia y Los Santos** por constituirse en botaderos a cielo abierto y **Pitalito y Garzón** por no suministrar la información exacta.

Con relación al cumplimiento de normas técnicas y operativas en cuanto al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos, se evaluó el cumplimiento de requerimientos de carácter obligatorio y de carácter de recomendación como se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 10. Evaluación de las normas en las plantas de tratamiento de residuos sólidos de Colombia.

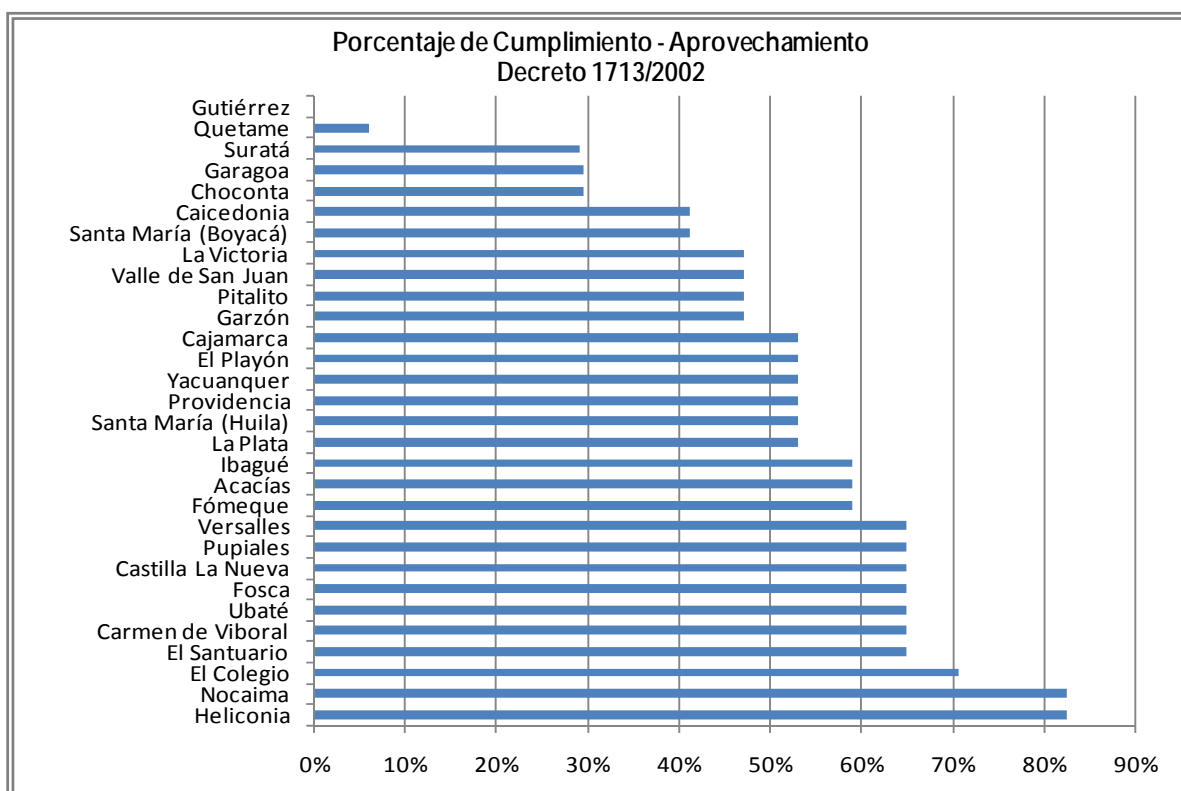
ASPECTO
APROVECHAMIENTO – Aspectos obligatorios según el Decreto 1713 de 2002 (Capítulo VII)
Se recupera el valor económico y energético utilizados en los diferentes procesos
Se reduce la cantidad de residuos a disponer finalmente en forma adecuada
Se reducen los impactos ambientales por demanda y uso de materia prima como por disposición final
Programa de aprovechamiento desarrollado en concordancia con el PGIRS
Proyecto técnica, económica y ambientalmente viable, teniendo en cuenta las condiciones de tráfico, ruido, olor, generación de partículas, esparcimiento de materiales, descargas líquidas y control de vectores.
Se consideran las rutas y vías de acceso de tal manera que minimice el impacto generado por el tráfico.
El diseño arquitectónico de la zona operativa es cerrado a fin de mitigar los impactos sobre el área de influencia.
Se cuenta con un área mínima para la recepción de los residuos a recuperar y prever la capacidad de almacenamiento del material recuperado, teniendo en cuenta las situaciones de contingencia y comportamiento del mercado.
Se tienen vías de acceso de acuerdo al tipo de equipos de transporte a utilizar en el servicio ordinario de aseo.
Se cuenta con un sistema de ventilación adecuado.
Se cuenta con un sistema de prevención y control de incendios.
Se cuenta con el sistema de drenaje para el control de las aguas lluvias e infiltración.
Se cuenta con sistema de recolección y tratamiento de lixiviados
Se cuenta con sistemas tendientes a la minimización y control de ruido, generación de olores, emisión de partículas, esparcimiento de materiales y control de vectores.
El almacenamiento de los materiales aprovechables se realiza de tal manera que no se deteriore su calidad ni se pierda su valor
Los productos finales obtenidos mediante procesos de compostaje y lombricultura, para ser comercializados, cumplen previamente los requisitos de calidad exigidos por las autoridades agrícolas y de salud en cuanto a presentación, contenido de nutrientes, humedad, garantizar que no tienen sustancias y/o elementos peligrosos que puedan afectar la salud humana, el medio ambiente y obtener sus respectivos registros
Las aguas residuales provenientes de los procesos de aprovechamiento de residuos sólidos, se manejan bajo los principios y la normatividad sobre el tema, de tal manera que se eviten los posibles impactos sobre la salud humana y el medio ambiente.
APROVECHAMIENTO – Aspectos recomendatorios según el Título F del RAS
Residuos sólidos aprovechables limpios y homogéneos
Unidad de aprovechamiento cerca del área y rutas de recolección
Programa de entrenamiento de seguridad industrial para los empleados
Ropa y equipo protector adecuado para los empleados
Área mínima de almacenamiento de materia prima para 3 días de abastecimiento

ASPECTO
APROVECHAMIENTO – Aspectos obligatorios según el Decreto 1713 de 2002 (Capítulo VII)
Área mínima de almacenamiento de material procesado de 2 meses
Edificación con paneles anchos y altura adecuada para que no se interfiera con el movimiento de vehículos y el funcionamiento de equipos

FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.21.

La *Gráfica 13* presenta el nivel de cumplimiento de las normas de carácter obligatorio, incluidas en el Decreto 1713 de 2002. Este nivel se obtuvo como el porcentaje de requisitos cumplidos con relación al total de requisitos exigidos por la norma:

Gráfica 13. Porcentaje de cumplimiento – aprovechamiento Decreto 1317 de 2002



FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.22.

El cumplimiento obligatorio no sobrepasa en promedio el 50% mientras el recomendado no sobrepasa en promedio el 30%, incumplimientos que redundan en efectos a la salud y al medio ambiente, por lo cual es pertinente verificar la necesidad de exigir permisos ambientales para el funcionamiento de estos sitios o por lo menos darle un tratamiento en materia de permisos similar al de los rellenos sanitarios, dado que muchos de estos sitios se han construido solo por el hecho de que no requieren permiso.

A continuación se presentan las listas de chequeo utilizadas para la evaluación de procesos de compostaje. Todos estos son aspectos recomendados en el Título F del RAS (Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico), no se cuenta con requerimientos obligatorios:

Tabla 11. Listas de chequeo para la evaluación de procesos de compostaje.

COMPOSTAJE - Aspectos recomendados, Título F del RAS
Se remueven metales pesados y elementos que aporten tóxicos orgánicos
Se remueven residuos que aporten mala apariencia visual (plástico, vidrio, aluminio, etc.
Se homogeniza el material
Se monitorean características como nutrientes, pH y humedad
Se realiza control de olores
Se realiza tamizado para lograr uniformidad y retirar indeseados
Se realiza mezcla con fertilizantes
Se realiza caracterización del producto para verificar condición de toxicidad

FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.24.

El promedio de cumplimiento en cuanto a **compostaje** es del 36%⁴¹, debido principalmente a la falta de separación de materiales que puedan generar contaminación en el material, a carencia de monitoreo y caracterización y a deficiencias en la homogenización del material y el mal manejo de los lixiviados especialmente al inicio del proceso.

La venta del producto orgánico (compost y humus) se realiza informalmente sin ningún tipo de registro o certificado por parte de las entidades agrícolas competentes. El ICA cuenta con requisitos para expedir certificados de calidad del compost (Resolución 0375 de 2004 – Registro ICA) que aseguren que su uso es inocuo pero los operadores de las plantas son renuentes a invertir en la aplicación de estos requisitos. El precio de venta más común de los productos orgánicos corresponde a \$5000 el bulto (cada bulto oscila entre 35 y 50kg)⁴², pero existen valores mínimos como los presentados en la tabla siguiente, debido principalmente a manejos políticos de los municipios ya que los Alcaldes regalan o venden el producto a un precio muy bajo para obtener el favoritismo de la comunidad y valores altos correspondientes a productos obtenidos a partir de residuos separados en la fuente y de plazas de mercado que garantizan que el material no tiene contaminación.

Tabla 12. Precios de comercialización del compost y humus

Unidad	Precio Máximo	Precio Mínimo	Promedio
\$/bulto	15,000	2,000	6,741
\$/Ton	250,000	75,000	143,594

FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.24.

En la *Tabla 13* se especifica el rendimiento de venta (relación toneladas de compost o humus producido a toneladas de compost o humus vendido) para las plantas:

Tabla 13. Rendimiento de producción y venta de productos orgánicos

Rendimientos	Rendimiento Máximo	Rendimiento Mínimo	Promedio
Rendimiento de producción	93%	5%	33%
Rendimiento de venta	100%	0%	31%

FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.24.

⁴¹ Ibid., p24.

⁴² Ibid., p29.

Con relación al rendimiento de venta tomada como la cantidad de producto vendido Vs. La cantidad de producto obtenido, la información encontrada es demasiado dispersa imposibilitando encontrar alguna tendencia lo que demuestra que la comercialización es un aspecto bastante particular de cada planta y que no existen lineamientos claros como en el caso de la producción.

4.4.3 A Nivel local

Biotecnología Combeima y Duitama.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el PGIRS regional⁴³, enuncia que en el Valle de Aburrá actualmente, no se llevan a cabo procesos de aprovechamiento de orgánicos desde los municipios, pero sí a nivel de empresas particulares. No obstante, es importante resaltar algunos sucesos históricos en la región como fueron en 1972 el intento de Medellín con la Planta de abonos, en el año 2003 con las Empresas contratistas que operaron las tecnologías Combeima y Duitama en el Relleno Sanitario Curva de Rodas y luego en el Parque Ambiental La Pradera, y el aprovechamiento dado por la Empresa Interaseo en un lote ubicado en la vía que conduce a Caldas conocida como la Variante, lote utilizado actualmente por la misma empresa como estación de transferencia.

Con la biotecnología Combeima y Duitama, el recurso aire se vio alterado por la generación de partículas producidas en el descargue de los residuos en las zonas donde iban a ser tratados, lo que implicaba, sobre todo en el proceso de la Curva de Rodas y Parque Ambiental La Pradera, un aumento en las concentraciones de material particulado y gases en la atmósfera.

En el tema de la salud, se generaron riesgos tanto para los empleados que llevaban a cabo el proceso de separación y clasificación como para las comunidades ubicadas en el área de influencia. No obstante, un elemento importante fue la creación de fuentes de empleo para la realización de la labor antes mencionada.

Foto 5. Descargue de residuos para tratamiento con biotecnología Combeima y Acumulación de residuos con Biotecnología Duitama.



FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá – PGIRS regional. En: Diagnóstico. Subdirección de comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Marzo 15 de 2006, p.99-102

⁴³ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de aburrá – PGIRS regional. En: Diagnóstico. Subdirección de comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Marzo 15 de 2006, p.99-102

El proceso de transformación y aprovechamiento de residuos orgánicos bajo éstas tecnologías, generó fuertes impactos ambientales en los lugares donde se llevó a cabo (relleno sanitario Curva de Rodas; vereda El Sesenta y finca La Floresta del municipio de Caldas; Parque Ambiental La Pradera y municipio de Sabaneta), debido a las condiciones técnicas del proceso, cantidades de residuos que se querían tratar y quedaban expuestas al aire libre, los tamaños de las zonas donde se llevaban a cabo estos procesos, etc.

Las fuentes de agua y los suelos se vieron afectados por sustancias inertes y tóxicas que se generaban por la descomposición de la materia orgánica; además, estos procesos, por ejemplo en la Curva de Rodas, generaron desestabilización de los taludes conformados por las trincheras que se abrieron. Otro impacto negativo importante es el cambio de las propiedades químicas y físicas de los suelos debido a que estas biotecnologías se llevaron a cabo en unas condiciones técnico ambientales bastante cuestionables como se observa en la foto siguiente, una circunstancia necesaria para el éxito de estos era que los residuos llegaran separados, lo cual nunca se cumplió.

La generación de olores ofensivos debido a la aplicación de estos tratamientos fue bastante fuerte, lo que trajo consigo quejas frecuentes de las comunidades aledañas; además del aumento de la presencia de roedores, vectores, gallinazos, etc., que aumentaban la incidencia de enfermedades pulmonares, cutáneas, virales y bacteriales. La Fauna y la Flora se perturbaron pues sus condiciones naturales fueron cambiadas, afectando el hábitat de los animales y los procesos fotosintéticos. Algo que quedó en la imagen de las comunidades vecinas fue el impacto que produjeron sobre el paisaje estos procesos, por las montañas de residuos que aparecían diariamente y el aspecto estético que se daba.

Foto 6. Acumulación de residuos parque ambiental La Pradera



FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá – PGIRS regional. En: Diagnóstico. Subdirección de comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Marzo 15 de 2006, p.101.

Foto 7. Acumulación de residuos en el relleno sanitario Curva de Rodas.



FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá – PGIRS regional. En: Diagnóstico. Subdirección de comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Marzo 15 de 2006, p.101.

En cuanto a la transformación de orgánicos, se debe tener en cuenta, como se mencionó anteriormente, que estos procesos son llevados a cabo principalmente por empresas privadas, a través de compostaje, lombricultivos, etc. cuyos impactos se dan básicamente por la generación de olores ofensivos producidos durante la descomposición de la materia orgánica, además se afectan los suelos y las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas por el derrame de lixiviados. Es importante mencionar que estas actividades crean beneficios económicos para las instituciones que los llevan a cabo (ej. Hospital Pablo Tobón Uribe), debido a que se disminuye la cantidad de residuos que presentan para que sean llevados por la empresa de aseo.

Central Minorista José María Córdoba

Según Estudios realizados por el grupo **Grica** de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia sobre la utilización de desechos orgánicos resultantes de frutas, verduras y hortalizas en la Central Minorista, se plantea que este podría convertirse en materia prima para la elaboración de alimento que beneficie a la población bovina, el estudio es basado en el conocimiento nutricional de este componente, cuyos suministros son procedentes de la central Minorista de Antioquia.

Los estudios y las pruebas experimentales fueron realizados en el segundo semestre del año 2005, en la Central Minorista de Antioquia, se tomaron muestras de análisis de laboratorio con el fin de verificar el valor nutricional de dicho producto. Igualmente se realizó un análisis microbiológico, con el fin de mirar la carga microbiológica.

Según los estudios realizados, los productos que más se encuentran en los desechos son: La naranja y el repollo, sigue la acelga, tomate, banano, lechuga, limón, papaya, vástagos, capachos y tusas, mango y ripio, aguacate, berenjena, cidra, coliflor, frutas varias, habichuela, ahuyama, cebolla cabezona, arracacha, tomate de árbol, cebolla junta, espinaca, pimentón, remolacha, zanahoria, cilantro, apio, guanábana, papa, sandía, pepino,

casaca de frijol, plátano y yuca. Aquí se tuvo en cuenta las épocas de las cosechas de los diferentes productos que genera el departamento de Antioquia y que son llegados a la central Minorista en los respectivos tiempos.

Se determina entonces la disponibilidad de productos y también su desaprovechamiento, para lo cual se plantea que debe haber una planificación y organización con el fin de llevar a cabo una buena distribución del mismo a las personas que así lo requieran. Igualmente se plantea que el producto resultado del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de las frutas, verduras y hortalizas tiene un alto contenido en proteína. De éste aprovechamiento se resaltan los siguientes beneficios:

Socioeconómicos: Generación de empleo, Mejoramiento de la calidad de vida, de la población que frecuenta la plaza, tanto vendedores, como compradores, disminución en el pago de la tasa de aseo.

Beneficios ambientales: Aprovechamiento de residuos orgánicos, recuperación y embellecimiento de algunos sitios al interior de la plaza y su entorno, disminución de impactos ambientales generados por transporte de material al relleno sanitario, motivar a las buenas prácticas de consumo.

"En general, dichos desechos orgánicos representan un potencial de nutrientes que podrían utilizarse en la alimentación animal, ya que son de bajo costo comparados con otros alimentos convencionales y que incorporándolos en un porcentaje adecuado de la dieta, podrían ser una excelente alternativa alimenticia sin afectar la cantidad y la calidad de la producción. Convirtiéndose así en una materia prima a la que se le puede dar un valor agregado y un uso importante que mitigue el impacto ambiental, social y económico que generen estos desechos".⁴⁴

Central mayorista de Antioquia (CAM)

La central mayorista de Antioquia, es considerada como una gran generadora de residuos sólidos orgánicos, debido a su actividad económica con los productos que llegan del campo; situación esta que conlleva a proponer un diseño y evaluación técnica y financiera para una planta de compostaje que aglutine los residuos orgánicos de la central mayorista, así mismo su manejo y utilización como materia prima para la elaboración del compostaje, contribuyendo de manera directa a la disminución del impacto ambiental generado por esta actividad.

Para lo anterior se hace un trabajo guiado por estudiantes de la universidad nacional donde someten a un proceso el material orgánico tomando como fase la postcosecha de frutas y hortalizas ya que son los que más contribuyen a la generación de residuos sólidos, se propone entonces el diseño de una planta de compostaje como una de las alternativas viables para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que se generan en la Central Mayorista de Antioquia.

"La Central Mayorista de Antioquia nace en 1969 como respuesta a la Administración Municipal para contribuir a la solución del problema urbanístico y social derivado del funcionamiento de los tradicionales negocios de abarrotes de Guayaquil, está dividida en el sector de granos y abarrotes, perecederos y supermercados".⁴⁵

La Central Mayorista de Antioquia, tiene su propio programa ambiental, el cual fue creado con el objetivo de construir una cultura ambiental para el manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, involucrando la comunidad consumidora y comercial en los procesos de participación social, con el fin de mitigar el impacto ambiental y mejorar las condiciones de la calidad de vida de los usuarios y beneficiarios de la Central. Para cumplir este objetivo, se crea la Cooperativa, "Cootrama"(Cooperativa de trabajadores de la mayorista), los cuales hacen la

⁴⁴ Manual para el manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de la Plaza Minorista José María Villa del Municipio de Medellín. Área Metropolitana, 2000, p. 23

⁴⁵ OSORIO, Ana Milena. Tesis de Grado propuesta de diseño y evaluación técnica y financiera de una planta de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de la central Mayorista de Antioquia. Medellín, 2000; p.16-18.

labor de separar desde la fuente con miras a un mejor aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos(80%) y así contribuir a la reducción de la carga de residuos en los rellenos sanitarios.

La Central se convierte entonces en una generadora de subproductos orgánicos que serán de gran utilidad en los procesos productivos del agro, tendientes a abrir mercados con el producto resultante, o sea el compost. Igualmente abre un espacio educativo con talleres, cartillas y demás medios publicitarios con el fin de sensibilizar al público en general en materia ambiental.

"Los modelos de gestión ambiental que se vienen aplicando en la región para el manejo de volúmenes de residuos sólidos tienen que ver con las actividades de picado y procesamiento vía microorganismos u otros tipos de bacterias o técnicas similares, almacenamiento temporal de los nuevos compuestos orgánicos, los cuales se conocen en el mercado con el nombre de compost orgánico. Los mercados de los subproductos que se elaboran en este proceso están relacionados con problemas de otros entornos, como por ejemplo: La poca fertilidad de suelos, terrenos erosionados y deforestados, los altos costos de los agroquímicos y la poca presencia de nuestros productos en los mercados verdes internacionales, entre otros, con este programa la Central Mayorista se está insertando con visión de futuro en estrategias de Producción Más Limpia, liderando en la cultura de centrales de abasto en territorios ecológicos"⁴⁶

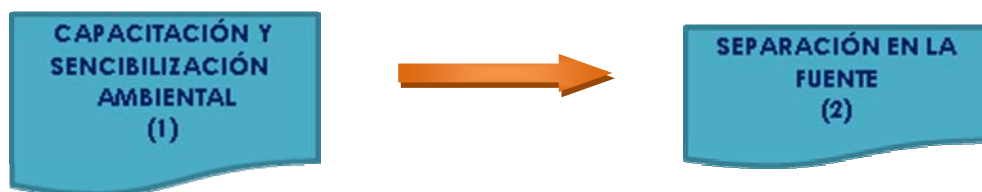
Gestión Integral de Residuos Sólidos en los cinco corregimientos de Medellín.

La Secretaría del medio Ambiente del municipio de Medellín en cumplimiento con la Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos y la normatividad existente asociada al tema formula en el año de 2003 proyectos en los cinco corregimientos del municipio de Medellín cuyo objeto se enmarca en la recolección, transporte, acopio aprovechamiento y comercialización de las fracciones reciclable y orgánica de los residuos sólidos generados por las comunidades asentadas en la parte central de dichos corregimientos.

Estos proyectos cuentan con un componente educativo donde se sensibiliza a la comunidad en torno al manejo adecuado de los residuos sólidos y la parte operativa que es la recolección selectiva, transporte, aprovechamiento y comercialización de cada fracción.

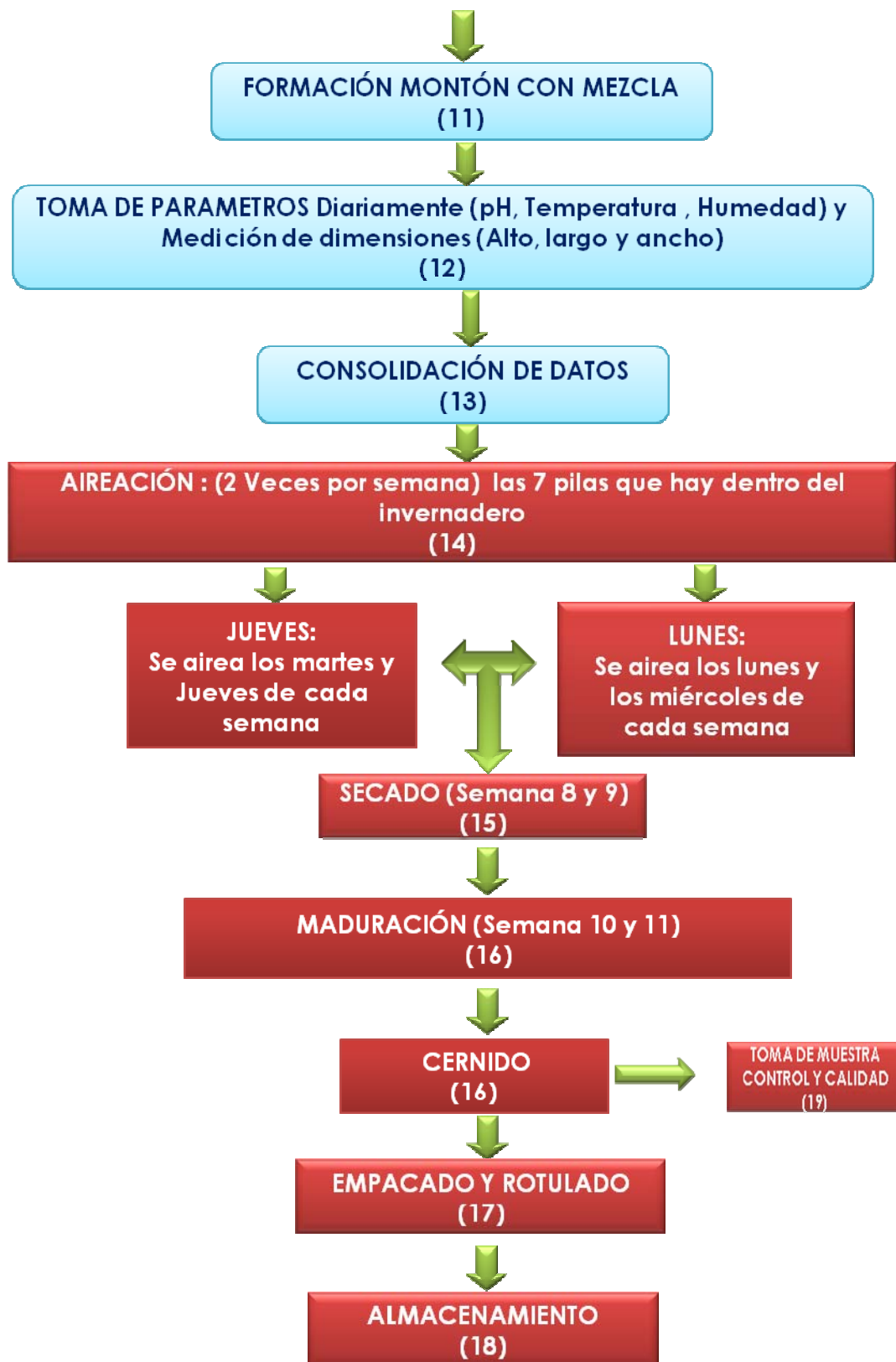
Para la recolección de la fracción orgánica se entregó a cada usuario una caneca verde con tapa donde depositarían los residuos orgánicos generados en cada uno de los inmuebles, posterior a la actividad se hace una recolección selectiva del material con una frecuencia de dos veces semanales, ésta fracción es transportada a cada planta de aprovechamiento de residuos sólidos donde se hace el siguiente proceso:

Figura 3. Diagrama de flujo tratamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos en los cinco (5) corregimientos de Medellín.



⁴⁶ Ibid.,p20-21.







NOTA: El único de los cinco corregimientos que presenta tratamiento de olores a través de un biofiltro es el corregimiento de san Antonio de Prado, los demás siguen el proceso de aprovechamiento igual solo que sin biofiltro.

A continuación se muestra gráficamente la técnica utilizada para la producción del compost en algunos de los corregimientos de Medellín, a partir de registros fotográficos realizados en visita a las plantas.

Foto 8. Planta de transformación de residuos sólidos orgánicos urbanos corregimiento de Altavista



Foto 9. Formación de pilas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, corregimiento de Altavista.



Foto 10. Planta de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos, San Cristóbal



Foto 11. Toma de parámetros a las pilas, corregimiento de San Cristóbal



Foto 12. Planta de transformación de residuos sólidos orgánicos, San Antonio de Prado



Foto 13. Proceso de aireación al material, San Antonio de Prado.



Foto 14. Material en secado, corregimiento San Antonio de Prado



4.5 NORMATIVIDAD

Como dice Puerta⁴⁷ la normatividad en materia de residuos sólidos es amplia debido a que abarca leyes políticas, decretos y resoluciones, entre otros, tendientes a reglamentar la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en Colombia. A continuación se resumen en orden cronológico:

4.5.1 Leyes, políticas, decretos y resoluciones sobre residuos sólidos

La normatividad más relevante se describe a continuación:

Ley 99 de diciembre 22 de 1993. Elaborada por el Congreso de la República de Colombia. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Una de las funciones del Ministerio es regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural.

Ley 142 de 1994. Elaborada por el Congreso de la República de Colombia. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios donde se incluye el servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones.

Decreto 605 de 1996. Por medio del cual se establecen los lineamientos para la adecuada prestación de un servicio de aseo desde su generación, almacenamiento, recolección y transporte, transferencia hasta su disposición final y las prohibiciones y sanciones en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo (Capítulo I del título IV).

Política Nacional para la gestión Integral de Residuos, 1997. Elaborada por el Ministerio del Medio Ambiente. Contiene el diagnóstico de la situación de los residuos, los principios específicos (Gestión integrada de residuos sólidos, análisis del ciclo del producto, gestión diferenciada de residuos aprovechables y basuras, responsabilidad, planificación y gradualidad), los objetivos y metas, las estrategias y el plan de acción. Plantea como principio la reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, el tratamiento y transformación y la disposición final controlada, cuyo objetivo fundamental es "impedir o minimizar" de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

Resolución 1096 de 2000. Expedida por el Ministerio de Desarrollo Económico, por el cual se adopta el Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico- RAS.

Resolución 201 de 2001. Expedida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Por la cual se establecen las condiciones para la elaboración, actualización y evaluación de los planes de gestión y resultados.

Decreto 1713 de 2002. Elaborado por la Presidencia de la República de Colombia. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio

⁴⁷ PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.43-52.

público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Establece normas orientadas a reglamentar el Servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios.

Decreto 005 de enero 7 de 2003. Elaborado por el Municipio de Medellín. Por medio del cual se establecen medidas de cultura ciudadana y de manejo ambiental para prevenir y evitar estados de emergencia sanitaria en la ciudad, obligando a los domicilios de Medellín a separar las basuras en recipientes que contengan diferencialmente los materiales orgánicos de los inorgánicos, a partir de enero 15 del 2003 y dentro de los próximos 70 días.

Decreto 1505 del 4 de junio de 2003. Elaborado por la Presidencia de la República de Colombia. Por el cual se modifica parcialmente Decreto 1713 de 2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 1045 del 26 de septiembre de 2003. Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.

Resolución 008 de 2004. Expedida por el Área Metropolitana del Valle de Aburra. Por la se adopto el Plan Maestro para La Gestión Integral de Residuos para el Valle de Aburra.

Decreto 838 de 2005. Elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos, consideraciones ambientales sobre rellenos sanitarios, fomento a la regionalización de los rellenos sanitarios y se dictan otras disposiciones.

Resolución Metropolitana 879 de 2007. Expedida por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Por medio de la cuál se adopta el Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá como instrumento de autogestión y autorregulación.

4.5.2 Documentos de referencia sobre residuos sólidos

Los documentos de referencia sobre residuos sólidos referenciados en la Política para la gestión Integral de Residuos y en la guía metodológica para la elaboración del plan de gestión integral de residuos sólidos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial en el 2003 son los siguientes: "Contaminación Industrial en Colombia" editado en 1994, en su artículo: "el estado del ambiente en Colombia" realizado por Ernesto Sánchez y Carlos Herrera. Información fue procesada en 1992.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, publicado por el Ministerio de Desarrollo Económico.

Instalación, manejo y comercialización de la Lombricultura y el Compostaje, UNICEF-SENA Min Desarrollo – Min ambiente -SSPD-CRA-IDEA-Embajada de Holanda -Alcaldía de Bello, medio magnético, 2001.

Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales, UNICEF-SENA-Min Desarrollo- Min ambiente - SSPD-CRA-IDEA- Embajada de Holanda, medio magnético, 2001.

Guía Ambiental para la selección de tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

Proyectos de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Guía Práctica de Formulación, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

4.5.3 Normas técnicas colombianas sobre residuos sólidos

El Comité Técnico 000019 Gestión Ambiental sobre residuos sólidos ha trabajado en la elaboración de algunas guías que buscan brindar orientaciones para llegar a un buen manejo de los residuos.

Reinoso⁴⁸, hace la siguiente relación de las Guías Técnicas Colombianas relacionadas con la gestión ambiental residuos:

GTC 24: 98-12-16. Guía para la separación en la fuente. Establece directrices para realizar la separación de residuos en las diferentes fuentes generadoras: doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios con el fin de facilitar su posterior aprovechamiento.

GTC 35: 97-04-16. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos. Suministra pautas para efectuar una recolección selectiva como parte fundamental en el proceso que permite mantener la calidad de los materiales aprovechables.

4.5.4 Normatividad sobre residuos sólidos orgánicos en Colombia

Decreto 2202 de 1968: expedido por la Presidencia de la República. Por el cual se reglamenta la industria y comercio de los abonos o fertilizantes químicos simples, químicos compuestos, orgánicos naturales, orgánicos reforzados, enmiendas y acondicionadores del suelo, y se derogan unas disposiciones.

NTC 2581. 89-06-21. Abonos o fertilizantes. Determinación de carbonatos totales y proporciones aproximadas de carbonatos de calcio y magnesio en calizas y calizas dolomíticas. Establece ensayos.

NTC 3795. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Derivación de un plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC-ISO 8633. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Método de muestreo simple para lotes pequeños. Define un plan de muestreo para el control de las cantidades de fertilizante sólido de máximo 250 t y presenta el método a emplear. Se aplica a todos los fertilizantes sólidos a granel o empacados.

NTC-ISO 8634. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC 234. 96-11-27. Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para la determinación cuantitativa del fósforo. Contiene definiciones, requisitos, métodos de ensayo e informe.

NTC 4150. 97-06-25. Abonos o fertilizantes. Método cuantitativo para la determinación del nitrógeno amoniacal por titulación previo tratamiento con formaldehído. Establece un método cuantitativo para determinar el contenido de nitrógeno amoniacal en abonos o fertilizantes.

⁴⁸ REINOSO, Elsy. ¿Qué hacer con los residuos sólidos? En: Icontec. Responsabilidad Social de las Empresas. Normas & Calidad No. 45. Bogotá: Icontec, 2000. p. 15.

NTC 4173. 97-06-25. Fertilizantes sólidos y acondicionadores del suelo. Ensayo de tamizado. Especifica un método para la determinación, mediante ensayos de tamizado, la distribución del tamaño de partículas de los fertilizantes sólidos y los acondicionadores de suelos.

NTC 4175. 97-06-25 Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químicos y físicos. Especifica los métodos para la preparación de las muestras o porciones de muestras requeridas para los ensayos químicos o físicos de fertilizantes sólidos. Contiene definiciones, aparatos, rotulado y reporte de preparación de muestra.

NTC 370. 97-08-27. Abonos o fertilizantes. Determinación del nitrógeno total. Establece el método para determinar el contenido de nitrógeno total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.

NTC 35. 98-03-18. Abonos y fertilizantes. Determinación de la humedad. Del agua libre y del agua total. Establece los métodos para determinar el contenido de humedad, agua libre y agua total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.

NTC 202. 01-08-01. Métodos cuantitativos para la determinación de potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes de materias para su fabricación. Establece los métodos cuantitativos para la determinación del contenido de potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes. De materias primas, para su fabricación.

NTC 1927. 01-10-31. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones. Clasificación y fuentes de materias primas. Define los términos relacionados con fertilizantes, acondicionadores del suelo, fuentes de materias primas, y sus clasificaciones.

Resolución 074 de 2002: elaborada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, Almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. El prefijo BIO únicamente puede ser utilizado en acondicionadores orgánicos registrados para agricultura ecológica, que involucren microorganismos en su composición.

Resolución ICA No. 00150 del 21 de enero de 2003. Expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario. Por el cual se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia.

NTC 40. 03-03-19. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Etiquetado. Establece los requisitos que debe cumplir el etiquetado de los envases y embalajes destinados para fertilizantes y acondicionadores de suelos.

NTC 5167. 2004-05-31. Productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Establece requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como fertilizantes o como acondicionadores del suelo. Reglamenta los limitantes actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia algunos parámetros para los análisis microbiológicos.

4.6. LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Adicionalmente a los principios de la política Nacional Ambiental y la Política de Producción Limpia, la Política para la Gestión de Residuos⁴⁹ establece de forma específica lo siguiente:

4.6.1 La Gestión Integrada de los residuos sólidos, GIRS

El diseño de la política ambiental, contempla la implantación de la gestión integrada de residuos sólidos -GIRS-, ya sean no peligrosos o peligrosos, como término aplicado a todas las actividades asociadas en el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad y su meta es administrarlos de una forma compatible con el medio ambiente y la salud pública.

La GIRS contempla las siguientes etapas jerárquicamente definidas: reducción en el origen; aprovechamiento y valorización; tratamiento y transformación; disposición final controlada.

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

Aprovechamiento y valorización: El aprovechamiento implica la separación y recogida de materiales residuales en el lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión (por ejemplo, compost) y energía en forma de calor y biogás combustible.

El aprovechamiento es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además, el aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas.

En consecuencia la primera acción sobre los residuos generados es valorarlos y aprovecharlos.

Tratamiento y transformación: La transformación de residuos implica la alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los residuos sólidos urbanos son utilizadas para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos.

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

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

⁴⁹ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para la Gestión de Residuos. Santa Fé de Bogotá, 1997; p.10-13.

4.6.2 Análisis integral del ciclo productivo

En el análisis de la generación de los residuos sólidos y de los impactos que causan al medio ambiente, debe efectuarse una evaluación integral del ciclo del producto, que permita priorizar donde se deben concentrar los mayores esfuerzos acorde a la política de producción limpia.

- Considerar los diferentes impactos al medio ambiente que causa un producto desde su origen, hasta su disposición final, involucrando por tanto, la utilización de materias primas, el proceso productivo, la energía que utiliza, sus impactos al aire, al agua y al suelo y los impactos del producto final, de modo que las consideraciones ambientales se tengan en cuenta desde el nacimiento del producto hasta su disposición final.
- Evaluar los impactos ambientales de un producto, no sólo postconsumo sino, teniendo en cuenta los diferentes impactos que produjo en etapas anteriores. En efecto, el impacto ambiental generado durante la fase de producción del ciclo de vida (obtención de materias primas, manufactura, llenado y distribución) es muchas veces mayor que el impacto ambiental generado durante la fase de disposición (recolección, transporte, transferencia y entierro en botadero o relleno sanitario).

Lo anterior no es óbice para establecer que en todo caso un residuo postconsumo puede generar un impacto ambiental negativo al medio ambiente y en consecuencia, la gestión ambiental debe dirigirse a eliminar, disminuir o mitigar los impactos que produce.

La visión parcial del proceso o producto en una sola de sus etapas es incompleta y sólo de su análisis general se podrá determinar con claridad sus impactos ambientales positivos o negativos.

Ese análisis integral es el marco para adoptar acciones concretas en cuanto a un producto o una industria.

Por lo anterior la GIRS se apoyará en metodologías como el análisis del ciclo de vida y todas aquellas que se orienten al análisis del impacto ambiental de los productos.

4.6.3 Gestión diferencial de residuos aprovechables y basuras.

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

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

Tales residuos sólidos pueden ser a su vez aprovechables o basuras como se muestra en la *Figura 4*, considerando las diferencias que existen tanto en las características, como en las condiciones de manejo, los residuos aprovechables y las basuras tendrán cada uno un esquema distinto de gestión, de tal forma que se aumente la cantidad de residuos aprovechables y se disminuya la cantidad de basuras.

4.6.4 Responsabilidad.

Se debe establecer la responsabilidad de los generadores de residuos, en aplicación de lo dispuesto en la ley 99 de 1993, se tiene el principio .contaminador pagador., que involucra la responsabilidad de quienes causan o generan contaminación.

Se contemplará las responsabilidades de los productores por los productos durante su ciclo de vida, que incluye la responsabilidad de los generadores de los residuos, de modo que éstos deberán según el caso, como se anotará a continuación, reducirlos, separarlos o recibirlos, así mismo los usuarios finales deben ser sujetos de responsabilidad.

4-6.5 Planificación

El proceso de planificación de la gestión de residuos sólidos a nivel municipal es de gran relevancia para mejorar la problemática actual. Es por tanto indispensable que se establezcan los lineamientos básicos para que a este nivel se pueda adelantar la formulación y ejecución de los planes municipales, en forma que permitan administrar los diversos flujos de residuos de acuerdo a las condiciones locales.

Desarrollar e implantar un plan de gestión integral es, esencialmente, una actividad local que implica la selección correcta de alternativas y tecnologías para afrontar las necesidades de la administración local de residuos, a la vez que se atienden las consideraciones ambientales. La combinación correcta de tecnologías y procedimientos, la flexibilidad a la hora de afrontar los cambios futuros, la necesidad de supervisión y evaluación, son aspectos que deben incluirse en los procesos de planificación.

La planificación involucra dos etapas básicas: Identificar las necesidades actuales, y una vez, éstas se hayan identificado determinar que hacer para remediar los aspectos críticos y administrar eficientemente los diversos flujos de residuos. En este orden de ideas, el diagnóstico de la situación actual del municipio en cuanto a la gestión actual de residuos se convierte en el primer y más importante paso del proceso de planificación.

El manejo de los residuos sólidos se planificará de forma diferente para cada uno de los cuatro grupos propuestos a continuación:

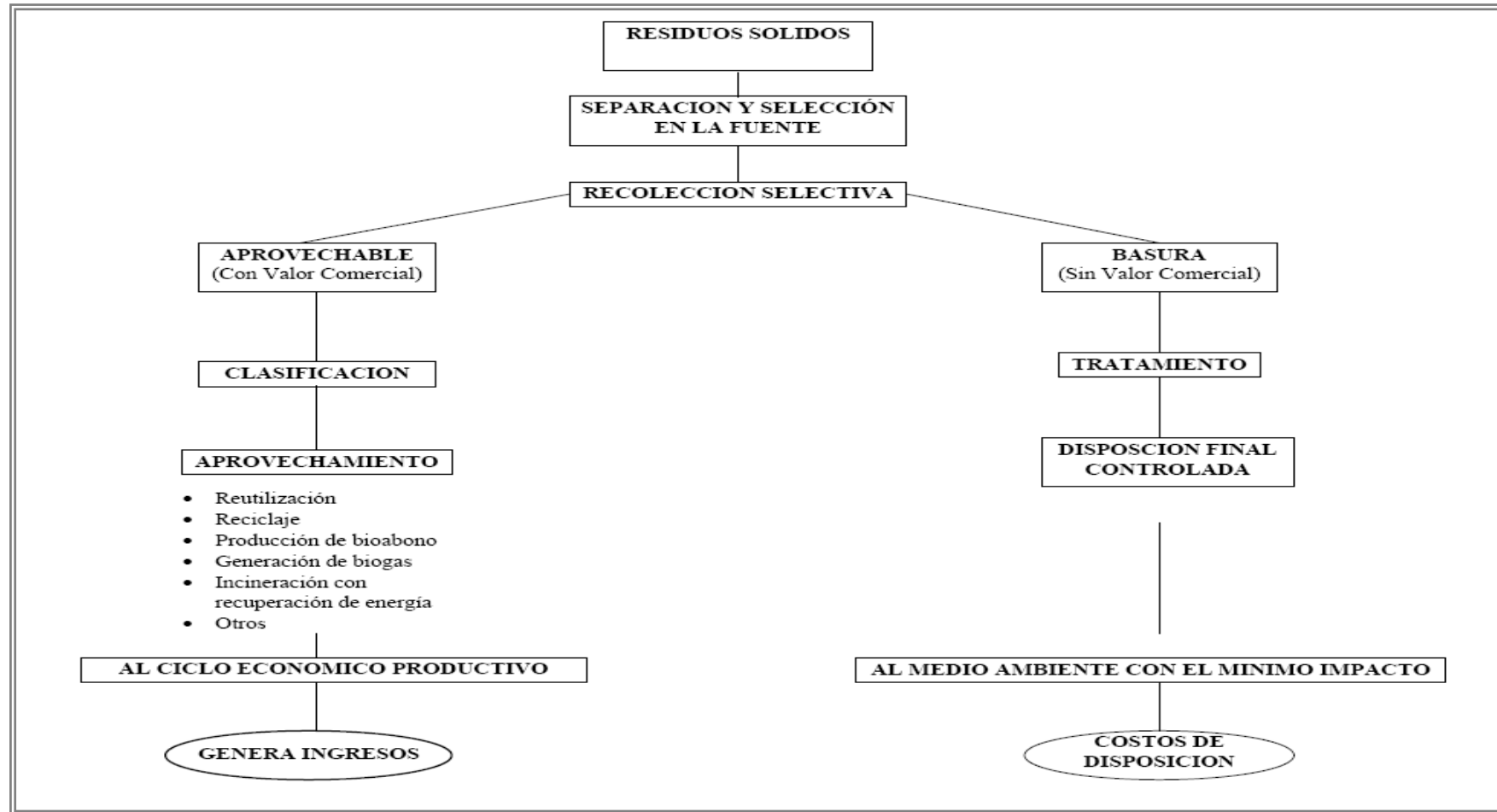
- **Grupo 1:** Santafé de Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla.
- **Grupo 2:** Ciudades entre 1 millón y 200 mil hab.
- **Grupo 3:** Ciudades entre 60 mil y 200 mil hab.
- **Grupo 4:** Menores de 60 mil hab. y rurales.

4.6.6 Gradualidad

La jerarquía establecida para la GIRS, solo podrá alcanzarse y consolidarse en el mediano y largo plazo. Sin embargo para el corto plazo es necesario atender los aspectos más críticos identificados, los cuales están relacionados con sistemas inadecuados de disposición final, principalmente. De la misma forma las inversiones ambientales atenderán en el nivel local los problemas prioritarios.

Por tanto, es necesario establecer un orden de prioridad que permita lograr metas y objetivos específicos de gestión ambiental, además debe permitir superar aquellos aspectos críticos identificados en el manejo actual de los residuos sólidos. Esta prioridad debe desarrollarse gradualmente. Así este principio se transforma también en una política fundamental para asegurar una utilización eficaz y eficiente de los escasos recursos disponibles; obtener resultados de impacto en el corto plazo y desarrollar experiencias que permita perfeccionar los programas y ampliar su cobertura.

Figura 4. Gestión diferenciada - Aprovechables y basuras -



FUENTE: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para la Gestión de Residuos. Santa Fe de Bogotá, 1997; p.15

4.6.7 Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS

Corantioquia define el PGIRS como “un documento que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades, definidos por el ente territorial para la prestación del servicio de aseo, acorde con los lineamientos definidos en los Planes y/o Esquemas de Ordenamiento Territorial y basado en la política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual apunta en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo de la prestación del servicio de aseo, evaluado a través de la medición de resultados”.⁵⁰

Este documento fue reglamentado con el Decreto 1713 de agosto 6 de 2002 en su artículo 8, donde enuncia: “Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólidos- PGIRS. A partir de la vigencia del presente decreto, los Municipios y Distritos, deberán elaborar y mantener actualizado un Plan Municipal o Distrital para la Gestión Integral de Residuos o desechos sólidos en el ámbito local y/o regional según el caso, en el marco de la política para la Gestión Integral de los Residuos expedida por el Ministerio del Medio Ambiente, el cual será enviado a las autoridades Ambientales competentes, para su conocimiento, control y seguimiento.

El PGIRS debe estar a disposición de las entidades de vigilancia y control, tanto de la prestación del servicio como de las autoridades ambientales, quienes podrán imponer las sanciones a que haya lugar, en caso de su incumplimiento”⁵¹

Contenido básico del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos : en el artículo 9 del decreto 1713 de 2002 se describe el contenido básico del Plan “El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos deberá ser formulado considerando entre otros los siguientes aspectos:

- Diagnóstico de las condiciones actuales técnicas, financieras, institucionales, ambientales y socioeconómicas de la entidad territorial en relación con la generación y manejo de los residuos producidos.
- Identificación de alternativas de manejo en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos con énfasis en programas de separación en la fuente, presentación y almacenamiento, tratamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final.
- Estudios de prefactibilidad de las alternativas propuestas.
- Identificación y análisis de factibilidad de las mejores alternativas, para su incorporación como parte de los Programas del Plan.
- Descripción de los programas con los cuales se desarrollará el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que incluye entre otros, las actividades de divulgación, concientización y capacitación, separación en la fuente, recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final.
- Determinación de Objetivos, Metas, Cronograma de Actividades, Presupuestos y responsables institucionales para el desarrollo de los programas que hacen parte del Plan”⁵²

⁵⁰ CORANTIOQUIA: En línea <http://www.corantioquia.gov.co> [Consulta: 23 de Abril de 2007]

⁵¹ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Decreto 1713 (artículo 8). El ministerio. Santa Fé de Bogotá, Agosto 6 de 2002; p.5-6.

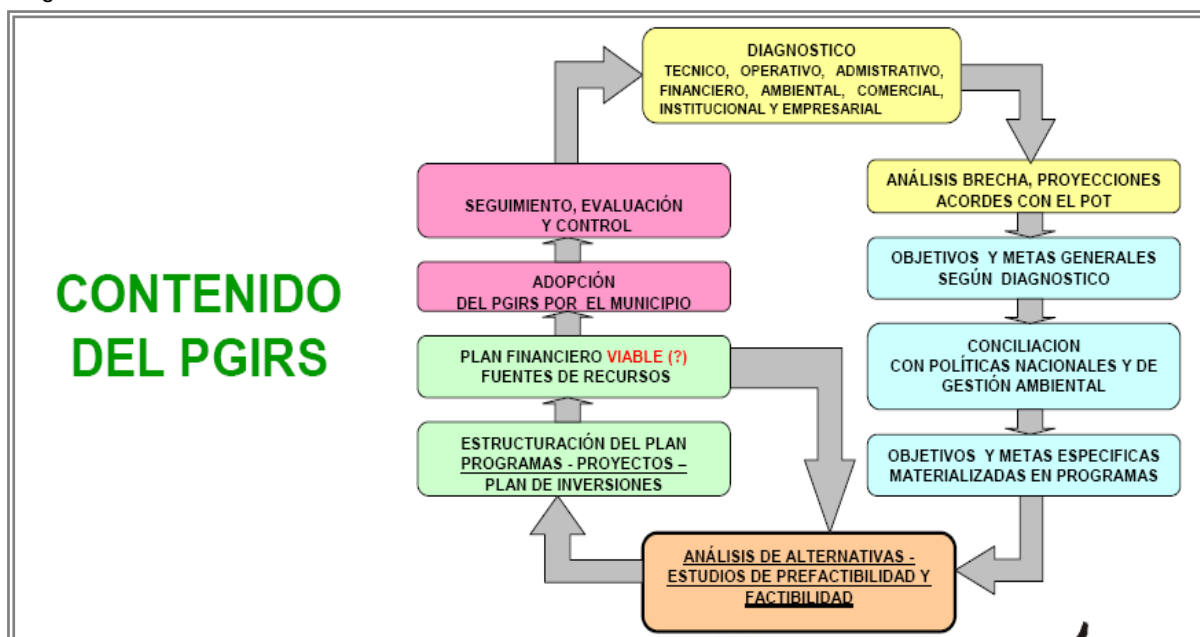
⁵² Ibid; p.5

El anexo de la resolución 1045⁵³ del 2003 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial describe la metodología para la elaboración del Plan de Gestión Integral sobre residuos sólidos con las siguientes etapas para su cumplimiento:

- **Organización para la elaboración del PGIR:** elección del grupo coordinador y del grupo técnico de trabajo.
- **Diagnóstico:** técnico, operativo, administrativo, financiero, ambiental, comercial, institucional y empresarial.
- **Análisis brecha:** identificación de la problemática de residuos sólidos con sus causas y consecuencias arrojada por el diagnóstico estableciendo debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades, teniendo en cuenta las proyecciones acordes con el Plan de Ordenamiento Territorial –POT-.
- **Objetivos y metas generales:** según los resultados del diagnóstico y de acuerdo con las políticas nacionales y de gestión ambiental.
- **Objetivos y metas específicas:** materializados en programas que solucionen la problemática detectada en el diagnóstico.
- **Análisis de alternativas:** estudios de pre factibilidad y factibilidad técnico, institucional y ambiental de los programas a implementar.
- **Estructuración del PGIRS:** elaboración de los programas, proyectos, actividades, presupuesto y plan de inversiones.
- **Elaboración del Plan Financiero viable:** identificación de las fuentes de recursos.
- **Adopción del PGIRS por el municipio:** implementación de los programas, proyectos y actividades según el presupuesto y el plan de inversiones.
- **Seguimiento, evaluación y control:** a los programas, proyectos, actividades y la ejecución del presupuesto y el plan de inversiones.

⁵³ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Anexo de la resolución 1045. El Ministerio, 2003; s.p

Figura 5. Contenido del PGIRS



FUENTE: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1045 de 2003. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones. Bogotá D.C., Septiembre de 2003, s.p.

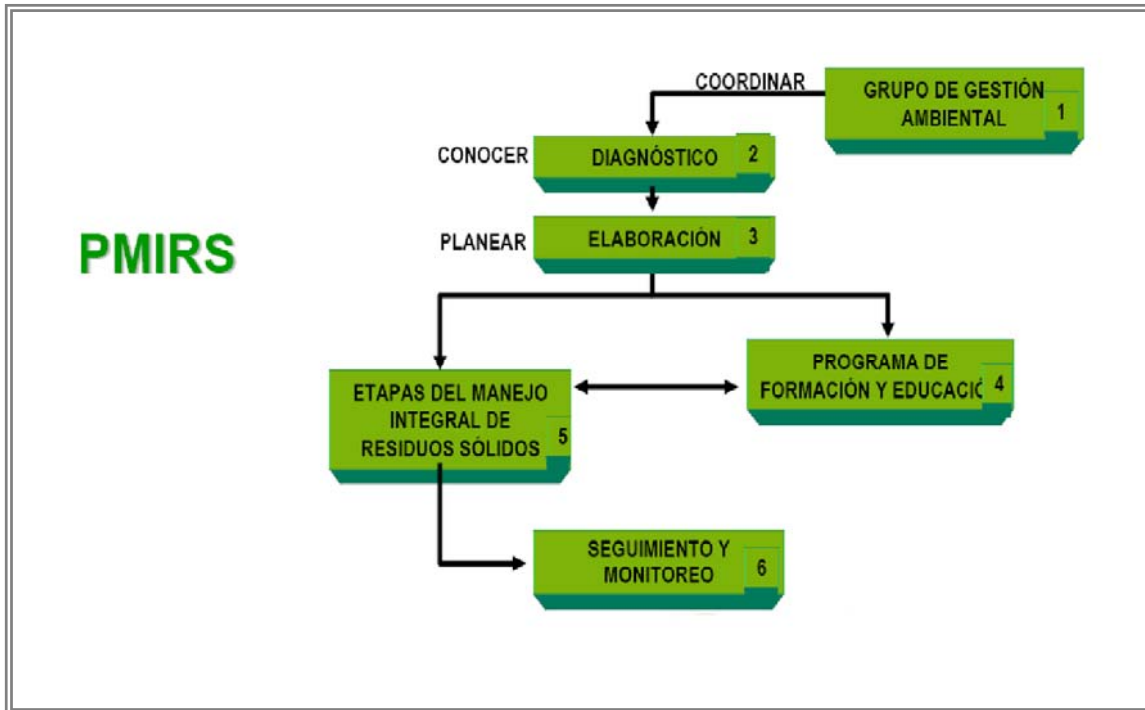
4.6.8 Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos, PMIRS

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá⁵⁴ lo define, como el documento que contiene el conjunto de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades que garantizan la Gestión Integral de Residuos Sólidos de una empresa.

Guía para el Manejo Integral de los Residuos: es una herramienta aplicable a generadores y todos aquellos que realicen almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos. En ella se definen los procesos y las actividades necesarias para identificar, valorar, prevenir o mitigar los impactos ambientales negativos, derivados del manejo de residuos sólidos. En la *Figura 6* **Etapas para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos** se muestran las etapas para realizar el Manejo Integral de Residuos Sólidos.

⁵⁴ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Presentación sobre procesos de planeación. En: Programa de residuos. El Área. Medellín, marzo 18 de 2005; p.37.

Figura 6. Etapas para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos.



FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Presentación sobre procesos de planeación. En: Programa de residuos. El Área. Medellín, marzo 18 de 2005; p.39.

La primera etapa es la formación de un **grupo de gestión ambiental** que tiene dentro de sus responsabilidades realizar el diagnóstico ambiental, formular el compromiso institucional, diseñar el Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos, diseñar la estructura funcional y asignar responsabilidades, definir y establecer mecanismos de coordinación, gestionar el presupuesto del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos, velar por la ejecución del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos, realizar campañas de capacitación periódicas, elaborar informes y reportes a las autoridades de vigilancia y control.

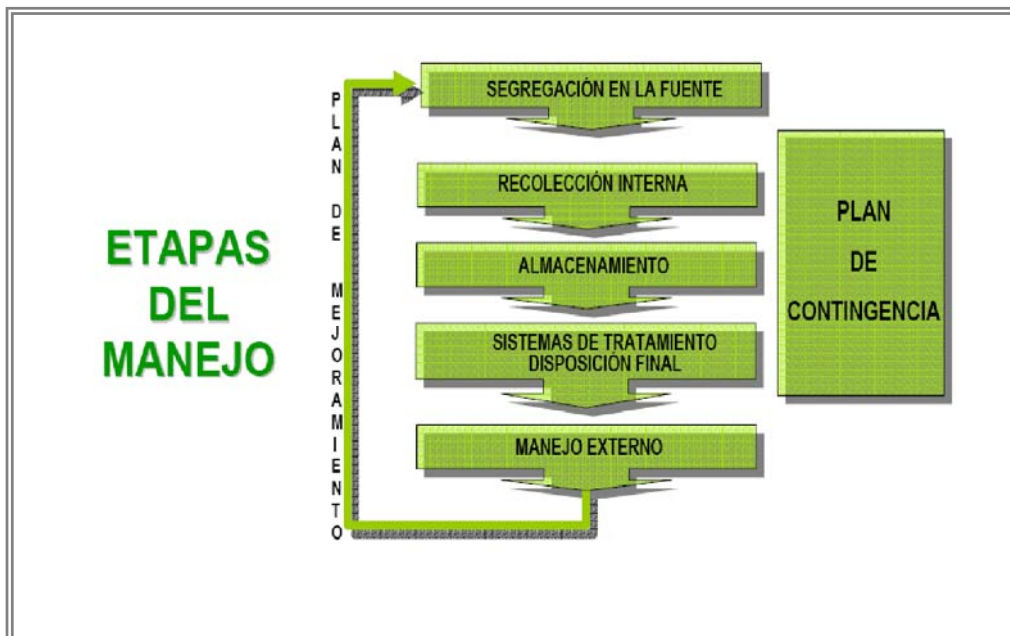
Las etapas de diagnóstico y elaboración, se realizan siguiendo el orden lógico e integral que comprende el ciclo de los residuos, para lograr éste objetivo se debe cumplir con los siguientes pasos que direccionan el plan. A continuación se relacionan gráficamente en la *Figura 7*.

Figura 7. Sub- etapas para la elaboración del Diagnóstico



FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Presentación sobre procesos de planeación. En: Programa de residuos. El Área. Medellín, marzo 18 de 2005; p.41.

Figura 8. Etapas del Manejo de los Residuos Sólidos



FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Presentación sobre procesos de planeación. En: Programa de residuos. El Área. Medellín, marzo 18 de 2005; p.42.

4.6.9 Plan Maestro de Residuos Sólidos, Área Metropolitana el Valle de Aburrá

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá,⁵⁵ formula en el Plan maestro de Residuos Sólidos las estrategias para una adecuada gestión de los residuos en los municipios, instituciones y empresas tanto comerciales como industriales, que se encuentren asentadas en la región; integrándose a este la normatividad, guías y documentos técnicos que han expedido el Ministerio del Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, el Ministerio de Desarrollo Económico y demás organismos gubernamentales que regulan y/o controlan el servicio de aseo y la gestión Integral de residuos. Consta de cuatro volúmenes:

Volumen I. Fundamentos conceptuales y legales. Se presenta una síntesis de la situación actual, se determinan los factores críticos, se desarrolla un sistema de gestión, se plantean unas estrategias enunciando una serie de proyectos a desarrollar, por los diferentes actores que intervienen en la gestión y por último se define el sistema de indicadores.

Volumen II. Diagnóstico. Se describe la situación actual de la gestión de residuos en la región metropolitana, presentando datos de generación, el servicio de aseo, el aprovechamiento, el tratamiento y la disposición final de residuos. Contiene, además el análisis de los factores críticos por medio de la matriz DOFA y en el se plantean una serie de acciones estratégicas como Consecuencia de su análisis.

Volumen III. Guía para el Sistema de Gestión Integral de Residuos. Da a conocer con detalle cada uno de los compromisos adquiridos en la implementación del Plan, por medio de actividades específicas de acuerdo al tipo de generador.

Volumen IV. Programas y proyectos: se formula los proyectos para lograr una gestión integral de residuos por medio del Plan Maestro.

Adicionalmente en las etapas del PGIRS en el Plan Maestro, en la generación, se hace una clasificación de los RS en orgánicos, inorgánicos, peligrosos y hospitalarios a nivel institucional, industrial, residencial. En la recuperación y aprovechamiento se describe la recuperación informal de los recuperadores y la recuperación formal de las empresas captadoras, transformadoras y comercializadoras de los residuos reciclables recuperados: vidrio, cartón papel, chatarra y plástico. También relaciona las experiencias de las entidades públicas en este tema como el CAMER: Centro de Acopio Metropolitano de Reciclaje, Proyecto de la Gerencia Social del AMVA que logro consolidar grupos comunitarios de reciclaje y la generación de proyectos de reciclaje en las penitenciarías del Buen Pastor, Bellavista y Máxima Seguridad. EVM E.S.P implemento El programa PAISA: plan anual de inversión social y ambiental de para organizar y dignificar el trabajo de los recuperadores informales y el programa SERES: separación de residuos sólidos en la fuente dirigido al sector residencial con incitaciones de separación en una bolsa los residuos orgánicos y los no reciclables y en la otra bolsa el material reciclable. Presenta además las experiencia de la Bolsa de Residuos BORSI, Fundación Codesarrollo, Cooperativa Recuperar, CORPOMIR, CORPAUL; Arreciclar, Actuar Famiempresas, Papelsa, Universidad Lasallista, Central Mayorista, Cooperativa Coplaza, entre otros.

En relación con el tratamiento se describe el tratamiento de residuos orgánicos, el tratamiento térmico: incineración, pirolisis, gasificación, tratamiento de residuos tóxicos (Separación de fases, componentes, transformación química y biológica, estabilización, solidificación, fijación y encapsulamiento), tratamiento de lodos

⁵⁵ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Plan maestro para la gestión integral de residuos en el Valle de Aburra 2001-2003. Citado por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.41 -42-

contaminados por metales pesados (incineración, encapsulamiento en clinker o cemento especial que forma complejos con los metales y adición a Mezclas asfálticas.

En la *Figura 9*, se muestra las partes que articulan el plan maestro de residuos sólidos.

Figura 9. Partes que articulan el plan maestro de residuos sólidos



FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Presentación sobre procesos de planeación. En: Programa de residuos. El Área. Medellín, marzo 18 de 2005; p.21.

4.6.10 Plan de Gestión Integral Regional, PGIRS - Regional

El PGIRS regional surge para transformar problemáticas ambientales vividas en épocas pasadas y reconstruir memorias que rescaten los logros positivos de la experiencia de Rodas, a través de la educación ambiental. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá⁵⁶ enuncia que “Sólo a la luz de un análisis objetivo, racional, participativo, y compartido se posibilita la deconstrucción de las visiones sociales en que se sustenta la oposición a las obras adscritas al manejo de los residuos. El despliegue riguroso de una verdadera gestión ambiental sistémica que articule los momentos de la planeación, la ejecución y el control mediante la generación permanente de información se rige como antídoto que evita la repetición de este tipo de situaciones”.

El PGIRS Regional se enmarca en la normatividad referente al tema, lo que lo hace diferente y especial es la Visión Regional, la cuál la define Agudelo⁵⁷ en el siguiente párrafo “bajo el marco de región se diferencian dos (2) ámbitos, lo regional local, es decir el reconocimiento del problema de los residuos sólidos como un problema de magnitud, con impactos y con soluciones viables a escala metropolitana. El segundo ámbito es el reconocimiento de que las soluciones metropolitanas requieren el uso de territorios por fuera del área metropolitana.

⁵⁶ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá. Convenio 325 de 2004. En presentación general. Subdirección de comunicaciones Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Marzo de 2006; p.6.

⁵⁷AGUDELO, Luís. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá. En: Anexos expertos Visión Regional. Subdirección de comunicaciones Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Marzo de 2006; p.5-6.

Contenido Básico de PGIRS Regional

El PGIRS regional⁵⁸ contiene:

Antecedentes regionales: contempla los hallazgos y vivencias generacionales en torno a la planeación de la gestión de residuos sólidos en el Valle de Aburrá, iniciando desde 1997 con la temática de Moravia, posterior a ello retoma el año de 1981 cuando se identifica el terreno apto en la zona de la quebrada Rodas para emplazar un relleno sanitario según los criterios del saneamiento y de la ingeniería sanitaria el cual fue clausurado por Corantioquia mediante Resolución 4580 de 2001 por los impactos negativos causados a la comunidad. Ante éste acontecimiento Corantioquia otorga una licencia ambiental para la construcción de El Parque Ambiental la Pradera con una proyección estimada hasta el año 2020, ubicado en jurisdicción de Don Matías. En el periodo 2001 a 2003 la administración municipal, la gerencia de EE.VV.M E.S.P con el aval de las corporaciones autónomas regionales aceptan aplicar los llamados procesos "biotecnológicos" Combeima y Duitama como alternativa de tratamiento ante la decisión de cierre de las operaciones del relleno sanitario Curva de Rodas, su implementación fue nefasta y fue allí cuando se demostró la necesidad de concebir los proyectos de residuos con estudios rigurosos y anticipados, especialmente cuando se trate de concebir soluciones a gran escala. En el 2001 el Área Metropolitana del Valle de Aburrá formula el Plan Maestro para la Gestión Integral de Residuos Sólidos el cual es una herramienta fundamental para ubicar con mayor precisión las directrices para el PGIRS regional de acuerdo con la resolución 1045 del 2003. Entre el 2000 y el 2005 se caracteriza por varias reflexiones académicas alrededor de la temática de los residuos que indagan sobre el aprovechamiento de los residuos reciclables a partir de procesos sociales y ambientales con recicladores de la región.

Diagnóstico: consolida la información sobre la generación de residuos en el valle del Aburrá, la disposición y aprovechamiento de los mismos.

Metodología para la formulación del PGIRS Regional: se siguen todos los lineamientos de la Resolución 1045 de 2003 a nivel de región.

Asesoría de los municipios del Valle de Aburrá como parte de la construcción colectiva y de consulta de actores: de acuerdo a lo establecido en artículo 7, párrafo 1 de la Resolución 1045 de 2003 y el Decreto 1713 de 2003 el Área metropolitana del valle de Aburrá debe asesorar y orientar a los municipios en la elaboración de los respectivos PGIRS. Para esto la autoridad ambiental construyó colectivamente con los integrantes de los grupos coordinadores y técnicos de todos los entes territoriales una visión compartida de los proyectos, para lograr que tuvieran carácter local y dimensiones y alcances regionales.

Conformación del grupo Coordinador Regional: lo conformó inicialmente los alcaldes de los municipios y posteriormente se eligieron los representantes por sector. El grupo se encargaba de revisar y aprobar cada uno de los componentes del PGIRS regional.

Sistema de Información Geográfica y Base de datos: se consolidan geográfica y espacialmente tres (3) conceptos y clasificaciones de los residuos, aprovechables y no aprovechables, tipos de residuos según su origen y según guías técnicas y definiciones del Ministerio, clasificación para los componentes de la prevención, la no generación separación en la fuente para el aprovechamiento, almacenamiento, recolección convencional y selectiva, transferencia, transporte y disposición final.

Componentes estratégicos: estos componentes son los que define la Política de Residuos Sólidos. Se le presta mucha importancia al aprovechamiento de orgánicos, que tiene los varios beneficios importantes, tales como desvió del 50% de residuos, disminución de los niveles de contaminación por gas metano, dióxido de carbono y lixiviados,

⁵⁸ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional. En: Resumen ejecutivo. Ideografic Ltda. Medellín. Abril 2006. P 3-44.

disminución de los factores de riesgo como proliferación de vectores y roedores transmisores de enfermedades, aumento de la posibilidad de viveros y jardines en zonas urbanas o poblaciones en proceso de crecimiento, aumento de la oferta de abonos orgánicos, hábitos para la conciencia ambiental, generación de empleo por operación y administración, integración con los programas de agricultura urbana y seguridad alimentaria con el compost producido, promoción de la producción más limpia.

Proyecciones de Generación y Gestión de los Residuos Sólidos con dinámica de Sistemas: es una herramienta de modelado y simulación que permite representar sistemas y simular sus comportamientos pasados y futuros, lo que permitirá materializar una planeación que integre todas las variables necesarias, tanto cualitativas como cuantitativas para favorecer la visión en conjunto.

Análisis brecha: en aplicación de las directrices estatales que establecen cómo abordar el ejercicio de planificación en la elaboración del los PGIRS, se realizó un análisis brecha con participación de todo el equipo interdisciplinario conformado para la elaboración del PGIRS Regional; a partir de la lectura colectiva del diagnóstico regional y su vínculo sistemático con referentes normativos, estado del arte y deber ser de la gestión integral de todos los tipos de residuos en sus diferentes componentes.

El plan: se articulan una gama de programas y proyectos, que constituyan una transcripción de los grandes objetivos y permitan su instrumentación dentro de quehacer de la gestión pública ambiental y participativa.

Plan financiero y viable: esta parte plantea los costos de cada uno de los programas y proyectos establecidos en el plan.

Fuentes de financiación: deben ser los aportes realizados por las entidades involucradas y beneficiadas por el Plan, y no solamente por las empresas de aseo. Por lo que se presentan diversas fuentes de financiación y apalancamiento de recursos.

Plan de contingencias: está soportado en un panorama determinado por las características biofísicas y sociales del área sobre la cuál se asienta el sistema de aseo, lo mismo que por las dinámicas individuales y colectivas que definen unas condiciones de vulnerabilidad y riesgo que se gestan en ese proceso de aprovechamiento y transformación de materias primas para el consumo, así como en el manejo de los residuos generados con posterioridad. Este está soportado en un inventario general de recursos para prevenir o atender emergencias generadas por el sistema de aseo, caracterización de los componentes del sistema de aseo y del territorio que lo alberga, identificación de amenazas y vulnerabilidades relacionadas con el sistema y la prestación del servicio, diseño de acciones para intervenir los factores de vulnerabilidad y los riesgos identificados, viabilizarían de acciones de prevención y mitigación en el antes.

Plan de seguimiento y control: se elaboró con tres (3) subsistemas básicos de control, los cuales son evaluación de resultados, control de procesos y proyectos, y dos instancias adicionales de control (evaluación expost y evaluación estratégica global).

Plan de medios: para lograr la difusión de algunos de los componentes estratégicos del PGIRS Regional, se diseñó, se editó y se reprodujo varias herramientas comunicacionales, las cuales constituyen un menú de trabajo para apoyar todo el proceso educativo y de formación, durante la fase de implementación del plan.

4.6.11 Educación Ambiental

Dentro del diagnóstico de la situación actual elaborada por la Política de de Gestión de Residuos⁵⁹ se encontró en el numeral 1.7 la falta de educación y de participación ciudadana en el manejo ambiental de los residuos, evidenciándose lo siguiente:

- Escasos conocimientos sobre la materia a nivel ciudadano, a pesar de la creciente sensibilización.
- La confusión de la opinión pública, que es beligerante con las soluciones ambientales del problema. Así, hay mayor oposición a la instalación de un depósito de seguridad, que a los vertidos incontrolados que contaminan aguas y suelos.
- Ausencia de responsabilidad de la comunidad frente a los problemas ambientales que se derivan del manejo inadecuado de los residuos que ella misma genera.
- Los esfuerzos de educación ambiental han sido dispersos y carentes de políticas claras, con respecto del contenido del mensaje y a quiénes va dirigido.
- El sistema universitario estatal no forma profesionales que se incorporen a las actividades de gestión de residuos.

"Lo que hizo necesario trabajar la Educación Ambiental para orientar y preparar a los diferentes grupos humanos desde sus dinámicas sociales, naturales y culturales para el manejo y prevención de los recursos naturales".⁶⁰

Esta debe considerarse como un proceso en permanente aprendizaje, que permite al individuo desarrollar y reafirmar sus valores para comprender la dinámica de su entorno como resultado de la interacción que se genera entre los aspectos biológicos, fisicoquímicos, sociales y culturales, para que adquiera herramientas y pueda actuar en forma individual y colectivamente en la toma de decisiones hacia el desarrollo sostenible, como parte de su ejercicio cotidiano y ciudadano.

Con la expedición del código de los recursos naturales y renovables y de protección del medio ambiente (1974) se incorporan algunas disposiciones relacionadas con la educación ambiental, las cuales solo hasta 1978 se reglamentaron en el decreto 1337 implementando la educación ambiental débilmente, puesto que la limita a cursos de ecología, la preservación ambiental y de recursos naturales y a jornadas ambientales en los planes educativos.

En desarrollo de los parámetros sobre educación ambiental esbozados en la Constitución de 1991, la Ley General de Educación (Ley 115 de 1994) y el Decreto 1743 de 1994 estipula que la educación ambiental sea área obligatoria en los planteles públicos y privados de la educación formal en los niveles preescolar, básica y media, institucionalizando proyectos ambientales escolares, trazando sus principios rectores asignando su responsabilidad a la comunidad educativa. Se establece también en este decreto la asesoría y apoyo institucional, la formación de docentes, el servicio social obligatorio y el servicio militar obligatorio en educación ambiental. Por otro lado la Ley 70 de 1993 incorpora la dimensión ambiental en los programas etnoeducativos.

Desde los ámbitos curriculares, se pretende con la educación ambiental profundizar en algunos conceptos teóricos-prácticos que den cuenta de la crisis ambiental por la que atraviesa el planeta en el momento, relacionando

⁵⁹ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Op. Cit: p.8.

⁶⁰ REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN. Educación Ambiental y Formación. En: Proyectos y Experiencias y Experiencias. España, Abril de 2008, p.12

el ecosistema y la cultura para que cada ser social reflexione , analice y busque alternativas de solución , propiciando a través del conocimiento de la educación ambiental una estrategia cultural que permita llevar a la práctica mecanismos ambientales , haciéndolos extensivos a diferentes contextos y escenarios, desde el hogar, la oficina, la universidad, con el fin de construir en conjunto una propuesta coherente y sostenible para el medio ambiente.

Desde las diferentes propuestas interdisciplinarias, se pretende que haya una participación de los diferentes actores sociales, educativos, interinstitucionales, con el fin de generar educación ambiental e ir más allá de la recolección y la separación para construir en conjunto un ideal viable en materia de gestión ambiental.

Es así como desde el Ministerio de Educación Nacional, se plantean unos mecanismos, estrategias y metodologías de trabajo, con un objetivo claro: promover un equipo interdisciplinario de trabajo, orientando así a las regiones en sus procesos educativos, pretendiendo formar nuevas ciudadanos y ciudadanas con ética y responsabilidad en materia ambiental.

"Lo importante para la Educación Ambiental y para sus propósitos es que las comunidades se apropien de sus proyectos y los inserten en sus planes de desarrollo y en sus propias dinámicas regionales..."⁶¹

La pregunta significativa en este aspecto sería como hacer que en la construcción de los planes de desarrollo se tenga en cuenta el contexto social, esos escenarios poblacionales tan diversos que tenemos y sus diferentes actores y que cada ciudadano sienta que es responsable de la generación de residuos y se cuestione que debe hacer con ellos, como minimizar esa cantidad que él mismo produce. Es aquí donde la educación ambiental tiene que entrar con un programa educativo ambiental que genere impacto reflexivo en la comunidad, ya que este es un problema transversal a todos los sectores.

La Educación Ambiental dentro del proceso de generación de una nueva cultura de participación en el manejo integral de los residuos

Como dice Parra⁶², es preciso considerar la educación ambiental como un elemento fundamental para la construcción de una nueva cultura participativa, la cuál se debe entender como un proceso de viva dinámica en el cuál deberán converger elementos como la concertación, la pedagogía, la multiplicidad e interacción de actores, voceros y abanderados, el ingenio y la creatividad, entre otros bajo un misma consigna "LA MUTUA RESPONSABILIDAD". Bajo éste marco conceptual el pensamiento y el accionar institucional establece en el presente las bases conceptuales y funcionales para articular éste proceso a proyectos como renovación curricular (proyectos ambientales escolares PRAES, motivados por la Ley 115 general de la educación y el decreto 1743). Ordenamiento ambiental de escuelas (Con el cuál se expande a zonas rurales) y el mismo programa sobre agricultura biológica, entre otros, a partir de los cuales se pretende la forma de una cultura participativa sobre el consumo y manejo responsable y racional de los residuos sólidos, con lo cuál se cimentará la aplicación de los postulados regionales, nacionales, universales sobre la aplicación de prácticas humanas hacia la minimización de la producción de residuos, el máximo aprovechamiento y primordialmente hacia el concepto NO BASURA.

Es justo en éste momento donde entra a jugar un papel importante la educación ambiental en torno al manejo adecuado de los residuos sólidos, buscando insertar en el imaginario de la población, minimizar el consumo indiscriminado, separar e la fuente y aprovechar los materiales que se permitan. Este es el primer paso e incluso el

⁶¹ REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN, Op. Cit., p5.

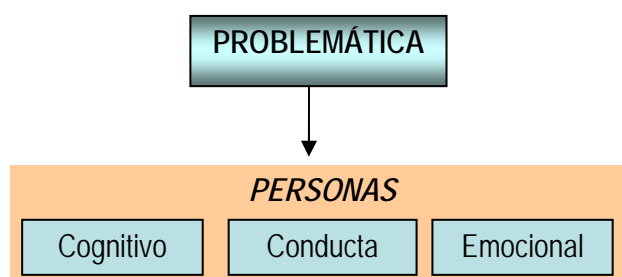
⁶² PARRA, Bedoya. Manejo Integral de los Residuos sólidos con participación comunitaria en el Oriente Antioqueño de Colombia. Cornare. Rionegro (Ant), 1998; p.6.

más importante para que la integralidad de procesos que comprenden la GIRS se lleven de una manera adecuada y en sostenibilidad con el medio ambiente.

Como instaurar herramientas pedagógicas en torno a la Gestión Integral de los Residuos Sólidos

Las propuestas pedagógicas como herramienta para la instauración de nuevas conductas son estratégicas en el desarrollo de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en las ciudades. Ahora bien, para lograr esto es necesario tener claridad respecto a la problemática, es decir de cuáles son las causas subyacentes a los síntomas (hábitos inadecuados en el manejo de los residuos sólidos), en dónde es que radica la esencia de la problemática y en esta medida que hay que mover en las personas en términos de conocimientos, creencias, comportamientos, habilidades y motivadores internos y externos.

Figura 10. Como introyectar buenos hábitos en torno a los residuos sólidos



Ampliando lo anterior, los contenidos pedagógicos a nivel de los conocimientos deben identificar previamente cual es el SABER QUE de las cosas, dado que este es el primer nivel del conocimiento, lo que le permite a los individuos interpretar su realidad con información de contexto.

Ahora bien, teniendo la información respecto a que es lo que deben saber las personas, en este caso particular de los residuos sólidos, se debe proceder a establecer, a nivel comportamental, las respuestas cotidianas clave que se deben instaurar en estas y que aseguran el inicio de la consolidación de los hábitos.

Finalmente, a nivel de lo emocional, es decir, de toma de conciencia y motivación intrínseca y extrínseca para que los contenidos pedagógicos sean efectivos debe dejarse claro que es lo que necesitan los individuos para reforzar y mantener las conductas apropiadas.

4.7 IMPACTOS AMBIENTALES

4.7.1 Impactos negativos por el mal manejo de los residuos orgánicos

Enfermedades provocadas por vectores sanitarios: existen varios vectores de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos orgánicos, esto debido a la composición de los mismos y a la "facilidad" en la descomposición de los mismos.

Contaminación de aguas: la disposición no apropiada de residuos orgánicos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.

Contaminación atmosférica: el olor generado por la descomposición y la acción microbiana representa las principales causa de contaminación atmosférica.

Contaminación de suelos: los suelos pueden ser alterados en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados (lixiviados) dejándolos inutilizada por largos periodos de tiempo o disponiéndolos indebidamente sobre el recurso.

Problemas paisajísticos y riesgo: la acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico y visual negativo, además de tener en algunos casos asociados un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes por la fácil producción de gases en la descomposición de los mismos.

Vectores: uno de los problemas más comunes encontrados por el mal manejo de una compostera, la proliferación de vectores (moscas, roedores y demás insectos). Pueden ser evitados a través del volteo frecuente de pilas de por lo menos 1 metro de alto y la realización e implementación de un programa para el control de vectores y plagas periódico por parte del operador de la planta. La utilización de trampas, control biológico, cintas con agar, son algunas de las opciones de manejo de ésta problemática.⁶³

Olores: la producción de olores es proporcional a la presión de vapor. La presión de vapor del medio aumenta hasta 10^3 veces al pasar la temperatura de 20 °C a 60 °C. Por lo tanto la única forma de evitar totalmente la producción de olores en el compostaje, sería evitando que la temperatura subiera. Sin embargo, la mayoría de los problemas por olores se deben a condiciones de reducción durante el proceso de descomposición. Si se maneja el sistema oxigenado es posible disminuir el mayor impacto en la producción de olores.⁶⁴

Ruido: el uso de maquinaria para la trituración, el cernido, el transporte, la ventilación, ocasionará en muchos casos, ruidos molestos. Esto afecta especialmente al personal de la planta y a la población de las cercanías.⁶⁵

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá⁶⁶, en el diseño de instrumentos económicos para la implementación del PGIRS Regional hace referencia a los impactos que genera el relleno sanitario La Pradera, los cuales se enmarcaran también en el emplazamiento de las plantas de transformación de residuos sólidos orgánicos. Dentro de los impactos más relevantes jerarquizados de acuerdo a la importancia se consideran:

- Contaminación ambiental (del agua por lixiviados y del aire por emisión de gases, material particulado y olores ofensivos) e incremento de aportes de CH₄ y CO₂ a la atmosfera.
- Danos acumulativos a la salud e incremento de la morbilidad por afecciones respiratorias.
- Surgimiento del efecto NIMBY, enmarcado en el rechazo de la afección personal por el proyecto, aunque éste sea útil y necesario para nuestro modelo de ciudad.
- Deterioro de las condiciones económicas por cambio de usos de la tierra, pérdida de productividad y depreciación de la propiedad del inmueble.
- Desplazamiento de moradores del área de influencia directa.

⁶³ SOTO, Gabriela. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Taller de Abonos Orgánicos. En: Abonos Orgánicos, el proceso del compostaje. Costa Rica, 3 y 4 marzo, 2003; p.18

⁶⁴ SOTO, Op. Cit; p.18.

⁶⁵ KEBEKUS, Frauke. Tratamiento Mecánico –Biológico de desechos?. En: Introducción y ayudas para la toma de decisiones relativas a su aplicación en países en desarrollo. Gestión de desechos & Gestión del medio ambiente. Alemania, 2000 Julio; p.19.

⁶⁶ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Diseño de instrumentos económicos para la implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional. Universidad de Antioquia. Medellín. Diciembre de 2007. P 20-21.

- Degradación ecosistémica por pérdida de suelo orgánico, deterioro de hábitats y de poblaciones florísticas y faunísticas.
- Deterioro de la calidad escénica y pérdida de amenidades del medio perceptual.

4.7.2 Impactos positivos

Conservación de recursos: el manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos orgánicos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales a través del compostaje.

Reciclaje: beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente en fines diferentes a los iniciales.

Recuperación de áreas: otros de los beneficios de disponer los residuos orgánicos en forma apropiada es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás).

Intercambio catiónico: El compostaje contribuye a la capacidad de intercambio catiónico del suelo, y, por ende en la retención de los nutrientes, su función como una fuente importante de nitrógeno y fósforo y su rol en el mantenimiento de la agregación, estructura física y retención del agua en el suelo⁶⁷.

Productividad: el compostaje mejora la productividad y la sostenibilidad de los agroecosistemas.

Disminución en niveles de contaminación: se disminuyen los niveles de contaminación que producen los residuos orgánicos por el proceso natural de descomposición, el mismo que genera gas metano, proliferación de vectores transmisores de enfermedades y roedores.⁶⁸

Aumento de producción en viveros: de Aumento las posibilidades de producción de viveros y jardines en zonas urbanas o poblaciones en proceso de crecimiento que no cuenten con terrenos fértiles para ello.

Aumento de oferta: se aumenta el nivel de la oferta de abonos orgánicos existentes para poblaciones rurales.

Conciencia ambiental: se crea una conciencia ambiental en la población en cuanto a los hábitos de separación de desechos en origen y la utilización que estos pueden tener.

Beneficio social con los recuperadores: en algunos municipios de país como Medellín, se estableció y se institucionalizó la Política Pública para el fomento de la recuperación de residuos sólidos, con un enfoque productivo y saludable, que permite la inclusión social, visibilización y dignificación de los recuperadores o recicladores.

Con el fin de garantizar y generar condiciones de inclusión y consideración en la sociedad de los recicladores y/o recuperadores, se establece: Aprovechamiento de los residuos sólidos con un enfoque productivo que favorezca la inclusión social y el apoyo y encadenamiento de las redes locales de reciclaje, mejoramiento de las condiciones sociales de quienes intervienen en las actividades relacionadas con el aprovechamiento de los residuos, educación

⁶⁷ MELENDEZ, Op. Cit: p.10

⁶⁸ CAMPOS, Margarita. Evaluación de los proyectos de compostaje en el Ecuador. Fundación Natura. Cepas. Quito, Marzo de 1998; p.7.

y participación ciudadana que favorezca el aprovechamiento de los residuos sólidos, responsabilidad social compartida pero diferenciada y reglamentación para el funcionamiento y localización de los sitios de compra y almacenamiento.

Lo cual favorece y dignifica las labores de recuperación de material, materializadas en una serie de beneficios que garantizan al recuperador una mejor calidad de vida; entre éstos está educación, inscripción al sisben, inclusión a los programas que tengan las demás secretarías (madres gestantes, buen comienzo, etc.) y aumento en el valor de venta del material siempre y cuando se haga en los sitios autorizados.

Aumento en la vida útil del relleno sanitario: aprovechar los materiales ya utilizados, bien sean orgánicos como inorgánicos disminuye la cantidad de basura dispuesta en los rellenos sanitarios. Acción que prolonga el tiempo de vida útil del mismo, minimizando posibles impactos sociales a largo plazo (consecución de lotes para emplazamiento de rellenos sanitarios).

Mejoramiento de los suelos: CAMPO⁶⁹, enuncia que la utilización de compost, permite en el suelo aumentar la disponibilidad favorable de nitrógeno para las plantas (pues la materia tiene una mayor relación C/N), disminuir la rapidez del flujo suplementario de sustancias nutritivas del suelo y por lo tanto mejorar la capacidad de crecimiento de las especies vegetales, contribuir mediante la utilización de abono orgánico, a la formación de humus permanente, aumentar la desintegración de sustancias difícilmente solubles y reducir los niveles de utilización de fertilizantes químicos nocivos.

4.8 COSTOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

4.8.1 Costos Económicos

A nivel mundial

De acuerdo a artículo adaptado en el VI congreso mundial de manejo integrado de recursos en Ginebra⁷⁰ el costo del compost producido por una planta de compostaje piloto en Bangalore, India, fue de US \$1.514 la tonelada (el equivalente en Colombia a \$2.725.200). El compost de peor calidad, hecho con residuos municipales mixtos en Bangalore, se vende a unos US \$30 el kilogramo (el equivalente en Colombia es de \$54.000). Es incluso que los granjeros ricos de la India, que cultivan productos rentables como flores y vegetales, no pueden pagar por el producto que venden las plantas de compostaje privadas.

Una consecuencia inevitable e importante del alto costo de los productos de compostaje es que las compañías productoras buscan clientes especiales: plantaciones, hoteles caros, canchas de golf y agricultores que cultivan productos de alto valor comercial. Las compañías exitosas encuentran sus mercados por medios de extensas redes, algunas con alcance internacional. A menos que algunos clientes especiales se encuentren muy cerca, es muy poco el compost que se vende localmente. De esta forma, el compost generado con residuos urbanos puede ayudar a los municipios a reducir la disposición de residuos, pero es una solución limitada para los agricultores urbanos y periurbanos que requieren materia orgánica.

⁶⁹ CAMPO, Op. Cit: 7.

⁷⁰ FUREDY, Christine. Revista AU. En: Residuos Orgánicos a bajo costo. Canadá .2002. p34-35

A nivel nacional

La dinámica de este sector ha demostrado que su comportamiento financiero no es fácilmente sostenible debido a problemas de oferta y demanda, asimetrías de información, informalidad en los procesos de producción, distorsión en los precios debido a costos asociados al transporte y en general porque la venta de los materiales aprovechables no es suficiente para sostener la actividad por sí misma, requiriendo apoyo estatal para el traslado de los recursos y la formulación de los proyectos para que así éstos deriven en plantas de aprovechamiento con exigentes esquemas de optimización de procesos los cuales aún no se perciben como viables en su totalidad, o por lo menos en el corto plazo.⁷¹

El siguiente análisis está soportado en la información consolidada de 26 plantas de transformación de residuos sólidos orgánicos del país que cuentan con información de ingresos y costos en el aprovechamiento. En la siguiente tabla se presenta la información de las plantas ubicadas en los municipios de Heliconia e Ibagué, pues por su tamaño, muy superior al de las demás plantas del país, y su operación mayoritariamente como relleno sanitario y marginalmente como planta de aprovechamiento, se distorsionarían los resultados.

Tabla 14. Ingresos y Costos Anuales

Ítem	Valor (\$)	Participación (%)
Ingresos Operacionales	1.674.610.152	100%
Venta de material aprovechable	531.219.288	32%
Tarifa del servicio de tratamiento y disposición final	1.143.390.864	68%
Costo de Venta y Gastos Administrativos	7.824.917.187	100%
Utilidad Operacional	(6.150.307.035)	
Otros Ingresos	2.966.578.692	100%
Aportes Municipales	2.966.578.692	100%
Otros gastos	26.016.000	100%
Gastos Financieros	26.016.000	100%
Utilidad Neta	(3.209.744.343)	

FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.33.

Los ingresos por venta de materiales aprovechables cubren únicamente el 7% de los costos de operación, los ingresos por tarifa del servicio de disposición final el 15% y los aportes municipales el 38%, quedando un déficit del 41% de los costos, que no se cubre con recursos de ninguna fuente.⁷²

Ingresos vs. Costos por planta: Como se observa a continuación los ingresos no cubren los costos de la actividad, excepto en las plantas de Castilla la Nueva, La Victoria, Chocontá, CIS El Guacal, Bioorgánicos del Centro y Caicedonia. Lo anterior, sin perder de vista además que en la mayoría de los casos la actividad no se está ejecutando de una manera óptima y eficiente, estando subvalorados los costos de operación.

En conclusión, dado que es difícil reducir los costos actuales, se evidencia un esquema de negocio altamente dependiente de los subsidios estatales y de las tarifas para poder subsistir.

⁷¹ CORREAL, Op. Cit., p27.

⁷² Ibid., p33.

Tabla 15. Relación de costos operacionales y venta de materiales.

Planta	venta materiales/costos operacionales (%)	tarifa/costos operacionales (%)	otros aportes/costos operacionales (%)	TOTAL
Castilla La Nueva	12%	24%	223%	259%
La Victoria	116%	69%	0%	185%
Chocontá	39%	0%	100%	139%
CIS El Guacal (Heliconia)	7%	110%	0%	117%
Biorgánicos del Centro (Garzón)	0%	0%	103%	103%
Caicedonia	0%	101%	0%	101%
Fómeque	26%	72%	0%	98%
Biorgánicos del Páez (La Plata)	5%	90%	0%	96%
Cajamarca	15%	0%	81%	96%
Biorgánicos del Sur (Pitalito)	91%	0%	0%	91%
Yacuanquer	0%	0%	89%	90%
Valle de San Juan	0%	7%	80%	87%
El Playón	13%	69%	0%	82%
Nocaima	36%	38%	0%	74%
Fosca	48%	23%	0%	70%
Pupiales	6%	17%	45%	67%
Versalles	22%	36%	0%	58%
Acacías	1%	36%	0%	37%
Ibagué	34%	0%	0%	34%
Carmen de Viboral	26%	5%	0%	31%
El Colegio	24%	0%	0%	24%
Garagoa	3%	9%	6%	18%
Santa María (Huila)	10%	0%	0%	10%
Santa María (Boyacá)	8%	0%	0%	8%
Suratá	6%	0%	0%	6%
El Santuario	5%	0%	0%	5%

FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.35.

De acuerdo con el informe emitido por CORREAL⁷³, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en las seis (6) plantas donde los costos de operación se cubren con los ingresos, se tienen las siguientes particularidades:

- La Planta de **Castilla La Nueva**, corresponde a un sitio que cuenta con ingresos provenientes de las regalías del petróleo y cuyas actividades comerciales de productos aprovechables no tienen unos rendimientos buenos porque no se tiene el interés de mejorarlos. Sin los ingresos de regalías la relación para esta planta estaría por debajo del equilibrio.
- La Planta de **La Victoria**, es un sitio que ha contado con inversión de la CVC, apoyo y asesoría técnica de una ONG y sin embargo tiene un valor de cero por costos de mano de obra. Esto se debe a que no existe vínculo laboral con quienes operan la planta. Se cuenta con recicladores informales a quienes se les dio permiso de aprovechar residuos en el lugar a cambio de enterrar los inservibles y los cuales tienen como única ganancia la venta de los aprovechables. No tienen sueldo, prestaciones y mucho menos condiciones apropiadas de seguridad industrial y salud ocupacional. Esta planta presenta uno de los valores ingresos/costos más altos y es principalmente por un incumplimiento grande en lo relacionado con legislación laboral. Existe ahorro total en nómina operativa. Por lo anterior, aparentemente se ve que los ingresos por ventas de materiales cubren los costos de operación, sin embargo la razón de esto es que éstos últimos no están completamente registrados.
- La planta de **Heliconia**, corresponde a un sitio que incluye un relleno sanitario grande de carácter regional y manejado por una empresa privada. La relación superior se debe a que la empresa incluyó en el ingreso correspondiente a tarifas. La venta de los materiales le cubre únicamente el 7% de sus costos.

⁷³CORREAL, Op. Cit., 35-36.

- La Planta de **Caicedonia** no hace separación de reciclables y sólo realiza lombricultura de residuos recolectados selectivamente desde la fuente. El humus producido no es vendido por lo que no se cuenta con ningún ingreso por aprovechables. Todas las entradas de dinero provienen del cobro de tarifas y se ha logrado equilibrar el costo de mano de obra (no se invierte en separación, no se trabaja todos los días). Si se implementaran todas las labores propias de una planta de aprovechamiento como separación de todos los aprovechables, probablemente la relación ingresos/costos estaría por debajo del equilibrio.
- La planta de **Biorgánicos del Centro** (Garzón) sus ingresos provienen netamente del municipio, es decir que no se está realizando comercialización de materiales aprovechables ni cobro de tarifa.
- PTRS de **Chocontá** la cual no corre con los costos de mano de obra que debería tener por utilizar recicladores informales en sus actividades y sus ingresos provienen mayoritariamente de aportes municipales.

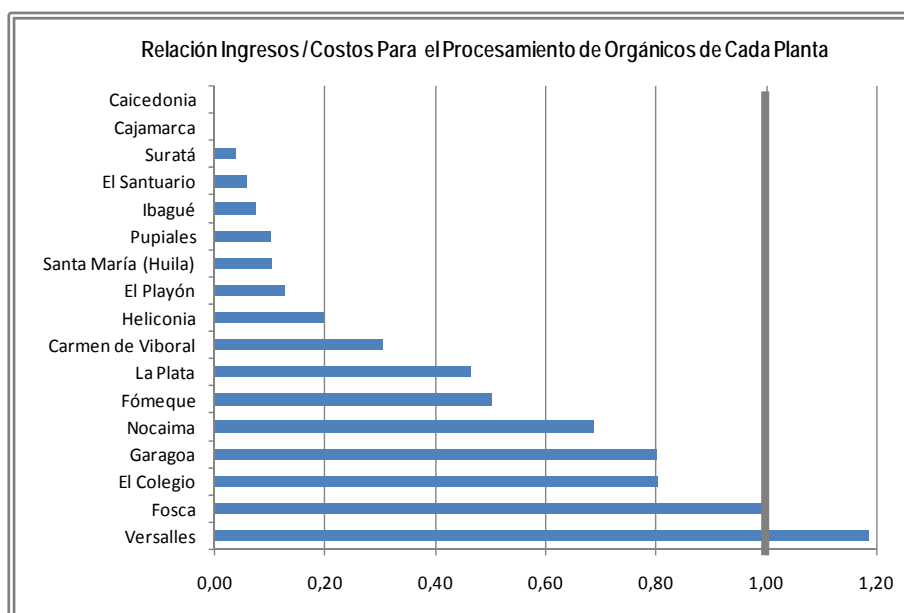
Ingresos vs. Costos por planta por la actividad de aprovechamiento de residuos orgánicos: Igualmente la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios analizando los ingresos y costos de la actividad de transformación de residuos orgánicos, de acuerdo con la información recopilada de las 30 plantas, el proceso de aprovechamiento de residuos orgánicos por sí sólo no constituye un negocio del que los operadores estén obteniendo ganancias, lo cual se ve además reflejado en que ni siquiera se destinan los recursos para cubrir los costos y gastos de operación que garanticen el cumplimiento de las obligaciones técnicas, operativas, legales, administrativas y ambientales.

En el 94% de los casos ni siquiera se alcanza el equilibrio (ingresos / costos =1) entre los costos, gastos e ingresos, con dos excepciones:

- La planta del municipio de **Fosca**, que cuenta con una recepción de orgánicos del 98% y recolección selectiva, lo cual le reduce costos de separación, así mismo no cuenta con celda de disposición final sino que transporta los inservibles al relleno sanitario de Doña Juana en Bogotá. Esto no lo realiza directamente sino utilizando el servicio de recolección del municipio de Cáqueza (vecino) a quien le paga la actividad. Esta planta alcanza el equilibrio a pesar de tener un rendimiento de venta de sólo el 37.5%. todos los procesos son manuales y no existe maquinaria que consuma energía y a la que sea necesario realizar mantenimiento. Esta planta podría tener utilidades del proceso si incrementara su rendimiento de venta.
- La planta del municipio de **Versalles**, que actualmente cuenta con condiciones atípicas pues está vendiendo cantidades de compost que tenía acumuladas desde antes de entrar a ser administrada por la empresa actual, cantidades que no constituyen la producción típica de acuerdo a la capacidad de la planta. Este caso tendría que mirarse más a fondo.

En el gráfico siguiente se presenta la relación ingresos / costos para el proceso de transformación de orgánicos.

Gráfica 14. Relación Ingresos/costos para el procesamiento de orgánicos de cada planta



FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.37.

Participación de compost en los Ingresos – consolidado: de las 22 plantas que venden materiales aprovechables, se encontró que los ingresos provienen significativamente de la comercialización del compost (27%)

Tabla 16. Porcentaje de ingresos por venta de compost

Material	Ingresos por material / Ingresos por venta de compost (%)
Compost	27%

FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.38.

Costos y Gastos: de acuerdo con el informe realizado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, se relacionan a continuación los costos y gastos de las plantas de transformación de residuos sólidos en el país.

A continuación se muestra la composición de los costos tenidos en cuenta para este análisis, según CORREAL⁷⁴:

⁷⁴ Ibid., p41-42.

Tabla 17. Costos operacionales de las plantas de transformación de residuos sólidos

Total Costos Operacionales Plantas	\$9.681.015.963	100,00%
Mano de Obra (personal operativo)	\$6.433.556.520	66,46%
Personal Administrativo	\$875.212.632	9,04%
Servicios Públicos	\$73.937.160	0,76%
Dotación	\$232.849.616	2,41%
Insumos	\$787.313.028	8,13%
Mantenimiento	\$1.079.630.227	11,15%
Depreciación (reposición de equipos)	\$63.213.300	0,65%
Servicio Público de Energía	\$135.303.480	1,40%
Otros Gastos	\$410.016.000	100,00%
Gastos Financieros (intereses de préstamo y amortización a capital)	\$410.016.000	

- Los costos de mano de obra constituyen el mayor porcentaje (66.46%) dentro de la composición de los costos operacionales, cabe resaltar que este valor no representa el total de la mano de obra que realmente se emplea para la operación de las plantas, debido a que en muchos casos los operarios no son contratados cumpliendo con todos los requisitos de Ley (prestaciones sociales), algunos operarios son contratados por jornales y otros ni siquiera son pagos ya que corresponden a recicladores informales a los que se les permite trabajar por su cuenta dentro de las plantas.
- Los costos de personal administrativo (9,04%) están asociados al personal que en las plantas de carácter municipal delegan para la administración y/o supervisión de los procesos y corresponden generalmente a una o dos personas por planta.
- Los costos de servicios públicos (agua) presentan un porcentaje de participación bajo (0,76%) el cual no representa el costo real del uso del agua en las Plantas. Lo anterior debido a que la mayoría de las Plantas son municipales y prestan el servicio de acueducto, dándoles la posibilidad de no cobrar por el agua utilizada.
- Los costos de dotación (2,41%) involucran los uniformes y equipos necesarios para la adecuada y segura realización de las labores por parte del personal operativo. Este valor está muy por debajo de los costos reales ya que como se explico en los costos de mano de obra existe personal operando en las plantas que no está contratado legalmente y así lo esté no se le suministra la dotación respectiva y tampoco existe los programas de seguridad industrial y salud ocupacional de acuerdo a la labor realizada.
- Los costos de insumos (8,13%) comprenden los insumos utilizados principalmente en el compostaje y lombricultura como microorganismos para acelerar el proceso, levadura, repuestos para las máquinas del picado de orgánicos, aceites lubricantes entre otros.
- Los costos de mantenimiento (11,15%) en su mayoría corresponden a las Plantas más grandes y con procesos de separación mecánica, ya que en las Plantas de menor tamaño los procesos son prácticamente manuales.
- Los costos de Depreciación (0,65%) presentan la participación más baja dentro de los costos operacionales debido a que solo siete de las 27 Plantas analizadas reportan un valor de depreciación y adicionalmente la reposición de equipos no se está realizando, lo que se pudo corroborar en las visitas ya que se encontraron equipos dañados y abandonados y equipos obsoletos que no fueron reemplazados, afectando la ejecución de los procesos.

- Los costos de energía (1,40%) están asociados a los procesos de pre tratamiento principalmente el aglutinado de bolsas plásticas, el picado de orgánicos y el proceso de separación mecánica.
- Los gastos financieros fueron reportados solamente por cuatro Plantas, de las cuales El Guacal cuenta con la mayor participación en estos gastos con aproximadamente \$384.000.000 al año, esto en parte se puede explicar ya que la mayoría de las Plantas han contado con inversiones iniciales propias o de otras entidades, por lo que no han visto la necesidad de endeudamiento. Por otro lado, la mayoría de las Plantas presentando márgenes operacionales deficitarios no han recurrido al sector financiero.

En general la estructura de costos de las Plantas de Aprovechamiento está subvalorada ya que como se evidencia la mayoría de estos sitios no contemplan los costos legales mínimos, en lo que concierne a contratación laboral, salud ocupacional, seguridad industrial, reposición y mantenimiento de equipos principalmente.

Alternativas para implementar el artículo 17 de la Resolución 351 de 2005

El artículo 17 de la Resolución 351 de 2005⁷⁵, concerniente a la metodología tarifaria para el cobro del servicio de aseo, aparece como un mecanismo para incentivar actividades de aprovechamiento dentro de las empresas prestadoras de dicho servicio. Ello porque, a partir de la autorización del cobro de un valor adicional por tonelada aprovechada y del mantenimiento de los costos relacionados con el transporte en tramo excedente para la actividad de disposición final, se estimulan tales actividades. Este artículo no considera el incentivo a aquellas actividades de aprovechamiento que estén realizando agentes económicos distintos a las empresas constituidas para la prestación del servicio de aseo. Sin embargo, como bien se expresa en un documento de la CRA publicado en su website, sobre la resolución en cuestión, es posible que agentes no amparados bajo ésta figura legal puedan hacerse partícipes de los recursos otorgados por el incentivo a través del establecimiento de acuerdos con las empresas prestadoras del servicio de aseo.

La situación actual del manejo de los residuos muestra que el aprovechamiento aún no es rentable en todas sus dimensiones, sin importar qué agente, empresa del servicio de aseo o transformador externo lo desarrolle como actividad económica incluso, si se considera la utilización de los beneficios proveídos por el artículo referenciado. En el artículo debe tenerse en cuenta éste problema y abordarse en función de cuál es el agente más idóneo para realizar la actividad de aprovechamiento, si se busca ubicarlo en un contexto de eficiencia económica y en el cometido de un acercamiento mayor al óptimo social. Esto significa entregar la actividad no solo para motivar a las empresas prestadoras del servicio de aseo, sino también para ayudar a resolver los fallos de mercado que se presentan en las relaciones generadas entre agentes externos. Y esto implica establecer el marco normativo que permita transferir los recursos, cuando se justifiquen, a esta clase de agentes.

Modalidad del incentivo

El incentivo se puede entregar en una suma líquida de dinero o en especie; es preferible considerar el valor económico en especie, traducidos en servicios que respondan a necesidades básicas insatisfechas o en derechos económicos, sociales y culturales.

⁷⁵ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Diseño de instrumentos económicos y financieros para la implementación del PGIRS Regional. Op. Cit., p.38.

4.8.2 Costos Ambientales

Como establece el PGIRS Regional⁷⁶ los proyectos relacionados con el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos no generan beneficios de rentabilidad (efectivo), los impactos que se logran con el desarrollo de los mismos se cuantifican para obtener un valor; para éste ejercicio se contemplan los beneficios ambientales y sociales en costos del servicio de aseo y el tratamiento de orgánicos, de acuerdo con las metas graduales establecidas para residuos residenciales en un escenario de 15 años.

Dentro de las consideraciones conceptuales no contempladas en la Resolución 1045 de 2003, están las relativas a los ahorros que se deben generar a partir de algunos programas y proyectos del Plan, como los de aprovechamiento de residuos reciclables y orgánicos, los cuales permiten hacer visibles las ganancias o INGRESOS, en lo económico, lo social y lo ambiental, cuando se desvían cantidades determinadas de residuos, del flujo de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final y se reincorporan a las cadenas productivas manufactureras o del sector agrícola.

Se considera que esta visión permite asimilar a viabilidad financiera del Plan de una manera distinta, una vez son estimados los costos de intervención de los proyectos y programas concebidos, ya que de otra forma se corre el riesgo que bajo una interpretación rentista de los PGIRS, se puedan concluir, en casi todos los casos, que estos no son viables, ya que los retornos económicos medidos convencionalmente, no serían atractivos para soportar políticamente las decisiones del gobernante, especialmente cuando se tienen garantizadas coberturas en zonas urbanas cercanas al 100% en recolección y disposición final, según la información de los PGIRS Municipales.

La interpretación de donde se hacen los ahorros de manera tangible, permite examinar en función del actor, cuando se calcula que capta en cada caso de los valores económicos generados en la cadena. Para efectos del análisis, se toma como referencia un escenario conservador, ya que sólo se han incluido en los cálculos los potenciales aprovechables de los residuos residenciales, que son meta del Plan: 30% de reciclables y 15% de orgánicos, en una proyección de 15 años.

El tema de la propuesta metodológica se aborda con mayor detalle y explicación, con base en los desarrollos conceptuales y metodológicos de valoración de Sepúlveda, quien basa parte de ellos, en trabajos del investigador Calderón (2003), en el estado de San Pablo Brasil. En síntesis los ahorros o ingresos que generan en la región para diferentes actores se expresan a través de la siguiente ecuación:

$$G = V - C + (CRT + CDT) + W + H + EM + CGAR + D$$

Donde:

G: Es saldo de ahorros que se obtiene con el reciclaje. El puede ser positivo o negativo.

V: Es el valor de los residuos recuperador y tiene signo positivo en función de quién vende o compra. Es positivo para el reciclador que vende y negativo para el bodeguero que compra.

C: Costos incurridos en el proceso de reciclaje (recolección, selección, beneficio – compactación, lavado, molidos y transporte).

CRT: Costos de recolección y transporte (\$73.379/ton – CRA, Agosto de 2005).

⁷⁶ AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. PGIRS Regional. Resumen Ejecutivo. Op. Cit p42-43.

CDT: Costos de disposición final y tratamiento (\$ 15.056/ton – CRA, Agosto de 2005).

W: Ahorro de consumos de energía en los procesos productivos del cartón, papel, vidrio, plástico de 3500 kWh, 600 kWh y 5.300 kWh; respectivamente, según estándares internacionales a un costo de US\$ 0.06. Estos ahorros por tonelada.

H: Consumo de agua en m³.

EM: Costo de generar un empleo.

CGAR: Costos de gestión ambiental de los impactos remanentes.

D: Otros ahorros y beneficios de mayor dificultad de medición, como la mayor vida útil de los equipos, menores costos de salud, menor cantidad de emisiones atmosféricas de monóxido de carbono (CO) y material particulado (MP), menor Demanda Bioquímica de oxígeno – DBO-, entre otros.

Con base en éstas consideraciones metodológicas, en las cifras adaptadas para la región y el país por Sepúlveda y las proyecciones de residuos y sus aprovechamientos descritos en la Tabla 18, se utilizó la ecuación de Calderoni, para realizar los cálculos de ahorros (ingresos) que se reportan en la Tabla 19 en la que se evidencian los beneficios agregados en 15 años de lograrse las metas que se tienen fijadas para el Plan, en materia e aprovechamiento del 30% de reciclables y tratamiento del 15% de orgánicos en todo el periodo.

Tabla 18. Beneficios de la gestión del Plan en los residuos Residenciales (metas)

AÑO	GENERACIÓN RS AREA METROPOLITANA	RECICLAJE CON RECICLADORES		RS TRANSFORMADOS BIOLÓGICA		DF CON APROVECHAMIENTO	ENERGÍA	EMPLEOS
	Ton/año	Ton/año	%	Ton/año	%	Ton/año	Kwh	
2005	553.117	69.140	12,5%	5.531	1%	478.447	38.718	5.700
2006	560.763	80.610	14,4%	6.014	1,1%	474.116	45.141	5.712
2007	569.480	93.977	16,5%	7.195	1,3%	467.259	52.627	5.724
2008	576.270	109.554	19,0%	8.532	1,5%	458.106	61.350	5.736
2009	584.133	127.707	21,9%	10.658	1,8%	445.644	71.516	5.749
2010	592.072	148.859	25,1%	13.653	2,3%	429.370	83.361	5.761
2011	600.087	153.137	25,5%	18.383	3,1%	428.270	85.757	5.774
2012	608.179	157.530	25,9%	23.539	3,9%	426.698	88.217	5.787
2013	616.350	162.041	26,3%	31.288	5,1%	422.434	90.743	5.799
2014	624.600	166.673	26,7%	39.856	6,4%	417.305	93.337	5.812
2015	632.932	171.430	27,1%	50.045	7,9%	410.487	96.001	5.826
2016	641.345	176.314	27,5%	60.754	9,5%	403.094	98.736	5.839
2017	649.841	181.330	27,9%	71.691	11,0%	395.325	101.545	5.852
2018	658.421	186.480	28,3%	81.947	12,4%	388.109	104.429	5.866
2019	667.087	191.768	28,7%	90.770	13,6%	382.330	107.390	5.879
2020	675.840	197.198	29,2%	98.433	14,6%	377.702	110.431	5.893

FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. En: Resumen Ejecutivo 2005 – 2020. Ideografic Ltda. Medellín, Abril de 2006, p.43

De acuerdo a un balance conservador, si se tiene en cuenta que sólo se ha valorado los beneficios del potencial aprovechable de los residuos residenciales, los beneficios integrales valorados económicamente alcanzan en 15 años, un valor de \$ 810.000 millones de pesos, equivalente a 7 veces el valor estimado de todos los proyectos del Plan para el mismo período (\$115.600 millones) como se muestra en la *Tabla 19*

Tabla 19. Ahorros totales generados por los beneficios del Plan.

AÑO	AHORROS PARA LS ESPAS CRT – CDT (\$/TON)	AHORROS SECTORES PRODUCTIVOS ENERGÍA (\$/KwH)	GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL EMPLEO Y M ³ NO OCUPADOS EN RELLENO (\$)	AHORRO TOTAL
2005	0	0	0	0
2006	7.662.620.434	16.231.945.559	5.193.198.268	41.400.287.551
2007	8.951.427.657	18.923.622.843	5.257.606.060	48.075.152.103
2008	10.449.821.592	22.060.369.505	5.323.648.188	55.849.769.150
2009	12.247.269.935	25.715.612.954	5.395.807.230	64.960.461.476
2010	14.388.561.001	29.974.868.154	5.474.656.408	75.623.047.599
2011	15.194.595.833	30.836.352.154	5.566.334.792	78.154.862.932
2012	16.049.311.235	31.720.967.922	5.661.587.929	80.781.650.499
2013	17.148.978.832	32.629.340.572	5.775.750.134	83.700.932.430
2014	18.332.154.856	33.562.106.571	5.896.183.836	86.752.538.177
2015	19.671.849.182	34.519.921.440	6.028.583.779	90.010.788.943
2016	21.069.730.910	35.503.455.163	6.165.246.233	93.378.694.086
2017	22.508.135.282	36.513.392.414	6.304.774.173	96.839.958.488
2018	23.905.099.239	37.550.446.150	6.440.743.225	100.314.045.301
2019	25.182.523.918	38.615.334.425	6.567.029.372	103.724.292.068
2020	26.365.770.291	39.708.807.337	6.685.598.958	107.097.560.337
TOTALES	259.127.850.197	464.066.543.203	87.737.748.585	810.931.141.985

FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. En: Resumen Ejecutivo 2005 – 2020. Ideografic Ltda. Medellín, Abril de 2006, p.44.

5. ANÁLISIS REFLEXIVO

Los RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (que son parte de los recursos finitos del planeta) una vez recolectados son dispuestos en basurales incontrolados a cielo abierto en la mayoría de los municipios de nuestro país; causando la proliferación de vectores capaces de transmitir no menos de medio centenar de enfermedades, sus lixiviados (producidos por lluvias, procesos de evapo - transpiración) provocan el envejecimiento de los acuíferos subterráneos y superficiales; afectadas las aguas se produce el ingreso al ciclo alimentario con lo cual aumenta la ocurrencia de enfermedades.

Bien es sabido que todas las actividades humanas crean efectos adversos sobre el medio ambiente, porque en el proceso de producción y reproducción de sus condiciones materiales de vida el hombre explora, transforma, almacena, distribuye, intercambia y consume bienes y servicios. Este consumismo indiscriminado conlleva a la generación de altas cantidades de residuos sólidos los cuales en su mayoría son orgánicos, que en muchas ocasiones son arrojados en el medio contaminándolo. Su mal manejo vuela infértiles a los suelos, contamina las aguas, el aire y afecta la salud pública.

Estas externalidades se traducen en una transferencia de costos de los responsables de los procesos contaminantes que es aún un alto porcentaje de la población. No existen a la vista, señales dirigidas a asumirlos dado que ese hecho debe instalarse en los mecanismos de fijación de precios. Y nada indica que hayan sido internalizados... es decir incorporadas a la **rentabilidad** que separa al **"costo del beneficio"**.

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos no se debe seguir viendo como un proceso aislado, pues debe ser integrado con las empresas que prestan el servicio público de aseo, así se genera más cultura y convicción del usuario con relación al ambiente. De igual medida se debe materializar el mecanismo para incentivar actividades como éstas no solo a los operadores sino también a los transformadores externos que realizan ésta actividad para la inserción de nuevos productos limpios en cadenas productivas. Es también de suma importancia empezar a estimular la compensación por parte de los operadores, a los entes o personas que contribuyan con el mejoramiento del ambiente, aprovechando los residuos, debido a que se minimiza la disposición en el relleno sanitario y se aumenta la vida útil del mismo. Estos incentivos económicos, tributarios o compensaciones no se han realizado en la actualidad, caso que se atribuye a la debilidad institucional, falta de integración entre los actores involucrados e incipiente legislación en materia de incentivos en cabeza del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En consecuencia, la falta de un organismo rector líder afecta la disponibilidad de recursos, los procesos de información y la cobertura de servicios haciéndose visible la deficiencia administrativa por parte del Estado como ente normativo y fiscalizador.

Es claro que en nuestro país existen más de 33 plantas donde se aprovechan residuos sólidos orgánicos urbanos y que el 90% no cumplen con la normatividad requerida para operar, debido a la falta de planificación y a la inexistencia a largo plazo de planes operativos, financieros y ambientales tanto nivel nacional como departamental. La legislación es incompleta y ambigua respecto al ámbito de competencia de las instancias administrativas involucradas y es incompatible con las situaciones económicas, sociales y culturales imperantes.

Se ve también que hay falta de recurso humano capacitado y calificado en todos los niveles de la operación de éstas plantas, lo que apunta a la maximización de impactos ambientales negativos durante la operación. Es claro que los costos operativos vs los ingresos por producción de material generan inviabilidad en la cadena productiva lo que ha causado la terminación de procesos iniciados, dejando muchas veces la infraestructura construida y subutilizada. Este desequilibrio económico no permite que emerjan las potencialidades ambientales favorables con relación al proceso, pues el imaginario del individuo, siempre le reclama más al reciclaje de materiales: se le exige

que entregue rentabilidad cuando hasta poco, las materias recobradas solamente contaminaban; por ello es que la aspiración a que sea un negocio en sí mismo debe ceder ante la necesidad inicial de dar paso a una modalidad de racionalizar la gestión municipal de los residuos.

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos) se consolida como una opción, capaz de reducir las erogaciones y costos operativos propios de la recolección y disposición final (incluidos los rellenos sanitarios) por los que se pagan valores altísimos, por lo que se debe compensar, el compostaje, además de otorgarle un impacto positivo al ambiente e impulso adicional a la agricultura orgánica los productores agropecuarios conocen que la relación entre el contenido de materia orgánica del suelo, aumento de la porosidad y retención de la humedad elevan la fertilidad potencial de las zonas dedicadas a la siembra. Este producto es un acondicionador físico que mejora la estructura del suelo porque aporta nutrientes necesarios para la reforestación paliando los efectos de la erosión ya sea de origen hídrica o eólica y la desertización.

Todas las anteriores bondades del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos van ligadas a un sin número de procesos que dificultan la actividad en nuestro País como se mencionó anteriormente, partimos de que la normatividad existente en materia de residuos sólidos orgánicos es extensa y ambigua y los entes encargados de hacerla cumplir, no tienen la capacidad instalada para realizar monitoreo y control en cada una de las localidades donde se realiza éste proceso. Es así también que no se ha creado una sensibilidad en el habitante Colombiano de la no basura y que es relativamente joven la introyección de ésta nueva cultura en nuestro país. Es claro que para que esto funcione se deben involucrar diferentes actores sociales, educativos, interinstitucionales, con el fin de fortalecer educación ambiental e ir más allá de la recolección y la separación para construir en conjunto un ideal viable en materia de gestión ambiental.

En Colombia se logra identificar el proceso educativo como uno de los más renuentes a ser aceptados por parte de las comunidades educativas dentro de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, debido a la dificultad para liderar procesos de concientización frente al aprovechamiento del material orgánico. Este proceso debe ser continuo para lograr la eficiencia y sostenibilidad en el tiempo, por esto se requiere un apoyo constante de la municipalidad, la autoridad ambiental la academia y demás entidades que velan por el mejoramiento del ambiente.

La actividad primordial para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos es la separación en la fuente, aspecto que no se ha desarrollado totalmente a pesar de estar incluido en los programas de los PGIRS de la mayoría de las municipios, haciendo esto difícil la aplicación de las técnicas de aprovechamiento y cuando es el caso de posibilitarse arrojando productos no inocuos, causando alteraciones en la cadena alimenticia.

No existe en Colombia un acondicionador de suelos producido con residuos sólidos orgánicos urbanos que sea certificado por el ICA, y muchos de los lugares que los producen los venden sin tener análisis de calidad de los mismos generando aplicaciones en el suelo que afectarán las plantas y a un periodo más largo el hombre.

Para concluir la protección del ambiente en materia de residuos sólidos tiene limitaciones de orden institucional, de legislación ambiental, financieros y sobre todo de vigilancia para el cumplimiento de las regulaciones. Por otra parte, las políticas para reducir la generación de residuos municipales, aun no han dado resultados significativos igual que la aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos, las cuales resultan ser costosas. No se ha encontrado viabilidad financiera que haga sostenible el proceso solo con la actividad de aprovechamiento, por lo que se concluye que éste proceso es aún incipiente en nuestro país.

6. CONCLUSIONES

- Se identificaron ocho (8) categorías de análisis, las cuales contienen la información más relevante a cerca del tema, las cuáles fueron: los residuos sólidos y su clasificación, generación de los residuos sólidos orgánicos, aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, experiencias sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos, normatividad, la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, impactos ambientales y costos ambientales y económicos. Éstas se definieron con el objeto de congregar la información en el documento de una forma precisa y clara partiendo de una temporalidad y localidad que precisaron la investigación documental.
- Se realizó una fase heurística donde se procedió a la búsqueda y recopilación de las fuentes de información relacionadas con las categorías de análisis identificadas. Las fuentes fueron de diferente naturaleza, tales como: monografías, trabajos de grado, revistas, artículos, documentos privados, investigaciones aplicadas, filmaciones, entre otros. Posterior al rastreo bibliográfico se pasó a una fase hermenéutica donde cada una de las fuentes investigadas se leyó, se analizó, se interpretó y se clasificó de acuerdo a su importancia; luego se sistematizó la información bibliográfica acopiada en una matriz que contenía todos los conceptos necesarios para proceder al desarrollo del estado del arte.
- Se construyó un estado del arte sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia en los últimos 10 años, a partir del cual se realizó un análisis crítico y reflexivo que contiene puntos de convergencia enmarcados en todo el proceso, partiendo de la generación hasta llegar a la transformación del residuo y su rearticulación a la cadena productiva, dentro de los puntos más relevantes se encontró:
 - El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos es una actividad deseable desde el punto de vista ambiental, siempre y cuando se realice adecuadamente, ésta no es rentable ni obligatoria para todas las ciudades. De acuerdo con las normas vigentes (Decreto 1713 de 2002), la actividad de aprovechamiento no es de carácter obligatorio, únicamente aquellos municipios de más de 8000 usuarios están obligados a realizar análisis de viabilidad de proyectos de aprovechamiento, y en aquellos casos en que dichos análisis demuestren ser sostenibles económica y financieramente, el municipio estará en la obligación de promoverlos.
 - Las plantas de aprovechamiento no son sostenibles desde el punto de vista financiero, debido a que no se tiene en cuenta los costos de ahorro. Los ingresos obtenidos, incluidos los aportes municipales cubren el 65% de los costos operacionales, quedando un déficit del 35%. Los aportes municipales representan el 29% de los costos, mientras que los ingresos operacionales (conformados por la venta de los residuos aprovechables y la tarifa del servicio de disposición final) cubren en promedio el 36% de los costos.
 - De acuerdo con la visita realizada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, ninguna de las plantas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en nuestro país, cumple con todas las normas técnicas y operativas previstas en el Decreto 1713 de 2002 y la Resolución 1096 de 2000.
 - Los proyectos para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia son descentralizados, en los cuales existe la participación de ONG, universidades, la empresa privada, los municipios y las organizaciones comunitarias; sin embargo las generalizadas condiciones existentes sobre la Gestión para el manejo de residuos, impide que los proyectos tengan mejores resultados y un mayor impacto.

- El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia se enmarca en un alto porcentaje en la producción de compost y humus, siguiéndolo en un rango más bajo la producción de gas y de biocombustibles, caso que se atribuye a el bajo nivel tecnológico para la aplicación de éstas técnicas bajo el cumplimiento de la normatividad.

- No existe un marco legal nacional e institucional para el manejo de residuos sólidos orgánicos urbanos que asegure la participación de todos los actores en el proceso. Los proyectos que cuentan con el apoyo municipal tienen inconvenientes con la organización interna de los municipios, la burocracia en algunos casos intereses políticos.

- Los factores claves que influyen en el logro efectivo de programas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos son: participación efectiva de todos los actores que intervienen en el proceso, apoyo e intervención directa de las Municipalidades como instituciones activas de recolección, transporte, gestión y control de los proyectos, planificación del proceso con una clara visión de los objetivos y los logros a obtenerse a corto y largo plazo, estudios de factibilidad, diseños previos que establezcan estrategias que permitan una mayor permanencia temporal del proyecto en la comunidad ,educación y capacitación interna y externa al proyecto.

7. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a la revisión bibliográfica en las experiencias realizadas en el país, se observa una escasez de normas técnicas para el desarrollo de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos, por lo cual se recomienda a los entes de Gobierno Nacional evaluar la posibilidad de fortalecer estas normas, de manera que se den mejores pautas para la construcción y operación de estos sitios.
- Generar programas que fortalezcan el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia como mecanismo para incrementar los ingresos económicos, a la vez que se está contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente.
- Buscar mecanismos prácticos y viables para desarrollar programas que involucren los diferentes actores ciudadanos en la construcción de la cultura del aprovechamiento y de no "basura".

BIBLIOGRAFÍA

ACURIO, Guido. Diagnóstico de la situación de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washinton: Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, 1997. s.p.

AGUDELO, Luís. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá. En: Anexos expertos Visión Regional. Subdirección de comunicaciones Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Marzo de 2006; p.5-6.

AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Diseño de instrumentos económicos para la implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional. Universidad de Antioquia. Medellín. Diciembre de 2007. P 20-21.

_____. Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá – PGIRS regional. En: Diagnóstico. Subdirección de comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Marzo 15 de 2006, p.99-102.

_____. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional. En: Resumen ejecutivo. Ideografic Ltda. Medellín. Abril 2006. P 3-44.

_____. Plan maestro para la gestión integral de residuos en el Valle de Aburra 2001-2003. Citado por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.41-42.

_____. Presentación sobre procesos de planeación. En: Programa de residuos. El Área. Medellín, marzo 18 de 2005; p.37.

ARROYAVE S., M.; VAHOS M., D. Evaluación del proceso de compostaje producido en un tanque bio reactor piloto por medio de bioaumentación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 1999. s.p

ATLAS, Ronald M. y BARTHA, Richard. Ecología y microbiología ambiental. Madrid: Pearson Educacion, 2002. p. 469.

BOTERO, Ángela. EVAS –ENVIAMBIENTALES- S.A. E.S.P Calificación inicial. BRC Investor Services S.A, Bogotá, Mayo 25 de 2007, s.p.

CAMPOS, Margarita. Fundación Natura En: Evaluación de los proyectos de compostaje en el Ecuador. Repamar, Cepis, G.T.Z., Quito, Marzo de 1998, p. 45-46.

CASTILLO, Ríos. Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos. En: Revista Luna Azul. Manizales, 2007; s.p.

CORANTIOQUIA: En línea <http://www.corantioquia.gov.co> [Consulta: 23 de Abril de 2007]

CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.1, 3.

COYNE, Mark. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Citado por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.67.

DANTE, Flores: Guía No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito, Guía No. 2 (Marzo. 2001); p.10.

DEPARTAMENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS. Ayuntamiento de Madrid [En línea] Madrid, 2008. <www.munimadrid.es> [Consulta Agosto 1 de 2008].

DIAZ, et al. Tomado de ATLAS, Ronald M. y BARTHA, Richard. Ecología y microbiología ambiental. Citado Por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.65, 73.

EMPRESAS VARIAS DE MEDELLÍN. E.S.P. SIAM5. En: Caracterización de residuos sólidos municipio de Medellín. Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipio de Medellín. Medellín, 2006; p.5.99.

FLORES, Dante. Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito Ecuador. Guía Práctica No.2. Marzo 2001; pág. 8-12.

FORTUNECITYS. Los residuos sólidos. Ingeniería ambiental y medio ambiente. Noviembre de 2000. [Sitio en internet]. <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html> [Consultado: 10 de noviembre de 2007].

FUREDY, Christine. Revista AU. En: Residuos Orgánicos a bajo costo. Canadá .2002. p.34-35

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana 5167 de 2004. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. Bogotá, D.C., Junio 15 de 2004, p.6.

Información remitida por los prestadores del servicio para el informe del Diagnóstico Sectorial Plantas de Aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.8.

JARAMILLO, Marisol. Primer simposio sobre biofábricas: Biología y aplicaciones de la célula cultivada. Medellín, Marzo, 2005, p. 3-7.

KEBEKUS, Frauke. Tratamiento Mecánico –Biológico de desechos?. En: Introducción y ayudas para la toma de decisiones relativas a su aplicación en países en desarrollo. Gestión de desechos & Gestión del medio ambiente. Alemania, 2000 Julio; p.19.

Manual para el manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de la Plaza Minorista José María Villa del Municipio de Medellín. Área Metropolitana, 2000, p. 23.

MADIGANT. Michael, et al. Biología de los microorganismos. Citado Por PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.66.

MARMOLEJO, R. En: Presentación Sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios en Colombia. Procuraduría delegada para asuntos agrarios. Cali, 2004, p.3.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, políticas y programas misionales, Biocombustibles, 2008 <<http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>> [Consulta 21 de Julio de 2008].

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Anexo de la resolución 1045. El Ministerio, 2003; s.p

_____, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental. Seminario sobre el aprovechamiento y manejo de los residuos sólidos. Manizales. Mayo 5. 2004. p. 3.

_____. Resolución 1045 de 2003. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones. Bogotá D.C., Septiembre de 2003, s.p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, Decreto 1713 (artículo 8). El ministerio. Santa Fé de Bogotá, Agosto 6 de 2002; p.5-6.

_____, Decreto 838 de 2005. En: Artículo 1. Definiciones. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Marzo 23 de 2005. [Sitio en internet]. http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto838_20050323.htm. [Consultado: 20 de Julio de 2008].

OSORIO, Ana Milena. Tesis de Grado propuesta de diseño y evaluación técnica y financiera de una planta de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de la central Mayorista de Antioquia. Medellín, 2000; p.16-18.

PARRA, Bedoya. Manejo Integral de los Residuos sólidos con participación comunitaria en el Oriente Antioqueño de Colombia. Cornare. Rionegro (Ant), 1998; p.6.

PUERTA ECHEVERRI, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.57.

Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sistemas de Aseo Urbano. Título F. Numeral F.1.4.3. Santa Fe de Bogotá. Julio de 1998. pF.17

REINOSO, Ely. ¿Qué hacer con los residuos sólidos? En: Icontec. Responsabilidad Social de las Empresas. Normas & Calidad No. 45. Bogotá: Icontec, 2000. p. 15.

RESTREPO, J. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de agricultores en Centro América y Brasil. OIT-CEDECO. Brasil, 1996; p.49.

REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN. Educación Ambiental y Formación. En: Proyectos y Experiencias: y Experiencias. España, Abril de 2008, p.12

RODRIGEZ, G. y Paniagua, J.J. Horticultura Orgánica. En: Una guía basada en la experiencia en laguna de Alfaro Ruíz, Fundación Guilombé. Costa Rica, 1994; p. 76.

RODRIGUEZ, Teresa. Biología de las lombrices de tierra. En: Técnicas de manejo para la producción de humus. España, 2003, p. 2

RYNK, R. On - Farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering service. Cooperative extension. New York, USA, 1992; p.186.

SANDOVAL, Leonardo. Programa Horizontal de tecnologías limpias y energías renovables de la Organización de Estados Americanos. En: Curso taller transferencia de tecnologías limpias para Pymes del sector de los residuos sólidos. Concytec. Panamá, Julio de 2006, p.20.

SASAKI, S. Informe de proyecto. En: La extensión del método orgánico para la agricultura en Alfaro Ruíz de Alajuela, Servido de voluntarios japoneses para la cooperación con los extranjeros, Costa Rica, 1991; p.28.

SEOÁNEZ M. Tratado de reciclado y recuperación de productos.de los residuos. Ediciones Mundi-Prensa. España, 2000. s.p

SOTO. Gabriela, El proyecto NOS de CATIE/GTZ, el centro de investigaciones agronómicas de la Unidad de Costa Rica de insumos agropecuarios no sintéticos. En: Taller de abonos orgánicos. Costa Rica, 3 y 4 de marzo de 2003, p.9.

TECNOCENCIA. Especial residuos. Disposición y manejo. Diciembre de 2002. Sitio en internet . <http://www.tecnociencia.es/especiales/residuos/>. Consulta: 5 de enero de 2008 .

UNICEF – Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios et al. Instalación, manejo y comercialización de la lombricultura y el compostaje. [CD-ROM] Colombia: 2006. 1 CD-ROM.