

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS SOCIOECONOMICOS Y
AMBIENTALES OCASIONADOS POR EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS EN EL RELLENO SANITARIO “LA ESMERALDA” DEL MUNICIPIO DE
BARRANCABERMEJA: APLICACIÓN DEL METODO MULTICRITERIO**

**LUZ AMPARO FUENTES PEREA
ANA MILENA SERRANO PEDRAZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACION
FACULTAD DE HUMANIDADES
BUCARAMANGA
2006**

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS SOCIOECONOMICOS Y
AMBIENTALES OCASIONADOS POR EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS EN EL RELLENO SANITARIO “LA ESMERALDA” DEL MUNICIPIO DE
BARRANCABERMEJA: APLICACIÓN DEL METODO MULTICRITERIO**

**LUZ AMPARO FUENTES PEREA
ANA MILENA SERRANO PEDRAZA**

Trabajo de grado para optar el titulo de Economista

**Director:
Jaime Bustos,
Ingeniero Ambiental y de Saneamiento
Contraloría Municipal de Barrancabermeja**

**Codirectora:
Alexandra Cortes Aguilar
Economista
Universidad Industrial de Santander**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACION
FACULTAD DE HUMANIDADES
BUCARAMANGA
2005**

***“Cuan grande riqueza es, aun entre
pobres, el ser hijo de un buen padre”.***

Frase celebre, que me recuerda a dos mujeres muy
valiosas para mi, por que han sido mi mayor ejemplo
a seguir, y a las que quiero con todo el corazón,
Mi madre Gloria Elsa Perea y mi abuela
Josefina Espinosa, dos grandes mujeres que
Me han transmitido su fuerza y me han enseñado
la importancia de luchar por las metas que me
impongo; es a ellas, a mis hermanos y a mis
sobrinitos a los que le dedico esta tesis
por estar conmigo, acompañándome en cada
momento difícil de mi vida, por su apoyo y por el
amor que siempre me han dado, los cuales me han
servido para culminar con éxito mi carrera de Economía,
uno de mis mas grandes logros.

AMPARO FUENTES P.

A Dios por la salud y la vida; a la vida por las personas y las oportunidades, que han servido para desmentir a quienes juzgan por lo que se tiene y no por lo que se puede llegar a ser, y a estas personas por darme la fuerza para hacer las cosas mejor día a día. Por supuesto, no me puedo olvidar de las personas especiales de mi vida: mami, abue, titi; papi y tío Helmer que me ayudan desde el cielo; hermanitos Cami y Santi; tíos Orlando y toto; mis verdaderos amigos, y desde luego, NR, mi amor, por la paciencia. Es significativo tener con quien compartir cuando cruzamos fronteras para sorprender a la vida.

Mena

AGRADECIMIENTOS

Jaime Enrique Bustos, Ingeniero Ambiental y de Saneamiento, profesional universitario de la Contraloría Municipal de Barrancabermeja. Director del proyecto, por su asesoría técnica, suministro de datos y el apoyo brindado durante la realización del proyecto.

Alexandra Cortes Aguilar, Economista, docente Universidad Industrial de Santander. Codirectora del proyecto, por su asesoría técnica, ayuda material y el apoyo brindado durante la realización del proyecto.

Diana Matilde Jaramillo Jiménez, Economista, profesional universitario de la Contraloría Municipal de Barrancabermeja, por su ayuda y colaboración en la gestión de datos, además de su asesoría como profesional.

Contraloría Municipal de Barrancabermeja, por el apoyo brindado durante la pasantía y en la Auditoría Especial sobre los recursos naturales y el medio ambiente de Barrancabermeja vigencia 2004-2005.

Álvaro Fuentes Arévalo, Economista, docente Universidad Industrial de Santander, por la asesoría profesional suministrada durante el desarrollo del proyecto.

Orlando Serrano Pedraza O.S.P. Ingenieros, por su colaboración técnica y préstamo de equipos, durante el desarrollo del trabajo.

Humberto Serrano Rodríguez, por su guía técnica y atención en el Cultivo de Lombrices Californianas.

EMSEPUNAL, Empresa de servicios de Puente Nacional, por la atención prestada en la planta de compostaje, material suministrado y sus conocimientos técnicos referentes al manejo de residuos sólidos.

Secretaría del Medio Ambiente de Barrancabermeja, por el préstamo de documentos, archivos e información importante del relleno sanitario La Esmeralda.

EMAB E.S.P. S.A. Empresa Metropolitana de Aseo de Bucaramanga, por suministrar información de importancia para el avance del proyecto.

Amparo Parrado, por brindarnos su apoyo y su hogar, para poder llevar a cabo la realización de la práctica en Barrancabermeja.

Mónica Osorio, Farmavícola S.A., por su guía técnica y atención, en lo referente a los Microorganismos Eficientes.

Carlos E. Correa Ávila, Sandesol, por la atención prestada en la planta incineradora y material suministrado.

Finalmente queremos agradecerles, a nuestras familias y amistades por el apoyo constante y la fortaleza que nos transmitieron.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág. N°
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 JUSTIFICACION	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo General	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	10
2. DIAGNOSTICO GENERAL SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	12
2.1 GENERALIDADES DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNDO	12
2.1.1 Residuos Sólidos en América	15
2.1.1.1 Estados Unidos	15
2.1.1.2 América Latina	16
2.2 GENERALIDADES DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA	17
2.2.1 Legislación y Reglamentación para el Manejo de Residuos Sólidos en Colombia.	20
2.2.1.1 Marco Legal de Carácter General	20
2.3 EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN BARRANCABERMEJA	23
2.3.1 Manejo de Escombros	25
2.3.2 Residuos Sólidos Hospitalarios	25
2.3.3 Matadero Municipal	25
3. VALORACION ECONOMICA AMBIENTAL	26
3.1 ¿QUÉ ES LA VALORACIÓN ECONÓMICA?	26
3.2 METODOLOGÍAS PARA LA VALORACION	27
3.2.1 Método de Valoración Contingente	28
3.2.1.1 Aplicación del Método	28
3.2.1.2 Supuestos	28
3.2.1.3 Alcances y Limitaciones	28
3.2.2 Método de Morbilidad	29
3.2.2.1 Aplicación del Método	29
3.2.2.2 Alcances y Limitaciones	30
3.2.3 Método de Gasto en Litigación	30
3.2.3.1 Aplicación del Método	31
3.2.3.2 Supuestos	31
3.2.3.3 Alcances y Limitaciones	31
3.2.4 Método de Transferencia de Beneficios	31
3.2.4.1 Aplicación del Método	32
3.2.4.2 Supuestos	33
3.2.4.3 Alcances y Limitaciones	33
3.2.5 Método de Costo de Viaje	34
3.2.5.1 Aplicación del Método	35
3.2.5.2 Supuestos	35
3.2.5.3 Alcances de La Metodología	35
3.2.5.4 Limitaciones de La Metodología	36
3.2.6 Método de Los Precios Hedónicos	36
3.2.6.1 Supuestos	37
3.2.6.2 Alcances y Limitaciones	37
3.2.7 Valoración Costo-Beneficio	37
3.2.7.1 Aplicación del Método	38
3.2.7.2 Alcances y Limitaciones	38

3.2.8	Análisis Multicriterio en las Decisiones Ambientales	40
3.2.8.1	Aplicación del Método	40
3.2.8.2	Alcances y Limitaciones	42
4.	CARACTERIZACION DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SOCIOECONOMICOS Y AMBIENTALES DEL RELLENO SANITARIO LA EMERALDA Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA MULTICRITERIO	43
4.1	DESCRIPCION, FUNCIONAMIENTO Y ESTADO ACTUAL DEL RELLENO SANITARIO “LA ESMERALDA” EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA	44
4.2	IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES	49
4.3	IDENTIFICACION DE LAS ACCIONES DEL PROYECTO	57
4.4	IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	59
4.5	IDENTIFICACION DE LA IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS	62
4.6	MAGNITUD DEL IMPACTO AMBIENTAL	64
4.7	IMPACTO AMBIENTAL TOTAL	66
4.8	ANÁLISIS DE RESULTADOS	69
5	ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO Y LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	73
5.1	EL RECICLAJE FORMAL	75
5.2	TEORIA DE LA COMPOSTACION	76
5.2.1	Descripción de un Proceso de Compostación	76
5.2.2	Descripción del Proceso en la Planta de Tratamiento y Aprovechamiento de Los Residuos Sólidos Orgánicos de Puente Nacional, Santander	83
5.2.2.1	Descripción de La Infraestructura Existente	84
5.2.2.2	Costos de La Planta de Compostaje del Municipio de Puente Nacional	86
5.3	LOMBRICULTURA	87
5.3.1	Humus de Lombriz	90
5.3.2	Producción de Lombriz	91
5.3.3	Plagas y Enfermedades	94
5.3.4	Comercialización	95
5.4	PLANTA INCINERADORA	96
5.4.1	Requerimientos para el uso de una Planta Incineradora	100
5.5	MICROORGANISMOS EFICIENTES	101
5.5.1	Los Principales Grupos de Microorganismos Presentes en el EM y su acción.	102
5.5.1.1	Bacterias Fotosintéticas (Rhodopseudomonas Spp).	102
5.5.1.2	Bacterias Ácido Lácticas (Lactobacillus Spp).	102
5.5.1.3	Las Levaduras.	103
5.5.2	Aplicaciones de Los EM en el Manejo de Desechos Orgánicos Sólidos	103
5.5.3	Comercialización del Los EM	104
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFIA	110

LISTADO DE FOTOS

	Pág. N°	
Foto N° 1	PANORÁMICA DEL RELLENO LA ESMERALDA	23
Foto N° 2	CELDA DE USO ACTUAL EN LA ESMERALDA	23
Foto N° 3	CANAL DE FLUIDO DE LIXIVIADOS	47
Foto N° 4	TANQUE DE LIXIVIADOS	47
Foto N° 5	GAVION	48
Foto N° 6	RECICLADORES LABORANDO	49
Foto N° 7	VIVIENDAS DENTRO DEL RELLENO	49
Foto N° 8	TANQUE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	52
Foto N° 9	PUBLICIDAD EMITIDA POR LA EMPRESA A LOS USUARIOS	74
Foto N° 10	INCENTIVO AL USUARIO POR LA ÓPTIMA SEPARACIÓN EN LA FUENTE	74
Foto N° 11	RECEPCION DE RSO EN LA TOLVA	77
Foto N° 12	TOLVA	77
Foto N° 13	SEPARACION DE LOS RESIDUOS EN LA BANDA	77
Foto N° 14	TRITURACION DE LOS RESIDUOS	78
Foto N° 15	CALDOS MICROBIANOS	79
Foto N° 16	HILERAS DEL COMPOST	80
Foto N° 17	TRITURADO FINAL	81
Foto N° 18	ZARANDA	81
Foto N° 19	BODEGA DE ALMACENAMIENTO	81
Foto N° 20	EISENIA FOETIDA EN SU MEDIO	88
Foto N° 21	EISENIA FOETIDA	88
Foto N° 22	HUMUS (LOMBRINAZA)	90
Foto N° 23	HUMUS LIQUIDO (VERMICOMPOST)	90
Foto N° 24	TEXTURA DEL HUMUS	90
Foto N° 25	CULTIVO A PEQUEÑA ESCALA 1	92
Foto N° 26	CULTIVO A PEQUEÑA ESCALA 2	92
Foto N° 27	PLANTA INCINERADORA	96
Foto N° 28	HORNO INCINERADOR	97
Foto N° 29	INCINERADOR EN FUNCIONAMIENTO	97
Foto N° 30	PUERTA DE CARGUE	98
Foto N° 31	QUEMADORES	98
Foto N° 32	CARGADOR DEL HORNO	99
Foto N° 33	INCINERADOR EN PLANTA	99

LISTADO DE TABLAS

		Pág. N°
Tabla N° 1	MATRIZ DE ACCIONES Y FACTORES	41
Tabla N° 2	IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE ESTUDIO	56
Tabla N° 3	IDENTIFICACIÓN DE LAS ACCIONES IMPACTANTES	58
Tabla N° 4	ACCIONES Y FACTORES AMBIENTALES	59
Tabla N° 5	MATRIZ DE IDENTIFICACION DE ACCIONES Y FACTORES AMBIENTALES	61
Tabla N° 6	MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS DEL RELLENO SANIATARIO LA ESMERALDA	63
Tabla N° 7	MATRIZ DE MAGNITUD DE IMPACTOS DEL RELLENO SANIATARIO LA ESMERALDA	65
Tabla N° 8	RESUMEN DE IMPACTOS TOTALES	67
Tabla N° 9	COSTOS PARA LA INCORPORACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA BODEGA DE RECICLAJE	76
Tabla N° 10	COSTOS DE CADA UNA DE LAS ETAPAS NECESARIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE BIOABONO	86
Tabla N° 11	RSU POR HABITANTE	94
Tabla N° 12	PRECIOS DE LOS EM QUE SE MANEJAN EN EL MERCADO	105

LISTADO DE FIGURAS

		Pág. N°
Figura N° 1	GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	15
Figura N° 2	MAPA POLÍTICO DE SANTANDER, SEÑALIZACIÓN DE BARRANCABERMEJA Y EL RELLENO LA ESMERALDA.	45
Figura N° 3	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL (SANTANDER).	85

LISTA DE ANEXOS

		Pág. N°
	ANEXO A.	115
Tabla A.1.	Cantidad de Usuarios Residenciales.	115
Tabla A.2	Cobro de Tarifa Usuarios Residenciales por Estrato.	115
Tabla A.3	Ingresos Recibidos por pago del Servicio en cada uno de los Estratos Residenciales.	115
Tabla A.4	Cantidad de Usuarios No Residenciales.	116
Tabla A.5	Cobro de Tarifa Usuarios No Residenciales.	116
Tabla A.6	Ingresos Recibidos por pago del Servicio en cada uno de los Estratos No Residenciales.	116
Tabla A.7	Barrido y Limpieza.	124
Tabla A.8	Recolección y Transporte de Residuos.	125
Tabla A.9	Quejas y Reclamos.	129
Tabla A.10	Quejas y Reclamos Resueltos.	129
	ANEXO B.	131
Tabla B.1	Caracterización Cualitativa de los Efectos, Simbología y valor aplicado a las Etiquetas Lingüísticas para determinar la Importancia del Impacto Ambiental.	131
Tabla B.2	Simbología aplicada a las Etiquetas Lingüísticas predefinidas para la determinación de la magnitud del Impacto Ambiental.	131
Tabla B.3	Funciones de Transformación utilizadas para la Calidad Ambiental	132

RESUMEN

TITULO: Valoración Económica de los Impactos Socioeconómicos y Ambientales ocasionados por el Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en el Relleno Sanitario “La Esmeralda” del Municipio de Barrancabermeja: Aplicación del Método Multicriterio*.

AUTOR (ES): Fuentes Perea. Luz Amparo, **
Serrano Pedraza. Ana Milena

PALABRAS CLAVES: Valoración Económica, Relleno Sanitario, Método Multicriterio, Residuos Sólidos Urbanos, Evaluación de Impacto Ambiental, Recursos Naturales, Medio Ambiente, Lixiviados.

DESCRIPCIÓN:

La finalidad de este trabajo de grado fue hacer un análisis, de como ha sido la gestión de los desechos urbanos y la utilización de los sitios de disposición final, por parte de la empresa de servicio de aseo y del municipio; pretendiéndose hacer un llamado a las autoridades para que tomen medidas correctivas. Para estimar el valor del impacto ambiental físico y social ocasionado por el manejo de estos residuos se utilizo la Valoración Económica, una herramienta que sirve para detectar, prevenir y tomar decisiones referentes al uso de los recursos naturales y el medio ambiente.

Este trabajo se inicia con la descripción general de cómo se ha llevado a cabo el manejo de residuos sólidos en algunas áreas del mundo. Enfocándose principalmente en Colombia, donde en la actualidad no se han dado cambios significativos referentes a la problemática de los desechos sólidos, a pesar de contar con una legislación (estipulada en este trabajo) que regula este manejo de la mejor forma posible; situación que no difiere para el municipio de Barrancabermeja, en el que se basa este trabajo de valoración económica por ser el núcleo central de estudio. Se dedica un capítulo a las metodologías de valoración económica, con el objetivo de ofrecer un panorama general de los métodos mas usados, para finalmente explicar y determinar la metodología a aplicar y el por que, de no usar las demás.

Aplicar el análisis multicriterio a esta evaluación de impacto ambiental brindo ventajas para manejar simultáneamente información cualitativa y cuantitativa, por medio del uso del programa informático AIEIA (Aplicación Integral de Evaluación de Impacto Ambiental), herramienta sumamente útil y practica que integra la evaluación de sistemas ambientales y la toma de decisiones multicriterio. Los resultados obtenidos por el uso del método, proporcionaron información acerca del impacto ambiental ocasionado por actividades, factores ambientales y la evaluación global del estudio, en términos lingüísticos y numéricos, lo que permitió sugerir alternativas que ayudaran a mitigar el daño.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Humanidades, Escuela de Economía y Administración, ing. Jaime Enrique Bustos.

SUMMARY

TITLE: Economic valuation of the Socioeconomic and Environmental Impacts caused by handling of the Urban Solid waste in the Sanitary Filling "the Emerald" of the town of Barrancabermeja: Application of the Multicriterion Method*.

AUTHOR (S): Fuentes Perea. Luz Amparo, **
Serrano Pedraza. Ana Milena

KEY WORDS: Economic Valuation, Sanitary Filling, Multicriterion Method, Urban Solid Waste, Evaluation of Environmental Impact, Natural Resources, Environment, Lixiviates.

DESCRIPTION:

The purpose of this thesis was to make an analysis of since it has been the management of the urban solid waste and the use of the sites of final disposition, by the garbage collect company and the municipality; trying itself to make a call to the authorities so that they take corrective measures. In order to consider the value del physical and social environmental impact caused by the handling of these waste it used the Economic Valuation, a tool that serves to detect, to prevent and to make referring decisions to the use from the natural resources and environment.

This work begins with the general description of how has been the handling of solid waste in some areas of the world. Focusing mainly in Colombia, where at the present time referring significant changes to the problematic one of the solid waste have not occurred, in spite of counting on a legislation (stipulated in this work) that it regulates this handling of the best possible form; situation that does not differ for the town of Barrancabermeja; where this work of economic valuation being is based the central nucleus of study. A chapter is dedicated to the methodologies of economic valuation, with the objective to offer a general panorama of the most common used methods and finally to explain and to determine the methodology to apply and why not using the others.

To apply to the analysis multicriterion to this evaluation of environmental impact offered advantages to handle qualitative and quantitative information simultaneously, by means of the use of the computer science program AIEIA (Integral Application of Evaluation of Environmental Impact), extremely useful tool and practices that Integra the evaluation of environmental systems and the decision making multicriterion. The results obtained by the use of the method, provided information about the environmental impact caused by activities, environmental factors and the global evaluation of the study, in linguistic and numerical terms, which allowed to suggest alternatives that helped to mitigate the damage.

* Thesis

** Faculty of Humanities, School of Economy and Administration, ing. Jaime Enrique Bustos.

1. INTRODUCCION

Los recursos naturales proporcionan a la sociedad un gran número de bienes y servicios que contribuyen al bienestar social. Sin embargo, por ser bienes públicos y de libre acceso, con las propiedades de no exclusión y no rivalidad en el consumo, carecen de un mercado en el cual intercambiarse y se desconoce su verdadero precio. La ausencia de un precio asignado a estos recursos lleva a su uso inadecuado o sobre explotación, pasando de un estado de conservación a uno de deterioro, afectando los flujos de bienes y servicios que benefician a la población.

Teniendo en cuenta las implicaciones anteriores se hace necesario contar con una herramienta que permita estimar el valor del impacto ambiental físico y social causado a los recursos naturales y al medio ambiente, utilizando la valoración económica. Este instrumento permite maximizar el potencial económico de los recursos naturales desde una base sustentable y también sirve de apoyo a las instituciones reguladoras para que evalúen la gestión pertinente a protección, conservación y explotación de los recursos.

El agotamiento de los recursos naturales genera preocupación y como consecuencia se ha comenzado a establecer de manera obligatoria incluir la valoración económica de impactos ambientales en proyectos, obras o actividades públicas y privadas; constituyéndose como una herramienta de prevención que, apoyada por una entidad de control permite la toma de decisiones para llevar a cabo el desarrollo de estos. La valoración económica incorpora variables que anteriormente no se habían considerado en la planificación, diseño o implementación de proyectos. Un buen desarrollo de estos factores causa efectos significativos sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

En el marco de la Valoración Económica para proyectos de tipo ambiental, nace la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)¹. Esta evaluación es un proceso destinado a mejorar el sistema de toma de decisiones, y esta orientado a garantizar que las opciones de proyectos en consideración, sean ambiental y socialmente sostenibles. Este es un sistema técnico que permite estimar los efectos que la ejecución de los proyectos causa sobre el medio ambiente. En la actualidad el EIA es un proceso de análisis que permite anticipar el futuro impacto ambiental, negativo y positivo de las acciones humanas, permitiendo seleccionar las alternativas que cumplan los objetivos propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede pensar en aplicar esta herramienta, debido a que se ajusta a la problemática presentada en el relleno sanitario del municipio de Barrancabermeja. En primera instancia, es la escasez de zonas y terrenos adecuados para la localización y construcción de los mismos el mayor factor crítico para el manejo y disposición de los residuos sólidos municipales. Esta escasez de sitios que sirven para establecer rellenos, se debe principalmente desde el punto de vista social, económico, ambiental y técnico a los impactos negativos presente en estos lugares.

¹ AZQUETA, Diego. "Economía y Medio Ambiente", Mc Graw-Hill Madrid, España. 1994

Debido a los inconvenientes que se presentan en estos sitios, el Estado, por medio de sus instituciones ambientales, se ha visto en la necesidad de implementar unas políticas de residuos sólidos, que comprenden tanto aspectos ambientales y sociales como técnicos, económicos y administrativos. Referente a los aspectos técnicos, la política involucra líneas de acción en las diferentes etapas de la gestión de residuos sólidos; estas fases son: generación, almacenamiento, recolección, aprovechamiento, tratamiento y disposición final. Estas políticas se desarrollan teniendo en cuenta los principios del desarrollo sostenible que se fundamenta en tres supuestos: la minimización del impacto ambiental negativo que causan los residuos, el crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad en general.

Las corporaciones de orden regional por ser instituciones ambientales, tienen el deber de brindar garantías sobre el cumplimiento de las políticas de manejo ambiental y de manejo de residuos propuestas por la legislación Colombiana, siendo necesario que los departamentos regulen las acciones conjuntamente con los municipios. A razón de esto, los gobiernos locales deben incluir en los contratos hechos para el servicio de aseo, la promoción de la separación y selección de la fuente y la creación de una conciencia ambiental, por medio de educación a los usuarios en el manejo de sus residuos sólidos; con esto se obtiene protección del medio ambiente, de la salud humana y de los recursos naturales en la actividad del servicio de aseo domiciliario.

A partir de esto, es que nace la idea de realizar esta investigación, que tiene como fin la identificación y la valoración de impactos ambientales generados por el relleno sanitario del Municipio de Barranca, destacando algunas alternativas viables en el manejo de residuos. Para su desarrollo, se utilizó el Método Multicriterio para la ayuda en la toma de decisiones ambientales, trabajando en conjunto con la Contraloría Municipal de Barrancabermeja, entidad de mandato constitucional, a la que le corresponde ejercer control fiscal sobre todo bien público.

Para dar un mejor manejo al Método Multicriterio, se recurrió al uso de una herramienta informática llamada Aplicación Integral de Evaluación de Impacto Ambiental (AIEIA) que como su nombre lo indica permite la evaluación de sistemas ambientales.

La razón de hacer este trabajo y de hacer uso del método multicriterio, se sustenta principalmente en que los métodos que se encuentran disponibles para realizar la evaluación de impacto ambiental, enfrentan una serie de dificultades y deficiencias como son: no modelan incertidumbre, no permiten agregación cualitativa mediante valores cuantitativos y además, les falta rigor matemático en el cálculo de los impactos ambientales que se ocasionan en el medio natural, debido a que es muy complejo.

Finalmente se pretende dar un resultado que muestra como ha sido la gestión de los desechos urbanos y la utilización de su sitio de disposición final por parte de la empresa prestadora del servicio y del municipio, quienes en últimas son los que tienen en sus manos la responsabilidad de asegurar que se de un buen manejo referente al servicio de aseo como al tratamiento que se le haga al relleno La Esmeralda. También se dan a conocer alternativas viables que brindaran y disminuirán en parte la problemática que se pretende valorar referente al manejo y destino de las basuras.

1.1 JUSTIFICACION

El relleno sanitario es entendido como aquella instalación destinada a la disposición final de residuos sólidos no reciclables, ni aprovechables, en donde se reciben, disponen, compactan y cubren, realizando de esta manera el control ambiental (principalmente gases, olores y lixiviados). Cuando se proyecta construir un relleno sanitario, se busca, además de mejorar el paisaje, reducir a un mínimo el daño ambiental, garantizando mayor bienestar en la población reflejado en salud, generación de empleo y desarrollo del municipio.

Con el continuo aumento de la población, el cambio en las costumbres y el consumo en las últimas décadas, se produce cada vez más un considerable aumento de residuos sólidos urbanos. En el mundo, la disposición de residuos esta en una situación de emergencia a causa de una insuficiente gestión y manejo de los recursos naturales. Esta inadecuada forma de tratar los desechos sólidos se da por la falta de implementación de tecnologías limpias en los sitios de disposición final, lo cual trae como consecuencia que la evacuación de los residuos sólidos urbanos, constituya un problema de salud pública y ambiental que preocupa permanentemente a las autoridades y a la sociedad.

El Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ha impulsado en cada municipio el desarrollo de las Políticas para la Gestión Integral de Residuos, las cuales establecen la necesidad de optimizar los procesos productivos y promover la cultura de la no basura, para disminuir la cantidad de residuos generados. Para el desarrollo de la gestión ambiental, se ha identificado la necesidad de elaborar estudios de valoración económica que arrojen la información, sobre la importancia que tiene el realizar un buen trabajo en los rellenos sanitarios, para así disminuir los impactos negativos que tienen sobre el medio, como también optimizar los recursos económicos existentes, disminuir los costos de operación de los rellenos sanitarios e incrementar su vida útil, que en últimas conllevará a la generación de beneficios sociales.

Actualmente en Barrancabermeja el manejo que se hace de los residuos sólidos es ineficiente; debido a que cuenta con una serie de imperfecciones que la hacen ineficaz en la prestación del servicio de aseo. Los usuarios del servicio, como población e industrias, no son conscientes de las externalidades que generan al disponer basura. Para dar solución a dicha coyuntura, es necesario conocer ¿Cuáles son los costos sociales y ambientales del mal funcionamiento del relleno sanitario?

Teniendo en cuenta lo anterior, la valoración económica en particular para el caso de Barrancabermeja, ofrece indicadores para analizar los efectos que tiene el inadecuado manejo a los residuos en el relleno sanitario "La Esmeralda", especialmente en lo relacionado con la disposición final. Esta mala manipulación, ha generado el deterioro de los recursos naturales. Por tanto, con los resultados de la valoración, se pretenden formular soluciones puntuales, que contribuyan en la toma de decisiones concernientes al uso eficiente de los residuos sólidos e incluso plantear otras alternativas de disposición final de los mismos; logrando un aprovechamiento en el momento de la separación y recogida de materiales residuales, los que con un adecuado procesamiento, podrán ser reutilizados o transformados en nuevos productos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

Establecer indicadores para analizar los efectos que tiene el inadecuado manejo de los residuos en el relleno sanitario “La Esmeralda” del municipio de Barrancabermeja, especialmente en lo relacionado con la disposición final, haciendo un análisis de valoración económica ambiental mediante el Método Multicriterio

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Determinar como se encuentra en la actualidad el Relleno Sanitario “La Esmeralda” y los impactos que lo han afectado de manera negativa.
- Reconocer factores socioeconómicos y ambientales que se ven afectados positiva y negativamente por el manejo de los residuos sólidos urbanos.
- Identificar los costos ambientales que genera el Relleno Sanitario del Municipio de Barrancabermeja.
- Establecer algunas alternativas que se puedan llevar a cabo para un mayor y mejor aprovechamiento en la disposición final de los residuos sólidos con el fin de mantener la estabilidad socioeconómica y ambiental del Municipio.

1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El presente estudio se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Después de esta introducción en la que se ha pretendido justificar y enmarcar dentro de un análisis de valoración económica este trabajo, además de exponer cuales son los objetivos del mismo, en el segundo capítulo se realiza una descripción de cómo ha sido la gestión de los residuos sólidos urbanos en el mundo y en Colombia, en donde además se estipulan las leyes que regulan su manejo, hasta llegar al Municipio de Barrancabermeja, que es el núcleo del estudio.

En el capítulo tres, se hace una revisión de las metodologías de valoración económica, aplicables a la evaluación del impacto ambiental en donde cada método se encuentra desglosado en: generalidades, aplicación, supuestos que utilizan, y por último sus ventajas y desventajas, a partir de las cuales finalmente se determino: primero, porque se escogió el Método Multicriterio como la herramienta más acertada para el desarrollo del trabajo; y segundo, porque no se tuvieron en cuenta las otras metodologías.

Dentro del capítulo cuatro se utiliza el software AIEIA para la aplicación de Método Multicriterio al estudio del relleno sanitario “La Esmeralda”. Para llevar a cabo su desarrollo, se identificaron factores que se ven impactados por acciones tanto negativas como positivas en el manejo que se le da a los desechos urbanos en el municipio y a su sitio de disposición final. Con la aplicación de este paquete informático se obtienen unas matrices las cuales hacen una interacción causa-efecto, para luego evaluar tanto la

importancia como la magnitud de los impactos ambientales y socioeconómicos causados por las relaciones entre acciones impactantes y factores impactados. Para finalmente a través de un análisis realizado a estas tablas, dar un concepto global de la problemática.

Por su parte en el capítulo cinco, se exponen las diferentes alternativas que se pueden implementar para disminuir la problemática que se evidencia con respecto al manejo y disposición final de los residuos sólidos en Barranca. Estas opciones que se presentan en el capítulo, son fruto de visitas de campo realizadas por las autoras a las diferentes empresas encargadas de la gestión de los desechos urbanos, en lugares aledaños a Bucaramanga.

Finalmente, en el capítulo seis, se dan a conocer las conclusiones a las que se han llegado en esta tesis. También se incluyen algunas recomendaciones que a la vista del trabajo realizado y la experiencia adquirida pueden resultar útiles, para el mejoramiento en la gestión de los residuos sólidos urbanos.

2. DIAGNÓSTICO GENERAL SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

A lo largo de la historia, el primer problema de los residuos sólidos ha sido su eliminación, pues su presencia es más evidente que otro tipo de residuos y su proximidad resulta molesta. La sociedad solucionó este problema quitándolo de la vista, arrojándolo a las afueras de las ciudades, cauces de los ríos o en el mar, u ocultándolo mediante enterramiento. El crecimiento acelerado de la población en los últimos años, así como el proceso de industrialización han aumentado la generación de residuos.

Hace 30 años, la generación de residuos por persona era de unos 200 a 500 gr/hab/día, mientras que hoy se estima entre 500 y 1.000 gr./hab/día. Pero el problema no radica solamente en la cantidad sino también en la calidad o composición que pasó de ser densa y casi completamente orgánica a ser voluminosa, parcialmente no biodegradable y con porcentajes crecientes de materiales tóxicos.

Por ello, para comprender el manejo de los residuos sólidos no es suficiente conocer los aspectos técnicos de la recolección y la disposición final. Se requiere también aplicar los nuevos conceptos relacionados al financiamiento de los servicios, los factores de salud, de ambiente, de población en áreas urbanas cercanas a los sitios de disposición.

Aunque la problemática de los residuos sólidos ha sido identificada desde hace varias décadas, es hasta ahora que se ha logrado que en los países se tome conciencia del mal manejo de los desechos urbanos, debido a la creciente contaminación ambiental que se esta vislumbrando en la actualidad, razón por la cual se han emprendido acciones tendientes a corregir estas fallas, hasta el punto de convertirse en un tema político permanente que en la mayoría de casos genera conflictos sociales.

En este capítulo se busca dar una idea general de cómo ha sido el trato dado al manejo de residuos sólidos en algunas áreas del mundo. Enfocándose principalmente en Colombia, donde se observa que hasta la actualidad no se han dado cambios significativos con referencia a la problemática de los desechos sólidos, a pesar de contar con una legislación que trata de regular este manejo de la mejor forma posible; situación que no difiere mucho para el municipio de Barrancabermeja, en el cual se basa este trabajo de valoración económica.

2.1 GENERALIDADES DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNDO

A medida que crecen las ciudades, los efectos nocivos de la contaminación son más evidentes. A causa de esto se da un aumento exagerado de los residuos sólidos urbanos (RSU) que en general se depositan en tiraderos municipales o rellenos sanitarios, desaprovechando su potencial económico. Debido a la problemática que se vivía en los países desarrollados, estos se vieron en la necesidad de concientizar a su población sobre la contaminación, sus efectos y la manera de controlarla; es así que en la década

de los 70's cambió el criterio y la actitud de la población mundial al igual que la de sus gobernantes para la gestión de RSU con propósitos económicos y ambientales. En estos países las estrategias de manejo y aprovechamiento de los plásticos, que representan una alternativa explotable comercialmente al ser reciclados y empleados para generar energía eléctrica, resuelven en una parte el problema ambiental y la pérdida de recursos naturales.

Caso contrario se vislumbra en las ciudades de países pobres o de economía de transición, dado que es frecuente ver RSU acumulados en basureros o tiraderos a cielo abierto. Como el sistema de gestión de RSU es inadecuado, se genera un deterioro ambiental por el impacto negativo que se causa debido a que estos residuos se mezclan entre sí, por ejemplo residuos orgánicos con inorgánicos. La descomposición orgánica causa malos olores, lixiviados, propicia la proliferación de insectos y roedores que son vectores de microorganismos patógenos de humanos y animales. La alternativa que se están proponiendo hoy en día para solucionar esta problemática es la creación de un sistema de recolección y tratamiento eficiente, el cual ayude a convertir los residuos en materia prima reutilizable.

En la Unión Europea en los últimos 20 años se ha reportado un interés por el reciclaje y son los rellenos sanitarios el principal destino de los RSU, dado que los tiraderos a cielo abierto no existen; Alemania, Francia, Italia, Suiza y Austria, son los países que sobresalen en el uso de los rellenos con porcentajes entre el 40% y un 80%, para estos países el impacto negativo de los mismos se resolvería: a) Con la reducción del volumen de RSU que se generan "in situ". b) Con la selección de RSU biodegradables para producir abono y, c) Al explotar el valor económico potencial de los RSU. Se muestra que en Europa el 95% de las unidades para gestionar RSU, son rellenos sanitarios y los residuos se componen de un 37% orgánicos; 28% papel/cartón; 17% vidrio y 9% plásticos².

Las alternativas para gestionar los RSU, empleadas en algunas ciudades del mundo son los vertederos, las plantas de reciclaje, y las de compostaje, pero para ello se debe promover la recolección en el lugar de origen de los RSU; la recuperación de materias primas y el reciclaje son necesarios para un desarrollo sustentable y es una estrategia importante para contribuir al fortalecimiento de la cultura ambientalista; el reciclaje de residuos sólidos también es un asunto socio-político, que obliga a países en desarrollo a establecer leyes para su gestión y de esa forma proteger un ambiente de calidad.

La alternativa de incineración de residuos sólidos es una opción que ha traído una serie de limitaciones y ventajas; si bien es cierto que gracias a este proceso el volumen de la basura se reduce y con ello la construcción de rellenos sanitarios, las emisiones y cenizas que provienen de esta pueden tener efectos aun peores a los iniciales. Es así que para la creación de una planta de este tipo se requiere de tecnología costosa y sofisticada, para evitar emisiones de gases tóxicos al ambiente.

² SANCHEZ, Yáñez Juan Manuel. El reciclaje de los residuos sólidos como alternativa para mejorar la calidad ambiental, México 2004.

Para disminuir los daños ambientales ocasionados por los residuos sólidos los gobiernos en los diferentes países han creado un sistema que ayude a regular, a proteger y a disminuir dichos deterioros; entre estos instrumentos económicos se encuentran³: los impuestos y gravámenes a los rellenos sanitarios, los cuales comenzaron a utilizarse en 1996 en Gran Bretaña con una tasa estándar por tonelada y una tasa reducida para los desechos inactivos, estos son aplicados a todos los desechos que se depositan en sitios autorizados de relleno. Los operadores de estos sitios pueden canalizar parte de los ingresos a fideicomisos ambientales aprobados, con reducciones de impuestos apropiadas. Los fondos de los fideicomisos se utilizan para proyectos como el saneamiento de los viejos sitios de relleno. Australia también ha hecho uso de este impuesto, el cual canaliza todos los recursos recaudados a un fideicomiso creado con el propósito de desarrollar e implantar programas de manejo y reciclaje de desechos, con especial atención en los planes de reciclaje regional.

Otro instrumento utilizado es el sistema de reembolso de depósitos, en este método se aplica una sobretasa al precio de los productos potencialmente contaminantes, y cuando estos retornan a los centros autorizados de acopio, se devuelve dicho sobrecosto. El objetivo de este último es evitar la contaminación y fomentar el reciclaje. La reintegración de depósitos se aplica a los envases de bebidas, acumuladores de automóviles, llantas, carrocerías y latas de pintura. En algunos estados de la Unión Americana, como Michigan y Oregon, existen sistemas voluntarios u obligatorios de reintegración de depósitos; también los hay en Suecia, Noruega, Dinamarca y demás países de Europa.

El Pago por Bolsa es otro de los sistemas utilizado para el manejo de residuos sólidos; se diseñó para reducir el volumen de los desechos y liberar las presiones sobre los rellenos sanitarios, que cada vez están más saturados y son más escasos. En muchas naciones la recolección y eliminación de basura se realiza de manera “gratuita”, en el sentido que no existe ningún cargo específico al momento de la recolección. El costo total se cubre con impuestos o tasas locales, o con impuestos sobre bienes; que no se haga ningún cargo específico significa que a los habitantes no les cuesta un solo centavo tirar una o dos bolsas más. No obstante, el costo de operación de los rellenos se incrementa año tras año debido a su saturación, y el costo marginal de eliminación se incrementa en forma anual. No existen incentivos para economizar mientras que a las comunidades se les obliga a gastar demasiado en servicios de basura.

Este problema de incentivos se ha resuelto en algunas comunidades cargando a los habitantes el costo directo de la eliminación de desechos. Cada unidad de basura que cualquier individuo disponga, tendrá un costo adicional que será reconocido por el usuario del servicio cuando este pague cada vez más por bolsa o caneca. Este sistema presenta una grave desventaja: las personas comienzan a desechar las basuras en sitios clandestinos e ilegales.

La experiencia que generalmente ha resultado de estos diferentes programas de incentivos ha sido la reducción de residuos dispuestos en los rellenos, el incremento sobresaliente en la basura reciclada, y un nivel de conciencia mucho mayor acerca de las desventajas de no realizar un manejo adecuado de los residuos.

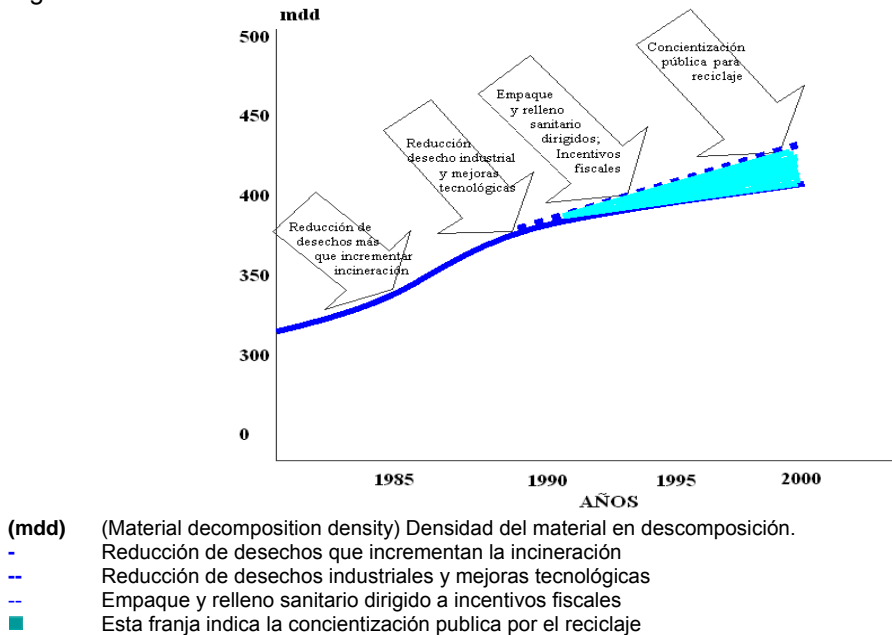
³ GILPIN, Alan. Economía Ambiental, Un Análisis Crítico; Grupo Editorial Alfaomega; Capítulo 6 “Instrumentos Económicos”; 2003.

2.1.1 Residuos Sólidos en América.

2.1.1.1 Estados Unidos. En los Estados Unidos de América (EUA), la literatura reporta interés por el reciclaje, en los últimos veinte años, el relleno sanitario es el principal destino de los RSU; en 1995 lo utilizaron en un 56%. En este país no usan tiraderos, lo que sugiere una relación entre la capacidad económica, la concientización ciudadana y el manejo con aprovechamiento de los RSU.

En EUA existen plantas que incineran RSU para generar energía eléctrica. En Hampstead, Nueva York, no existen tiraderos a cielo abierto, se procesan 2,800 ton-día, que generan 72 MW y abastecen a 60,000 hogares. En Newark, Nueva Jersey, se procesan 3,200 ton-día, que generan 65 MW y abastecen a 54,000 hogares. Aunque los datos señalan que en los EUA incineran el 16% de sus RSU, no es seguro decir que es la mejor alternativa, dado que esta practica arroja contaminación por medio de las diferentes partículas que son arrojadas al aire.

Figura 1. Gestión de residuos sólidos urbanos en los Estados Unidos de América



Fuente: United States Environmental Protection Agency, World Bank.

La figura 1 muestra la manera como en los EUA se gestionaron los RSU en los últimos treinta años, a partir de 1980 por reducción de desechos e incineración. Desde 1990, con el avance tecnológico, se implementaron mejoras en la industria, por la presión de organizaciones locales e internacionales de protección ambiental, que exigieron la regulación obligatoria de desechos industriales al ambiente. A finales de esta década, el gobierno norteamericano estimuló estos cambios, mediante incentivos fiscales, para el registro y control de desechos.

A principios del siglo XXI, el gobierno apoya la concientización de la sociedad para el eficiente manejo de los RSU, en equilibrio con el ambiente. Lo anterior muestra que el

gobierno estimula programas educativos ambientales y concientizar a la población, para que las medidas oficiales de conservación se conviertan en un estilo de vida en sus comunidades. Con lo anterior se puede demostrar que el crecimiento poblacional, junto con la falta de preparación de la autoridad en educación ambiental y la mínima inversión en educación para concientizar a la ciudadanía, impiden un manejo adecuado de los RSU.

2.1.1.2 América latina.⁴ La cantidad diaria de residuos sólidos urbanos que se genera en América Latina asciende a 275.000 toneladas. Se estima que sólo 75% es recolectada y de ella sólo 30% se dispone en rellenos sanitarios; predominan los botaderos a cielo abierto con quema indiscriminada de desechos y sin tratamiento de lixiviados, situados muchas veces en áreas densamente pobladas. Para recolectar y disponer esta basura se necesita una flota de 28.000 camiones recolectores y 350.000 m³ diarios de espacio para enterrarla sanitariamente.

Para el año 2000, la población urbana de Latinoamérica fue de aproximadamente 405 millones de habitantes (355 millones en 1995) lo que implica una mayor demanda de servicios, la necesidad de triplicar la actual capacidad operacional de los sistemas de manejo y creciente disponibilidad de recursos económicos, institucionales y de personal.

Cada una de las 50 ciudades con más de un millón de habitantes que hay en la Región Latina, requiere de flotillas de 100 a 1.500 camiones para la recolección y de 500 a 10.000 barrenderos para limpiar las calles. Los problemas logísticos, administrativos, organizacionales y financieros asociados a lo anterior, sólo pueden ser afrontados por organismos operadores institucionalmente fuertes y organizados. Aunque de menor cuantía, los problemas son similares en ciudades medianas y pequeñas con el agravante de estar físicamente más retiradas de los centros de desarrollo tecnológico, de decisión y de información.

El incremento del comercio ambulatorio y la ocupación informal de los espacios públicos que se agudiza en algunas grandes ciudades del continente, tienden a hacer más críticos los problemas de la limpieza pública.

La segregación informal, sin ningún control sanitario, se practica en las puertas de las casas, en las calles, en los vehículos colectores, botaderos y rellenos de casi todas las ciudades. Se estima que más de 100.000 personas ejecutan este tipo de actividad, la mayoría son mujeres y niños.

Contrario de lo que sucede con otros servicios de saneamiento básico, como el del agua potable, el manejo de los residuos sólidos siempre ha permanecido en manos de los municipios⁵. Por esto, los procesos de descentralización y municipalización no han afectado tanto. Por otro lado, la mano de obra calificada en el aseo urbano es 10%

⁴ ACURIO, Guido. ZEPEDA, Francisco. TEIXEIRA, Paulo. ROSSIN, Antonio. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos sólidos Municipales en América Latina y el Caribe; Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, Washington, D.C.

⁵ BOTERO, Eduardo. DOMINGUEZ, Carolina. Evolución del servicio de aseo durante la última década, CEDE, Marzo de 2005.

comparada con los servicios de agua y alcantarillado, lo que se traduce en serias deficiencias en el campo técnico y gerencial.

Especialmente en los últimos cinco años, el impacto más notable que ha tenido el servicio de residuos sólidos, ha sido el proceso de privatización o concesión de la operación de los mismos, como parte de un proceso más amplio que está ocurriendo en todos los países de la Región.

Los factores limitantes tales como la explosión demográfica, la cantidad cada vez mayor de residuos que genera la sociedad, la crisis económica que ha obligado a reducir el gasto público y a mantener tarifas bajas (las tarifas pagadas por los usuarios no cubren el 50% de los costos operacionales; el aseo urbano puede consumir de 15 a 20% del presupuesto municipal), la debilidad institucional y la falta de educación sanitaria y participación comunitaria han conducido a esta situación de manejo escaso e inadecuado de los residuos sólidos municipales que aflige a toda la Región.

2.2 GENERALIDADES DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA

Según afirma la Contraloría General de la República en un informe⁶ presentado en el 2003 (aunque la situación se mantiene en la actualidad), Colombia es un país que presenta deficiencias en materia de acceso adecuado de servicios públicos, así como en lo pertinente al manejo y disposición de los residuos sólidos ya sea urbanos, peligrosos, entre otros; el Ministerio del Medio Ambiente indicó que para finales de los años 90 se estimaba una producción de 22.000 toneladas diarias, de las cuales 13.000 eran descargadas a cuerpos de agua o dispuestas en botaderos a cielo abierto. Situación que se hacía más crítica si se tiene en cuenta que solo el 9% de los municipios, cuenta con sistemas adecuados de disposición final y en términos generales, en la actualidad las formas de disposición de los residuos sólidos no han cambiado.

El incremento de la población en los últimos años, los cambios en los patrones de consumo, un escaso nivel de conciencia y percepción, sobre la problemática y un mayor control sobre el reporte de cifras, son los factores que explican el aumento en la generación de residuos sólidos durante la última década, llevando prácticamente a duplicar las estimaciones sobre la producción de los mismos; estimaciones que para el 2002 alcanzaron cifras de 27.300 toneladas diarias de RSU con una población de 42 millones. Estos RSU se encuentran compuestos fundamentalmente por materia orgánica (52,3%), papel y cartón (18,3%), plásticos y caucho (14,2%), vidrio y cerámica (4,6%), textiles (3,8%), metales (1,6%) y otros (5,2%), la mayoría de estos desechos son aprovechados a través del reciclaje informal⁷.

La cifra sobre la producción de otros residuos, especialmente los derivados de la actividad industrial y los catalogados como peligrosos como los aceites usados, bifenilos policlorados o PCB, baterías usadas, plaguicidas, residuos hospitalarios y afines, entre otros, oscila entre 915.211 toneladas, aunque esta cifra solo contempla los residuos que

⁶ Informe Sobre el Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente Vigencia 2003; Capítulo 2, Saneamiento Básico y Ambiental en Colombia.

⁷ ACURIO, Guido. ZEPEDA, Francisco. TEIXEIRA, Paulo. ROSSIN, Antonio. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos sólidos Municipales en América Latina y el Caribe; Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, Washington, D.C.

pueden ser llegados a pesar, debido a que en ocasiones son dispuestos de forma conjunta con los de origen doméstico ante la ausencia de procesos de segregación, confirmándose el limitado control tanto en la producción como en el tratamiento y disposición de tales residuos.

En Colombia, al igual que en el tema de producción de residuos sólidos, las deficiencias en la información no permiten evaluar con certeza cuál es la condición actual del tratamiento y la disposición final en el manejo de residuos sólidos. A pesar de que la información aun carece de confiabilidad, oportunidad y actualidad, es claro que los avances en estos dos aspectos son reducidos y la gestión para el mejoramiento de esta problemática ha sido lenta por las condiciones del país en materia fiscal y de orientación de los recursos, el bajo nivel de control y cumplimiento de las normas y la desarticulación histórica de la planificación.

Recientemente la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios –SSPD-, a través de la Dirección Técnica de Gestión de Aseo realizó un estudio sobre la situación de la disposición final de residuos sólidos en 1086 municipios del país, de los cuales solo 350 municipios disponían sus residuos en rellenos sanitarios. Sin embargo, tal estadística resulta ser poco confiable si se tiene en cuenta que la misma Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios indica que a través de ejercicios de verificación en campo efectuados en varios de estos rellenos, detectó que al menos un 50% de los mismos tienen deficiencias técnicas que los clasifican más como enterramientos que como rellenos sanitarios.

De acuerdo con la Superintendencia Delegada para Acueducto, Alcantarillado y Aseo de la SSPD, la falta de educación y sensibilidad ambiental en las comunidades colombianas con relación al manejo y eliminación de sus desechos, ha propiciado desde hace mucho tiempo, que las personas dispongan los residuos sólidos en las aceras, vías, prados, parques, quebradas, ríos y cualquier otro espacio público, lo cual impide el manejo y control de los mismos por parte de las empresas prestadoras del servicio público domiciliario de aseo; todo esto producto de una cultura de desperdicio, de un uso inadecuado de elementos mal llamados “desechables”, que incrementan cada año los volúmenes de desechos y de esta manera generan la acumulación de residuos en los actuales sitios de disposición final.

El servicio de aseo en Colombia, como cualquier otro servicio que requiera calidad ambiental en su función de producción, esta regulado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Así, con el Departamento Administrativo del Medio ambiente (DAMA) en la ciudad de Bogotá, y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) a escala regional, el Ministerio realiza el control ambiental que la Ley 99 de 1993 le ordena. Por otro lado, el servicio mismo de Saneamiento Básico esta regulado por el Ministerio de Desarrollo Económico, que según la Ley 142 de 1994, es el responsable de regular y garantizar la prestación de este servicio público. Para hacer esto, el Ministerio cuenta con la Comisión Reguladora de Acueducto y Saneamiento Básico (CRA) quien redacta y dictamina las condiciones particulares del servicio (tarifas, contratos, etc.). La vigilancia de todo este proceso recae directamente en la presidencia de la República, ya que la Constitución es clara en señalar la obligación del Estado, en todo a lo que refiere a los servicios públicos. Evidentemente, en la actualidad esta vigilancia y responsabilidad es delegada en ciertas entidades especializadas para esto. La Superintendencia de Servicios

Públicos Domiciliarios (SSPD), es quien representa al Estado vigilando el cumplimiento de la legislación emitida por la CRA⁸.

En el país la prestación del servicio de aseo, se realiza de manera descentralizada con organismos que complementan el control que debe hacerse al manejo de las basuras. A nivel municipal se hallan empresas de economía mixta u operadores privados que prestan este servicio. Así, en Bucaramanga por ejemplo, la Empresa Pública Municipal de Bucaramanga (EMAB), es la entidad responsable de la prestación del servicio, es quien debe vigilar y controlar tanto a los que recogen y transportan la basura, como a los que la disponen. Según la Superintendencia de servicios públicos domiciliario en el Departamento de Santander como en otras regiones del país, existen a parte de los rellenos sanitarios otros sistemas y formas de tratamientos y disposición final de residuos sólidos, los cuales se encuentran así: 18 municipios que disponen adecuadamente en rellenos sanitarios; incineración, 2 municipios; botaderos y quema a cielo abierto, 59 municipios; a cuerpos de agua, 6 municipios; y otros sistemas, entre ellos lombricultura, compostaje, planta de residuos, 3 municipios.

Colombia es el país que más experiencia tiene en utilizar el régimen tarifario para el servicio de aseo urbano, esta tarifa esta preestablecida y reglamentada mediante resoluciones expedidas y actualizadas por la CRA. La actual estructura tarifaria del servicio de aseo se basa en el régimen de libertad Regulada. Esto significa que las personas prestadoras del servicio de aseo, fijan libremente las tarifas siguiendo de manera integral las metodologías de cálculo que expide la CRA. De acuerdo con el estrato socioeconómico, los usuarios reciben subsidios o pagan contribuciones de solidaridad. En el caso de que los recursos provenientes de las contribuciones de los usuarios sean insuficientes para cubrir el monto de subsidios, el municipio debe cubrir la diferencia. En este sentido, para la adecuada articulación del esquema tarifario y para garantizar la viabilidad financiera de las empresas, es indispensable el correcto funcionamiento del sistema de solidaridad y redistribución del ingreso⁹.

Hoy en día, el esquema tarifario difiere en relación con el número de usuarios atendidos. Es así como la estructura tarifaria para prestadores con menos de 8.000 usuarios se fundamenta en los costos medios de prestación del servicio, en tanto que las tarifas de aquellos prestadores con más de 8.000 usuarios se basa en un precio techo, para cada uno de los componentes del servicio que se cobran vía tarifas. El precio techo para un operador se define a partir de la aplicación de las fórmulas incluidas en la regulación.

La CRA fija un techo general en la regulación, a partir del cual cada uno de los prestadores con más de 8.000 personas define sus tarifas. En consecuencia, a partir del techo el prestador puede decidir fijar un precio más bajo por el servicio. El esquema tarifario permite que un incremento en las tarifas, se traduzca en incrementos casi proporcionales en los ingresos del operador; esto por cuanto la tarifa que se cobra al usuario residencial generalmente no depende del volumen de residuos sólidos producidos. Por la misma razón, los ingresos del operador se elevan casi proporcionalmente con el aumento de la población. De esta misma forma, para el

⁸ LIEVANO, Roberto David. Instrumentos Económicos para el Manejo Eficiente de Residuos Sólidos Residenciales en Bogota. Universidad de los Andes.

⁹ URIBE, Eduardo. DOMÍNGUEZ, Carolina. Evolución del Servicio de Aseo Domiciliario Durante la Última Década, CEDE, Marzo 2005.

desmonte de subsidios y el alcance de las tarifas meta, los operadores tenían como plazo final hasta Diciembre de 2005, con lo cual lograrían recuperar una parte de los costos del servicio.

Los componentes que integran la tarifa que paga el usuario como parte del servicio de aseo son la recolección y transporte de residuos sólidos, el barrido y limpieza de vías y áreas públicas, y el tratamiento y disposición final de basuras.

La actual regulación tarifaria, no incluye incentivos económicos para reducir el volumen de residuos sólidos que se producen, recogen y disponen. Tampoco emite señales que contribuyan a aumentar el aprovechamiento, salvo la excepción prevista en la opción tarifaria de multiusuarios, la cual al no ser integral genera desbalances en el sistema de subsidios y contribuciones. La recuperación de los residuos sólidos, es una actividad que contribuye al aumento de la vida útil de los rellenos sanitarios, lo cual resulta necesaria frente a su capacidad cada vez más reducida.

Adicionalmente, para asegurar un uso racional de los recursos naturales se han considerado instrumentos económicos como los tributos o tasas ambientales, cuyo propósito fundamental, es el de generar un cambio de actitud en los usuarios, sobre la presión que están ejerciendo sobre el medio ambiente, de tal manera que para éstos, sea económicamente mejor prevenir los daños generados por la utilización de los recursos que pagar el valor impuesto a través de la tasa.

2.2.1 Legislación y reglamentación para el manejo de residuos sólidos en Colombia. Los temas referidos a residuos sólidos municipales y peligrosos son tratados por diferentes sectores de la administración pública, tales como ambiente, salud, desarrollo urbano y social, comunicaciones, transportes, industrias, comercio, trabajo, entre otros. Además, su regulación está contenida en diversas leyes, reglamentos e instrumentos jurídicos que muchas veces no se tienen en cuenta. Esta combinación hace necesario, que se delimiten componentes y funciones para las autoridades reguladoras y también que se definan mecanismos jurídicos, para que cada autoridad administrativa sólo pueda hacer aquello que la ley le permite.

El seguimiento, vigilancia, control y cumplimiento de las regulaciones y normas ambientales para el manejo adecuado de residuos sólidos municipales, se observa un poco deficiente. Los limitados recursos determinan que las acciones de los organismos responsables de supervisión sean difíciles. Tampoco existen muestras que todas las infracciones constatadas se sancionan. Lo cual indica una debilidad en las autoridades competentes, ya que no pueden establecer una actuación eficiente, sobre las malas técnicas de disposición final, tratamiento, almacenaje y recolección, tanto por fallas normativas como por los múltiples problemas financieros de los municipios del país.

A pesar de lo anterior Colombia ha avanzado en el establecimiento de disposiciones legales (leyes, reglamentos y normas) y procedimientos administrativos (manifiestos, permisos, licencias y registros), dirigidos a definir las condiciones y restricciones que se aplican al manejo de los residuos sólidos municipales y su impacto en el ambiente.

2.2.1.1 Marco Legal de Carácter General.

- Constitución Política de Colombia.

- Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Ministerio del Medio Ambiente, 1998.
- Política Nacional de Producción mas Limpia, Ministerio de Medio Ambiente, 1998.

Leyes

- Ley 430/98. Sobre prohibición de introducir desechos peligrosos al territorio nacional.
- Ley 511/99. Por la cual se establece el día nacional del reciclador y del reciclaje.
- Ley 142/94. Por la que se le asigna a los municipios el deber de garantizar la provisión de servicios públicos. Modificada por la ley 689/2001.
- Ley 632/2000. Amplia la noción del servicio público de aseo, no restringiéndola al carácter de domiciliario, e incluyendo además las actividades complementarias de corte de céspedes y poda de árboles ubicados en las vías y áreas publicas.
- Ley 715/2001. Estableció que el 17% de los recursos que la nación trasfiera a las entidades territoriales como parte del sistema general de participaciones (SSGP) deben ser destinados a inversiones en infraestructura del sector de agua potable y saneamiento básico, y a subsidios de estos mismos servicios.
- Ley 9/79. Código Sanitario Nacional, es un compendio de normas sanitarias para la protección de la salud humana.
- Ley 99/93. Por la cual se crea en el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Publico encargado de la gestión y conservación del Medio Ambiente y los recursos naturales renovables. Se organiza el Sistema Nacional Ambienta SINA, y se dictan otras disposiciones.

Decretos

- Decreto 605/96. Por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo. Deroga el decreto 2104/83.
- Decreto 421/00. Reglamenta el numeral 4° del artículo 15 de la ley 142 de 1994, en relación con las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas.
- Decreto 891/2002. Por medio del cual se reglamenta el artículo 9 de la ley 632 de 2000.
- Decreto 2676/00. Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.
- Decreto 1753/94. Por el cual se reglamenta parcialmente los Títulos VIII y XII de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Artículos 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29.
- Decreto 2695/00. Se reglamenta el artículo 2° de la ley 511 de 1999, mediante el cual se crea la "Condecoración del Reciclador".
- Decreto 1713 del 6 de agosto de 2004 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.
- Decreto 1505/2003. Permite incluir en la tarifa el costo de las actividades de recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios aprovechables.
- Decreto 1443/2004. Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 253 de 1996, y la Ley 430 de 1998 en relación con la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos, y se toman otras determinaciones.

- Decreto 2811/74. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Decreto 1180/2003. Por medio del cual se reglamenta el título VIII de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.

Resoluciones

- Resolución 1478/2003. El cual presenta una guía metodología para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Resolución 2309/86 del Minsalud. Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del decreto-ley 2811/74 y de la ley 9ª/79, en cuanto a residuos especiales.
- Resolución 189/94 del Minambiente. Por la cual se dictan regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
- Resolución 541/94 del Minambiente. Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
- Resolución 970/97 del DAMA. Por la cual se reglamenta la gestión de residuos provenientes de establecimientos que realizan actividades relacionadas con el área de la salud.
- Resolución 120/00 de la CRA. Reglamenta la realización de aforos de residuos sólidos a los usuarios grandes productores.
- Resolución 133/00 de la CRA. Planes de manejo ambiental para rellenos sanitarios.
- Resolución 1096/00 del Mindesarrollo. Se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Resolución 201/2001 de la CRA. Por la cual se establecen las condiciones para la elaboración, actualización y evaluación de los planes de gestión y resultados.
- Resolución 1045 del 26 de Septiembre 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.
- Resolución 151/2001 de la CRA. Establece las tarifas máximas con arreglo a las cuales las entidades tarifarias locales deben determinar las tarifas de prestación del servicio ordinario de aseo en capitales de departamento y en municipios con mas de 8.000 usuarios.
- Resolución 233/2002 de la CRA. Por la que se establece una opción tarifaria para los multiusuarios del servicio de aseo.
- Resolución 153, 156, 162 / 2001 de la CRA. Que modifican parcialmente la resolución 151 de 2001 de la CRA.

Ordenanzas

- Ordenanza 15/00 de la Asamblea de Risaralda. Por la cual se expiden normas preventivas sobre saneamiento ambiental en los cementerios y funerarias.

Acuerdos

- Acuerdo 14/01 del Concejo de Pereira. Se crea el plan de manejo de residuos sólidos aprovechables. Normas de educación y cultura de aseo.

La tendencia actual está orientada hacia la mayor participación del sector privado en el manejo de los residuos sólidos. La opinión pública asume que el sector privado es más eficiente que el sector público y considera que también puede mejorar la calidad y los costos de los servicios prestados. Las contrataciones y concesiones al sector privado son una salida para los municipios que no tienen recursos disponibles para inversiones. Sin embargo, en la Región se discute al respecto, pues se encuentran algunas críticas a entidades prestadoras del servicio como sucede actualmente en el municipio de Barrancabermeja.

2.3 EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN BARRANCABERMEJA¹⁰

Foto 1. Panorámica del Relleno
La Esmeralda



Fuente: Los Autores

Foto 2. Celda de Uso Actual en
La Esmeralda



Fuente: Los Autores

En Colombia, tanto los municipios como las ciudades tienen como responsabilidad, elaborar y coordinar con las autoridades ambientales competentes, la aplicación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS); además de establecer los convenios con los diferentes sectores involucrados, para el desarrollo de actividades tendientes a la minimización de basuras y aprovechamiento de residuos sólidos. Hasta el año 2004, el Municipio de Barrancabermeja no había creado, diseñado e implementado el PGIRS, debido a la falta de compromiso de las autoridades competentes, que hasta ese momento no ejercían control alguno en lo referente al manejo del Relleno Sanitario para su correcto funcionamiento. Ya para el 2005 esta situación muestra un cambio y se inicia la elaboración de este plan, con el único fin de poder dar cumplimiento a lo dictaminado por la ley que lo propone, y así evitar ser sancionados por la CAS; el PGIRS será entregado en el mes de Febrero del presente año.

La Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) como autoridad ambiental, es la encargada de decidir si el relleno sanitario está en óptimas condiciones para su debido funcionamiento, por ello, a mediados de 1997 otorgó al municipio de Barrancabermeja la licencia ambiental para el funcionamiento del Relleno Sanitario "La Esmeralda". Hoy día,

¹⁰ CONTRALORIA MUNICIPAL DE BARRANCABERMEJA. Informe Sobre los Recursos Naturales y Medio Ambiente, vigencia 2004 – 2005.

por la falta de políticas claras sobre los residuos sólidos urbanos en el municipio, se ha generado una debilidad en el proceso de disposición final que debe ser solucionada por la administración del municipio velando por el objetivo del cuidado al medio ambiente.

Como adicional y agravante de esta coyuntura, el servicio de aseo que se presta a la comunidad es de orden privado. REDIBA E.S.P S.A., viola los principios, procedimientos y normatividad para la operación del Relleno Sanitario, debido a que solo se responsabiliza por la recolección y transporte de los residuos, dejando de lado lo pertinente a la disposición final; esto genera una problemática en el relleno sanitario, lo que conlleva al cierre del mismo y a la no continuidad de la prestación del servicio público domiciliario.

Adicional a esto, el relleno sanitario del Municipio de Barrancabermeja presenta ciertas deficiencias que se mencionan a continuación:

1. El Municipio no cuenta con un soporte legal, acto administrativo o acta de reiniciación, donde se continúe con los trabajos de "clausura y posclausura del Relleno Sanitario la Esmeralda y apertura de la nueva celda, incluyendo todas las labores necesarias ordenadas por la Resolución 00000174 del 4 de febrero de 2002, por la cual se resuelve un recurso y se dictan otras disposiciones, emanadas de la Corporación Autónoma Regional de Santander, CAS, incluyendo obras, diseños, servicios y gestiones requeridas ante el ente ambiental de conformidad con las cantidades, precios, especificaciones técnicas y demás condiciones contempladas en la propuesta que se adjunta y en los demás anexos que hacen parte integral del contrato" puesto que el contrato No.146/02, entre el Municipio de Barrancabermeja y Construvicol Ltda., cuyo objeto era el anteriormente mencionado, se suspendió según consta en el acta del 25 de julio de 2003, esto teniendo en cuenta que el Municipio es el responsable y poseedor de la licencia ambiental.
2. No existe un funcionario encargado mediante acto administrativo, que cumpla las funciones como Coordinador permanente de las operaciones en el Relleno La Esmeralda, teniendo en cuenta nuevamente, que el Municipio es el responsable de la licencia ambiental y de asegurar que se preste a todos sus habitantes el servicio público de aseo, de manera eficiente, sin poner en peligro la salud humana, ni utilizar procedimientos y métodos que puedan afectar el medio ambiente, y en particular sin ocasionar riesgos para los recursos, aire, agua y suelo, ni para la Fauna y la Flora.
3. La falta del servicio de agua potable, está contribuyendo a la propagación de enfermedades infecto-contagiosas de los empleados del Relleno Sanitario, hacia la comunidad.
4. Otra de las problemáticas que se evidencia en el relleno, es la presencia habitual de los recicladores, con lo cual se Viola la Resolución 1045/03 expedida por el Ministerio del Medio Ambiente, artículo 3 de la Resolución No.0006/04, expedida por la CAS, Resolución 477/04, expedida por el Ministerio de Desarrollo Económico.

Adicional a estos inconvenientes que presenta el relleno sanitario, se evidencian otras problemáticas concernientes al manejo de los residuos sólidos en el municipio de Barrancabermeja, dentro de las que más se destacan, se encuentran el manejo de escombros, de los residuos hospitalarios y el funcionamiento del matadero municipal.

2.3.1 Manejo de Escombros. La disposición inadecuada de escombros, también es una problemática ambiental urbana que se relaciona no sólo con la invasión de espacio público y destrucción de ecosistemas (procesos de rellenos de humedales), también por inconvenientes presentados en los sistemas de acueducto y alcantarillado por las obstrucciones.

Es importante que los generadores de escombros o residuos de construcción o demolición, reevalúen la estrategia de contratar un servicio para deshacerse de estos desechos, puesto que generalmente son vertidos o arrojados en forma inescrupulosa a las zonas verdes, vías públicas y áreas recreativas y deportivas del Municipio. Este problema de los escombros en Barrancabermeja, es un tema ya diagnosticado, no obstante, los organismos municipales, no se han apropiado del tema para resolver esta problemática.

Según la Contraloría Municipal de Barrancabermeja, para el año 2004, se observaron aproximadamente 9 puntos de vertido ilegales de Residuos de Construcción y demolición, todos ubicados en el área urbana del municipio. Desde el punto de vista del ordenamiento, el municipio requiere asignar áreas para la disposición de escombros de manera adecuada, atendiendo a criterios técnicos referidos a la tenencia de la tierra, condiciones geotécnicas, capacidad, e infraestructura vial.

2.3.2 Residuos Sólidos Hospitalarios. En Barrancabermeja, las dependencias municipales que generan residuos sólidos hospitalarios, pueden clasificarse de dos formas: la primera, la conforman los centros de salud encargados por la ESE, los cuales tienen estructurado los PGIRH y la disposición final de los desechos, que es efectuada por un operador especializado (DESCOMP LTDA); y el segundo es el Hospital San Rafael, que aunque siendo departamental, en años anteriores generaba un impacto directo al municipio, puesto que los RSH se disponían en el cementerio Municipal. A partir del año 2003 se implementó el PGIRH y para la disposición final, se designó a un operador especializado (SANDESOL LTDA).

2.3.3 Matadero Municipal. Por otra parte, en este mismo aspecto se puede hablar del matadero, que es el establecimiento dotado con instalaciones necesarias para el sacrificio de animales de abasto público o para consumo humano, así como para tareas complementarias de elaboración o industrialización, cuando sea del caso, y que haya obtenido la respectiva Licencia Sanitaria de Funcionamiento para efectuar dichas actividades.

El matadero de Barrancabermeja, está clasificado como Clase II debido, a que su capacidad instalada le permite sacrificar en 8 horas, 401 animales o más. Es por tanto, que debería cumplir con ciertos requerimientos y disponer de algunas áreas, dependencias y equipos básicos para su funcionamiento. Las instalaciones que existen en el municipio de Barrancabermeja para el sacrificio bovino, no cumplen con varios de los requerimientos de ley para estar catalogado como de Clase II, ya que muchos de los ítems que se deben cumplir técnica y adecuadamente, no se encuentran en las instalaciones del matadero Municipal. Además, en el monitoreo hecho por la contraloría del municipio, se pudo establecer que el matadero no ha tramitado la licencia ambiental y la de funcionamiento ante la CAS y la Secretaría Departamental de Salud.

3. VALORACION ECONOMICA AMBIENTAL

Debido a que en la mayoría de los casos se hace un uso inadecuado de los recursos naturales y el medio ambiente, surgen consecuencias como la contaminación; tal es el caso de los residuos sólidos, ya que ellos en la actualidad son uno de los problemas más serios de deterioro ambiental que se está afrontando en el país, situación que se presenta por la escasez de recursos técnicos, humanos y financieros para su control, como por el limitado conocimiento de su producción, composición y efectos.

El análisis económico tiende a identificar los problemas de degradación medio ambiental como un ejemplo más de las llamadas fallas del mercado. La realidad es que al medio ambiente y los recursos naturales no se les asigna un precio, porque tanto el mercado de bienes y servicios, como el de los factores productivos, funcionan en competencia imperfecta y con información incorrecta, lo que conlleva a que no se les de un valor real que permita tranzarlos.

A pesar de la problemática existente en la asignación de precio para dichos tipos de bienes, se encuentran formas de aproximar estos valores, dentro de ellas se pueden encontrar, el valor de uso en si mismo, el cual pueden ser de uso directo como son las actividades comerciales (subsistencia de pobladores locales) y no comerciales (mercados nacionales e internacionales). Adicionalmente poseen un uso indirecto relacionado con las funciones que cumple el bien ambiental, las cuales generan sustento o protección en las actividades económicas¹¹.

Por otra parte se encuentra el valor de no uso, en este se diferencia el valor de opción y el de cuasi-opción, el primero es el precio que un individuo estaría dispuesto a pagar por preservar algo para un uso futuro, y el de cuasi-opción es el que refleja el beneficio neto obtenido al posponer una decisión en espera de despejar parcial o totalmente la incertidumbre mediante la obtención de una mayor información. Mientras que el valor de existencia refleja la utilidad de un individuo por preservar algo que no esta usando, no quiere que le falte en el futuro, ya sea que haga o no uso de él; para determinar este valor de existencia se han sugerido una serie de valores que se atribuyen a algún tipo de preocupación por otras personas u otros seres, entre ellas se encuentra el valor del legado, el valor de donación y el valor de simpatía.

3.1 ¿QUÉ ES LA VALORACIÓN ECONÓMICA?

“Valorar económicamente el medio ambiente significa poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, que permita compararlo con otros componentes del mismo”¹².

¹¹ AZQUETA, Diego. “Economía y Medio Ambiente”, Valoración Económica del Medio Ambiente: Algunas consideraciones previas, Mc Graw-Hill Madrid, España. 1994, pagina 5.

¹² AZQUETA, Diego. “Economía y Medio Ambiente”, Valoración Económica del Medio Ambiente: Algunas consideraciones previas, Mc Graw-Hill Madrid, España. 1994, página 11.

La esencia de la valoración económica del medio ambiente es encontrar la disposición a pagar por obtener los beneficios ambientales o por evitar los costos ambientales medidos donde el mercado revele esta información. En conjunto, el propósito de la valoración es revelar el verdadero costo del uso y escasez de los recursos naturales. Por lo tanto valorar económicamente los bienes y servicios ambientales significa contar con un indicador monetario que permita determinar el valor de una alteración desfavorable en el medio natural provocada por una acción o actividad económica. Esta acción provoca un cambio en la condición de los recursos afectados, pasando de un estado de conservación a otro más deteriorado.

Los impactos de los costos económicos que producen los daños ambientales en el producto interno bruto (PIB), dan muestra de la importancia de la valoración económica de bienes y servicios ambientales. Pero no todos los costos económicos por daños ambientales pueden ser medidos como parte del PIB, pero de igual forma afectan el bienestar social; es por esto que este valor económico que se establezca se convertirá en información útil para los agentes tomadores de decisiones en términos de política de manejo de los recursos ambientales.

3.2 METODOLOGÍAS PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA

En el marco de la economía del bienestar, existen diferentes formas de aproximar el valor de un bien o servicio ambiental. Cuando los recursos naturales brindan protección a desastres naturales y seguridad en el abastecimiento de bienes y servicios en el futuro, una afectación a los mismos puede estimarse por el método de valoración económica de costos evitados o inducidos. Cuando al afectarse un recurso natural se tiene problemas con la salud, se utiliza el método de valoración económica análisis de cambios en la tasas de morbilidad. La alteración del recurso natural que genera la aparición de plagas, requiere de medidas preventivas, si hay daños a infraestructuras básicas es necesario establecer medidas de mitigación, las cuales deben valorarse al igual que los costos relacionados con pérdidas de ingresos por la no productividad o ausencias al trabajo.

Entre las metodologías para la valoración de bienes y servicios ambientales y recursos naturales existen dos clases de metodologías las directas e indirectas¹³.

Las metodologías directas o de construcción de preferencias se crearon debido a la necesidad de hacer valoración para bienes o servicios ambientales de los cuales no se tiene ningún tipo de información sobre las cantidades transadas y los precios de estos. El enfoque surge en respuesta a cómo valorar bienes en situaciones en las que no existen aspectos observables que permitan estimar la demanda por el bien. En las metodologías indirectas el enfoque de su valoración se basa en el uso de observaciones sobre el comportamiento de los individuos en mercados convencionales observables que se relacionan con los bienes no transables en el mercado.

Los métodos indirectos se desarrollan como sustitutos para mercados con fallas y parten del hecho, que existen unas preferencias reveladas por parte de los individuos, es decir el

¹³AZQUETA, Diego. "Economía y Medio Ambiente", Valoración Económica del Medio Ambiente: Algunas consideraciones previas. Mc. Graw-Hill Madrid, España. 1994. Página 5.

comportamiento actual y sus decisiones para inferir en el valor de los bienes, puesto que las preferencias de los individuos se revelan en su toma de decisiones. Así la valoración de un bien no mercadeable, como lo es un bien ambiental, a partir de un método indirecto será muy fructífera en la medida en que la valoración del bien convencional se haga bajo un escenario de información completa y real sobre cantidades demandadas y los respectivos precios.

Entre las metodologías directas se encuentra el método de valoración contingente y en el enfoque indirecto están comprendidas las metodologías de morbilidad, mitigación, transferencia de beneficios, costos de viaje, precios hedónicos y costo-beneficio¹⁴.

3.2.1 Método de Valoración Contingente (MVC). Es uno de los métodos más populares para estimación de beneficios derivados de bienes y servicios no mercadeables. El MVC intenta determinar el valor económico que las personas otorgan a los cambios en bienestar derivados de una modificación en la oferta de un bien ambiental. Su aplicación se hace cuando el bien o servicio a evaluar no se asocia con ningún otro que tenga mercado. Para obtener la estimación del valor económico, hay que definir cual es el cambio en el recurso que se quiere valorar y cual es la población afectada por este cambio.

3.2.1.1 Aplicación del método. Con su aplicación se busca averiguar y construir las preferencias de las personas a través del uso de encuestas donde se crea un mercado hipotético y se pregunta por la máxima disposición a pagar (DAP) o a aceptar (DAA) por el cambio en el bien ambiental, con la información recopilada se realiza una estimación econométrica de la DAP media de la población y se intenta determinar el valor total asignado al recurso ambiental.

3.2.1.2 Supuestos¹⁵. Los supuestos de la aplicación del método son de corte macroeconómico:

- El individuo maximiza su utilidad dada una restricción de presupuesto representada por el ingreso disponible. Es decir un ingreso limitado para gastar en un bien.
- El comportamiento del individuo en el mercado hipotético es equivalente a su comportamiento en un mercado real. Así el individuo toma una decisión racional de comprar o no el bien en un mercado real.
- El individuo debe tener información completa sobre el bien. Esa información se debe incluir en la pregunta de la disponibilidad a pagar. El individuo reflejará su verdadera DAP si tiene completa información sobre los beneficios y costos que le genera el bien.

3.2.1.3 Alcances y Limitaciones.

- La complicación de esta metodología consiste en la dependencia que se tiene en la honestidad con la que los individuos dan las respuestas, es decir, los resultados obtenidos pueden ser confiables o no confiables según las personas respondan con sinceridad hacia el bien en cuestión a evaluar.

¹⁴ AZQUETA, Diego. "Economía y Medio Ambiente", Mc Graw-Hill Madrid, España. 1994

¹⁵ Resolución 1478, Guía Metodológica para la valoración de Bienes, Servicios, Ambientales y Recursos Naturales; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- En lo anterior esta el sentido por el cual para este trabajo no se hace uso de esta metodología, pues sus respuestas tienen una alta tendencia a la no aceptación de sus resultados. El ambiente hipotético hace que los individuos actúen de diversas formas y por diferentes motivos, dando a la valoración económica poca veracidad; adicional con la aplicación de este método se incurre en un alto costo monetario y un mayor lapso de tiempo para realizarlo.
- El MVC pretende aproximar la máxima disponibilidad a pagar por un bien o por la mejora del mismo, o al contrario, por la compensación mínima que el individuo está dispuesto a recibir por el deterioro del bien. El fin es dar una medida monetaria por el cambio en el bienestar, preguntando directamente a los afectados; para el proyecto del relleno sanitario "La Esmeralda" lo anterior sería muy difícil de calcular debido a que la población que hacen uso del servicio de aseo no conoce realmente la problemática que se evidencia en el sitio de disposición.
- Este método es el único que mide la pérdida de bienestar ante un cambio en la calidad ambiental para un individuo o consumidor que no usa el bien o que en el momento no lo está utilizando. Siendo así este el único método que estima una valoración económica total que incluye valores de existencia, opción y legado.
- También es de resaltar que con MVC se pueden valorar hechos futuros

3.2.2 Método de Morbilidad (Método de efectos sobre la salud). Este método es usado para valorar la morbilidad relacionada con la alteración de la calidad de los factores ambientales que pueden tener consecuencias sobre la salud de las personas, en sí es, estimar valores económicos de los cambios ambientales por medio de cambios en la salud.

Se parte, de que el costo en el que puede incurrir un individuo por padecer una enfermedad es una estimación de los beneficios que podrían conseguirse con acciones que la prevengan.

3.2.2.1 Aplicación del método. En la valoración de este impacto existen métodos que se basan en las probabilidades de Mortalidad y Morbilidad.

Para establecer la relación entre nivel de contaminación y probabilidad de muerte, se necesita definir una variable independiente que puede ser el número de días de ausencia laboral o la baja en el rendimiento laboral. Estas variables implican diferenciar tipos de personas y de empresas, pues no todas responden igual, se requiere información sobre edades, sexo, renta, ingresos extra laborales, entre otros. Con estas variables se estima una regresión y con la media de las variables y los coeficientes estimados se calculan las elasticidades.

Costo de tratamiento: Al considerar en este método la salud como un bien que se obtiene de la combinación de insumos como lo son visitas al médico, medicinas, ejercicio y calidad ambiental, entre otras, entonces se puede decir que el ambiente propicia la adquisición de enfermedades, los costos de producir salud son más altos, teniendo en cuenta que sufrir una enfermedad genera costos de diagnóstico, costos de hospitalización y tratamiento, pérdida del salario, días de trabajo perdidos y días de actividad restringida. Por lo cual es conveniente para las personas reducir al mínimo los factores que propician estas enfermedades antes que padecerlas.

También es importante considerar quienes pagan los costos; si es el caso, existe un sistema de seguridad social, siendo así, el total de contribuyentes los que pagan, pero en el caso contrario será la familia quien pague y en un caso intermedio donde existan pólizas, serán las compañías de seguro las afectadas.

Existe otro tipo de daños provocados por el ambiente que resultan muy difíciles de valorar.

Funciones de producción de salud: La información necesaria para este método se basa en una función de utilidad que relaciona la calidad ambiental con estados de salud deseados, características de los individuos que pueden influir como: edad, educación, sexo, ingreso, raza, presencia de enfermedades crónicas, etc. Y bienes que se adquieren en el mercado en pro de la salud.

Teniendo en cuenta la restricción presupuestaria de las personas se puede llegar a una expresión que indique el gasto óptimo en cuidados médicos y el cambio en el gasto que se produce por una modificación en la variable ambiental.

3.2.2.2 Alcances y Limitaciones. Esta metodología puede aplicarse cuando es posible establecer una relación directa de causa-efecto entre las enfermedades y el bien ambiental. Esta es una limitación para su aplicabilidad, puesto que no se han concluido estudios para determinar los efectos de la salud de diversos contaminantes.

- El método es de fácil aplicación cuando es una enfermedad relativamente corta y sin impactos negativos en el largo plazo.
- Se requiere de una correcta estimación del valor económico de los ingresos y del costo incurrido en el tratamiento de la enfermedad.
- Solo se puede aplicar esta metodología a individuos que se encuentren involucrados con el mercado laboral.
- Para este estudio la metodología se ve limitada debido a que no se conoce directamente el daño que se produce a las personas que laboran, viven o a la población del municipio en general por causa de la contaminación de los residuos sólidos en su sitio de disposición final. Además la salud se indica como un factor a tener en cuenta dentro de este trabajo.

3.2.3 Método de Gasto en Mitigación¹⁶. El gasto en mitigación (GM), también llamado gasto en prevención, es un método basado en el comportamiento que tienen las personas para prevenir y/o mitigar los impactos ambientales negativos a que son expuestas. El GM es útil en la valoración de efectos físicos de fácil identificación para los individuos y para los cuales existe posibilidad de prevenirlos y/o reducirlos.

Este método intenta dar un valor monetario que la gente está dispuesta a gastar para evitar la molestia ocasionada por la alteración del ambiente, esta disposición se deriva por

¹⁶ OSORIO, Munera Juan David. Directrices para la Valoración Económica de los Costos Ambientales, Universidad de Medellín.

medio de los gastos que se realizan en los bienes de mercado para compensar la molestia causada por el bien ambiental afectado.

3.2.3.1 Aplicación del método. Para aplicar el método primero se debe identificar claramente el atributo ambiental a valorar y luego se requiere de observaciones directas de las medidas de mitigación reales que enfrentan las personas, empresas o instituciones para protegerse de los efectos ambientales negativos o riesgos asociados a éstos. Luego, se estiman los costos de realizar dichas medidas para estimar el gasto en mitigación total. Cuando no existen datos (información) observables se deben realizar estimaciones de las posibles medidas mitigadoras y de los costos en que se debería incurrir para efectuarlas.

3.2.3.2 Supuestos. El supuesto de este método consiste en que los insumos utilizados en la mitigación no proporcionan satisfacción por sí mismos, sino a través de los cambios en los atributos ambientales. Para los individuos es conveniente, en términos económicos, mitigar hasta el punto en que el beneficio de dicha prevención es igual al costo de hacerlo. De este modo, existe un nivel óptimo económico de mitigación.

3.2.3.3 Alcances y Limitaciones.

- Dado que la estimación se basa en el gasto efectivamente realizado no se logra capturar el excedente del consumidor (máxima disposición a pagar), por lo que se está subestimando el valor asignado al impacto ambiental.
- La estimación está restringida por la capacidad de pago de la población.
- El supuesto de que no hay beneficiarios secundarios asociados al GM, puede producir sobre estimaciones.
- Para cambios ambientales recientes o de rápida ocurrencia, las consecuencias pueden ser percibidas solamente por las personas afectadas en el corto plazo y el GM será una mínima estimación del valor del daño, ya que puede haber más afectados en el largo plazo; es por tanto que este método no se ve como una herramienta a utilizar en el presente trabajo dado que no estimara el daño ocasionado por el mal manejo de los residuos sólidos en el relleno sanitario para un largo intervalo de tiempo, no evidenciando el número real de población potencialmente afectada.

3.2.4 Método Transferencia De Beneficios (MTB). La transferencia de valores ambientales es una herramienta para valorar externalidades asociadas a los proyectos de política ambiental; es la utilización de los valores monetarios de bienes ambientales estimados en un contexto determinado, para evaluar los beneficios de un bien similar o bajo distinto contexto, del cual se desconoce su valor.

La Técnica de Transferencia de Beneficios involucra datos, modelos y valores encontrados en estudios primarios; por consiguiente esta técnica es considerada como una metodología secundaria de valoración, pues no requiere de recolección primaria de datos; situación que favorece a las instituciones u organizaciones debido a que a veces suele no ser práctico recolectar información primaria sobre la cual basar las estimaciones de valoración económica y la aplicación de los resultados previos de otras investigaciones en situaciones similares.

La transferencia de beneficios es muy apropiada cuando:

- Los fondos, tiempo, o personal son insuficientes para reunir datos primarios o emprender un nuevo estudio satisfactorio.
- Cuando se necesita generar información preliminar de los beneficios no mercadeables relacionados con proyectos de política ambiental.
- La TB es una técnica de valoración basada en la aplicación de valores estimados, funciones, datos o modelos desarrollados en un contexto para establecer una valoración en un contexto alternativo. En esta metodología se utiliza información existente para realizar una adaptación y utilizar la información económica que se obtiene del lugar de estudio en otro sitio similar conocido como "lugar de política". La información que se obtiene del lugar de estudio es similar a la del lugar de política, los problemas son similares en los dos casos y los procedimientos de valoración también lo son. Además, para minimizar los errores deben seleccionarse estudios de sitios con poblaciones de características socio-económicas y condiciones del mercado similares para ambos sitios.

El método de transferencia de beneficios puede ser dividido en tres tipos principales, los cuales pueden ser utilizados dependiendo de la necesidad y el recurso de que se trate el estudio; ellos son:

- El método de transferencia de valores fijos; donde los beneficios totales de el sitio donde se va a establecer la política se estiman tomando los valores por unidad Standard provenientes de los datos de un sitio de estudio.
- El método de juicio de especialistas; los beneficios totales de el sitio donde se va a establecer la política se estiman tomando los valores por unidad provenientes de un juicio de un especialista o de un proceso de opinión.
- El método modelos estimadores de valor; los modelos estimados provenientes desde un sitio de estudio, son usados con datos de variables explicatorias recogidos en el sitio donde se va a establecer la política para estimar el valor por unidad y el valor total del sitio de la política.

3.2.4.1 Aplicación del Método¹⁷. Para desarrollar esta técnica se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Se debe contar con la identificación completa: en extensión, magnitud y cantidad de los impactos que son causados por la acción propuesta a valorar. La población que será afectada por la política, debe ser ampliamente identificada en aspectos como magnitud y extensión.
- Identificar los datos necesarios para la estimación o análisis, incluyendo el tipo de medida (unidad, promedio, valor magnitud), el tipo de valor (de uso, de no uso, de existencia o valor total), y el grado de certidumbre del medio donde serán transferidos los datos.

Adicionalmente, el lugar donde se llevara a cabo la valoración debe cumplir con ciertas condiciones:

¹⁷ OSORIO, Munera Juan David. Directrices para la Valoración Económica de los Costos Ambientales, Universidad de Medellín.

- Los estudios utilizados para la transferencia deben estar basados en datos adecuados con un método económico sólido y una técnica econométrica correcta.
- Los estudios deben contener información estadística que relacione los beneficios (costos) y las características socioeconómicas de la población afectada.
- Un número suficiente de estudios individuales en proyectos relacionados con sus beneficios o costos a partir de los cuales se pueda hacer inferencia estadística para aplicar al sitio objetivo.

3.2.4.2 Supuestos¹⁸.

- El estudio esta dirigido a un problema específico o único que esta influenciado por la magnitud de las estimaciones obtenidas.
- Para que propósito se genero el valor estimado del estudio original. Que grupo de usuarios se considero en la generación de la estimación inicial.
- Han cambiado las actitudes generales, las percepciones, o los niveles de conocimiento en el periodo desde el momento en que el estudio fue llevado a cabo de una manera que influya en la estimación del beneficio.
- Es el proyecto considerado en el estudio inicial relevante para transferirlo a la política o proyecto que se esta evaluando.
- Hay ajustes para evitar sesgos en la estimación.
- Es importante identificar muy bien los estudios originales que se utilizan para realizar la transferencia de las estimaciones del lugar de estudio al lugar de política.

3.2.4.3 Alcances y Limitaciones¹⁹.

- Cuando no se cuenta con el tiempo, o recursos financieros suficientes para hacer la recolección de datos, esta metodología se presenta como herramienta importante para llevar a cabo la evaluación.
- Esta metodología puede llegar a presentar algunas limitaciones por cuanto existe incertidumbre relacionada con la utilización de valores de estudios primarios que tengan diferencias potenciales con respecto a la política específica que se está valorando. Dada esta limitación, es necesario que los evaluadores de políticas realicen supuestos en donde los valores estimados sean un límite inferior y no sean sobrevalorados.
- Se debe ser cuidadoso en la utilización de las transferencias, especialmente cuando se observan diferencias culturales o de otro tipo que impiden que los estudios realizados con anterioridad sean por completo aplicables al sitio objetivo de evaluación.
- Este método no es recomendable para el estudio que se plantea de valoración económica en el relleno sanitario del municipio de Barrancabermeja ya que la información que este estudio exige debe ser tanto primaria como secundaria, adicional a ello, no hay un estudio de valoración en la región que sirva como referencia.

¹⁸ Resolución 1478, Guía Metodológica para la valoración de Bienes, Servicios, Ambientales y Recursos Naturales; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

¹⁹ Resolución 1478, Guía Metodológica para la valoración de Bienes, Servicios, Ambientales y Recursos Naturales; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

3.2.5 Método De Costo De Viaje (MCV). El MCV es empleado para estimar valores de uso económico de ecosistemas, zonas de reserva, parques, espacios de esparcimiento y en general ambientes destinados a la recreación, los cuales dado su carácter de recurso natural o de bienes ambientales no poseen un mercado definido donde se obtenga información sobre precios y cantidades demandadas, por lo cual la valoración se realiza de forma indirecta por medio de mercados relacionados o valores sustitutos de mercado; por ejemplo para disfrutar de un parque natural se incurre en gastos de desplazamiento que se denominan costos de viaje.

La aplicación de este método se da, cuando existe una relación de complementariedad entre bienes ambientales y bienes privados. Se trata por tanto, de intentar estimar cómo varía la demanda del bien ante cambios en el costo de disfrutarlo, con ello se tiene estimada la curva de demanda del bien, y se podrían analizar los cambios en el excedente del consumidor que una modificación en el mismo produciría.

Esto se hace bajo el supuesto, que el comportamiento observado de los agentes puede ser usado para estimar el valor de bienes ambientales sin precio en los mercados, mediante la estimación de los costos involucrados en el uso del bien y servicio turístico. De esta manera, el valor del sitio o de los servicios de recreación que presta es reflejado en la cantidad que los individuos están dispuestos a pagar para tener acceso al sitio, de forma que el costo en que incurren las personas por visitar el sitio y el tiempo invertido, valorado en el costo de oportunidad del trabajo, representan el precio de este recurso.

El MCV, puede ser empleado para estimar los beneficios o costos económicos resultado de:

- Un cambio en el costo de acceso a un sitio de recreación.
- La eliminación de un área o un ecosistema usado para recreación.
- La creación de un sitio o la destinación de un ecosistema para actividades de recreación.
- Cambios en la calidad ambiental de un ecosistema o sitio de recreación.

El costo del viaje se puede dividir en:

- Costos ineludibles: derivados estrictamente del desplazamiento como el combustible y mantenimiento del vehículo, si se desea pueden incluirse los pasajes, el parqueadero y la entrada al sitio.
- Costos discrecionales: como son comer por el camino, o la estadía de una noche antes de llegar al destino.

Costo de Oportunidad: es el tiempo invertido en algo que hubiera podido ser dedicado a una actividad alternativa. Con respecto al valor del trabajo, el tiempo tiene un costo de oportunidad que se expresa en términos de producción.

El tiempo: el tiempo transcurrido en el viaje y el tiempo pasado en el lugar de destino, ambos son de difícil cuantificación.

3.2.5.1 Aplicación del Método²⁰. En primer lugar, se divide el entorno de influencia del parque en zonas, cada una se caracteriza por un determinado costo de viaje. En segundo lugar, se realiza una encuesta entre la población de estas zonas que informe el número de visitas al parque en el último año, su zona de procedencia y las características socioeconómicas

Si se conoce la población total de las zonas definidas, y el número de visitantes originarios de ella, podemos construir la propensión media a visitar el parque para cada zona: dividiendo el número de visitantes por la población total. Con los datos obtenidos se puede hacer una regresión en la que la propensión media a visitar el lugar sea la variable independiente. Con ello se obtiene la curva de demanda agregada de los servicios del parque y modificando el costo de viaje en la regresión anterior, se van obteniendo los demás puntos de la curva de demanda de los servicios del parque.

Alternativamente, con la información anterior, se podría estimar directamente la curva de demanda en función de las diferencias en el costo de viaje para cada persona, y de las características de la misma. Esta curva de demanda implícita, es la que permitiría valorar en términos monetarios cualquier cambio que se produzca en la cantidad o en la calidad ofrecida de estos servicios, mediante un análisis de las modificaciones producidas en el excedente neto de los consumidores.

3.2.5.2 Supuestos²¹.

- El costo de viaje depende de la distancia a la zona de esparcimiento.
- El número de viajes depende del costo de viaje.
- Se asume que los individuos perciben y responden a cambios en el costo de viaje, en la misma forma que responderían a cambios en precios de admisión al sitio.
- El tiempo tiene valor y la tasa de salarios representa el costo de oportunidad del tiempo que se emplea en la visita al sitio de esparcimiento.
- El tiempo de un individuo será igual al tiempo que dedica a trabajar más el tiempo dedicado a la recreación.
- Los costos incurridos en la actividad recreativa serán iguales al costo monetario del viaje más el costo monetario de permanencia en el lugar.
- El ingreso total del individuo estará determinado por su ingreso disponible no asociado al trabajo, mas el ingreso fruto del tiempo trabajado.

3.2.5.3 Alcances de la Metodología²².

- Define los factores tanto de los individuos como de un lugar de recreación que determinan la demanda por él.
- Estima una función de demanda por un sitio de recreación, y a partir de ella estima la disponibilidad a pagar por él.

²⁰ Ibid.

²¹ MENDIETA, Juan Carlos. Manual de Valoración Económica de Bienes no Mercadeable; Universidad de los Andes, Bogota, 1999.

²² Resolución 1478, Guía Metodológica para la valoración de Bienes, Servicios, Ambientales y Recursos Naturales; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- Valora los flujos de servicios de recreación a partir de un recurso natural que se utilice para la recreación.
- Estima cambios en los valores debido a cambios en la calidad o en las características de un lugar de recreación.

3.2.5.4 Limitaciones de la Metodología²³.

- Deben descartarse del estudio a todos aquellos que no sólo visitaban el parque sino otros lugares de la zona, porque en estas circunstancias es muy difícil atribuir a cada uno de los sitios la parte correspondiente del costo en que se ha incurrido.
- El segundo problema es el de demarcación de las zonas de influencia, ya que las pautas de comportamiento de los visitantes más alejados así como sus motivaciones difieren de los más cercanos.
- La demanda de los servicios de un determinado entorno se podría expresar a través de un número de visitas al mismo a lo largo del año, pero no es lo mismo pasar una tarde, una semana, o un fin de semana, y sin embargo todas quedarían registradas como una visita; en la práctica lo que se hace es estimar distintas funciones de demanda para los visitantes en el día, los de fin de semana y los de una semana o más.
- Los parámetros requeridos para este proyecto de valoración no se acomodan a los propuestos por esta metodología, puesto que esta se emplea para estimar los valores económicos de ecosistemas o zonas de reservas, entre otras, que son destinados a la recreación.

3.2.6 Método De Los Precios Hedónicos. El enfoque hedónico se aplica bajo el supuesto que algunos bienes de la economía se caracterizan por un grado de heterogeneidad que determina su valor, como es el caso de las viviendas, la tierra y los salarios. Debido a lo anterior este enfoque se divide en: Renta hedónica para tierras, Salarios Hedónicos y Precios Hedónicos.

La Función de Precios Hedónicos (FPH) tiene como finalidad diferenciar todos los atributos que posee un bien, tratar de valorarlos independientemente y estimar cuanto inciden en el precio total del bien. Esta metodología lo que hace es asociar al precio de un bien mercadeable con las características que este posee; y en la medida en que dichas características sean cuantificables, se estimara una función de demanda que relaciones cada característica con el precio, suponiendo que las demás características no varían.

El método se aplica especialmente al precio, de alquiler o de compra, de la vivienda, y entre los atributos que se incluyen figuran algunos de tipo ambiental; es por esto, que los precios hedónicos lo que tratan es de cuantificar como la presencia de características ambientales influyen en el precio de las viviendas, a través de lo que será posible asignar un valor económico a estos atributos.

²³ OSORIO, Munera Juan David. Directrices para la Valoración Económica de los Costos Ambientales, Universidad de Medellín.

Esta metodología puede ser usada para estimar los beneficios o costos económicos asociados con:

- La calidad de un bien o recursos natural, en donde se contempla la contaminación del aire o el ruido.
- La provisión de servicios ambientales, como la proximidad a sitios recreacionales.

3.2.6.1 Supuestos²⁴.

- El precio refleja el valor de los atributos; y se obtendrá de la interacción de los compradores y los vendedores, dado a su racionalidad maximizadora.
- El precio de equilibrio en el mercado se obtiene cuando la oferta y la demanda se igualan. Es así, que el objetivo es determinar la Función de Precios Hedónicos, a partir de la interacción de los agentes en el mercado competitivo para estos bienes diferenciados.
- Debido a la naturaleza heterogeneidad de los inmuebles, este mercado no posee un precio único, sino más bien un rango de ellos, que dependen de los atributos, características o de la calidad del bien. Atributos que son fuente de valor y que deben ser enumerados por que en últimas son ellos los que proporcionarían la información económica necesaria.
- El rango de las características o atributos de un bien es continuo.
- La escogencia del lugar de un bien, depende de las preferencias, el ingreso del individuo y los precios de los atributos ambientales de esos bienes.

3.2.6.2 Alcances y Limitaciones²⁵.

- El alcance de beneficios ambientales que pueden medirse se limita a los aspectos que se relacionan con los precios de las viviendas.
- Los supuestos del comportamiento del mercado, tales como completa información y movilidad, empíricamente son muy difíciles de asociar al mercado de vivienda, por la existencia de altos costos de transacción.
- El método es relativamente complejo de aplicar e interpretar y requiere un grado alto de conocimiento estadístico. Se requiere una amplia información sobre todos los rasgos que influyen en el valor de las propiedades.
- Esta metodología es útil en el caso de áreas protegidas cercanas a zonas residenciales, si la información de precios es de fácil adquisición será muy factible la aplicación de la metodología, en caso contrario, la recolección de esta puede ser muy costosa.
- La FPH no es un método viable para valorar la problemática vivida en el relleno “La Esmeralda” esto se da por las mismas características que tiene la metodología en su medición.

3.2.7 Valoración Costo-Beneficio (MCB). Todos los métodos basados en costos estiman el valor de bienes y servicios ambientales ya sea en costos de evitar daños,

²⁴ Resolución 1478, Guía Metodológica para la valoración de Bienes, Servicios, Ambientales y Recursos Naturales; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

²⁵ Ibid.

costos debidos a la pérdida de servicios o costos de sustituir servicios ambientales. La metodología de la valoración por costo beneficio proporciona la estimación de un valor para los recursos naturales basándose en los costos en que incurren las personas para evitar los posibles daños causados por la pérdida de los servicios que prestan dichos recursos.

Este método utiliza el valor del gasto en protección o el costo de las acciones tomadas para evitar daños ambientales como una aproximación a la valoración que da la sociedad a los flujos de servicios proporcionados por los ecosistemas. Por ejemplo en este caso un relleno sanitario tiene las características de proteger contra la propagación de plagas a una población, el valor económico de este sitio de disposición final se puede estimar por los costos que se evita la población al no ocurrir una epidemia por plagas o por los gastos que hace la población para proteger las características del relleno sanitario que evitan dicha propagación.

3.2.7.1 Aplicación del Método. Para la aplicación del método se requiere de la delimitación del bien o servicio ambiental proporcionado, que incluye aspectos concernientes a como se proporciona, a quien se proporciona y el nivel proporcionado. En la aplicación del método el primer paso es estimar el daño potencial a la propiedad a lo largo de un periodo de tiempo y concluye con el cálculo del valor monetario del daño potencial a la propiedad o costo para evitar tal daño.

Este método se puede aplicar usando dos acercamientos, el primero es utilizar la información sobre la pérdida potencial de bienes que generaría a la sociedad la pérdida de los servicios que prestan los recursos naturales, esto para estimar los costos que tendría que afrontar la sociedad, en este caso el investigador estima, en pesos, los daños probables a los bienes si los recursos no se restauran o se conservan.

Un segundo acercamiento sería determinar si la sociedad o los dueños de los recursos han gastado dinero para proteger las características de los mismos, estos gastos para evitar la pérdida de los servicios del ecosistema proporcionan una estimación del valor de tales servicios.

Dentro del marco de este tipo de evaluación se divide en tres etapas prácticas que se han de dar para someter el estudio de la valoración económica:

- Delimitación del bien o servicio ambiental proporcionado.
- Estimación del daño potencial a la propiedad en un intervalo de tiempo.
- Hallar el cálculo del valor monetario del daño potencial a la propiedad o el costo de evitarlo.

3.2.7.2 Alcances y Limitaciones.

- Con la aplicación del método costo-beneficio no se obtendrán las medidas estrictas del valor económico basadas en la disponibilidad a pagar de los individuos por bienes o servicios. Se asume que los costos de evitar daños, pérdidas o sustituir bienes y servicios ambientales proporcionan estimaciones útiles del valor de estos ecosistemas o servicios,

bajo el supuesto que si la gente incurre en dichos costos, entonces estos servicios deben valer al menos lo que la gente ha pagado por obtenerlos y/o mantenerlos.

- Este método puede proporcionar un indicador del valor económico sujeto a restricciones en la disponibilidad de datos y el grado de sustitución entre los bienes relacionados, conociendo que es más fácil medir los costos incurridos para generar beneficios, que estos beneficios cuando los bienes y servicios no son parte del mercado.
- A través de este método se pueden generar medidas próximas del valor económico consistentes con el concepto económico de valor de uso para los bienes y servicios no mercadeables de difícil valoración por otro medio. Esta aproximación asume que los costos para reparar daños o sustituir bienes y servicios ambientales son medidas validas de los beneficios proporcionados por dichos recursos. Sin embargo, los costos no son por lo general una medida exacta de los beneficios.
- Las preferencias de los individuos por bienes y servicios ambientales o el comportamiento en la ausencia de estos mismos no son consideradas por este método. Por tanto, deben ser usados como la última instancia para valorar bienes y servicios proveídos por un ecosistema.
- Se pueden presentar inconsistencias con los métodos debido a que la evaluación de proyectos, programas y políticas ambientales no son basados sobre el análisis beneficio-costos, es decir, el costo de un proyecto de recuperación y protección puede en realidad exceder los beneficios generados por la sociedad; de igual forma el costo de proyectos realizados para proteger un recurso ecológico subestimaría los beneficios de un nuevo proyecto para mejorar o proteger el recurso.
- Este tipo de aproximación solo se usa después que un proyecto ha sido puesto en práctica o si la sociedad ha demostrado su disponibilidad a pagar por el proyecto de alguna manera. De no ser así, no se puede establecer que los beneficios proporcionados por el bien o servicio suministrado por el recurso ecológico a la comunidad sean mayores que el costo estimado del proyecto, puesto que es necesaria la evidencia de que los individuos demanden el bien o servicio alternativo para poder establecer que dichos costos son un estimador apropiado económicamente.

Lo anterior refleja que esta metodología se basa en una estimación en su mayoría económica, en donde se da un valor monetario al daño ambiental; valor que en últimas no encierra todo el impacto causado al medio ambiente. Para llevar a cabo esta valoración se debe hacer uso de variables cuantitativas lo cual se vuelve una limitación para el uso de este método, debido a que en la mayoría de proyectos de corte ambiental se utilizan también variables cualitativas, que con este no se podrían llegar a medir.

Con el transcurso del tiempo y el avance en la recolección de información para el estudio de la valoración económica de RSU de Barrancabermeja, se hizo necesario llevar a cabo una reevaluación del uso del método costo-beneficio, que se pensó aplicar en un principio, pues el proyecto empezó a exigir el uso de variables cualitativas en un mayor grado que de las cuantitativas. Dicha razón, fue la que condujo a la utilización del análisis multicriterio, dado que este brinda la opción de conjugar los dos tipos de variables en su uso; de igual forma proporciona la posibilidad de instaurar políticas que ayudan a afrontar y a corregir en parte los impactos ambientales que de allí se desprenden.

3.2.8 Análisis Multicriterio en las decisiones Ambientales (MCA)²⁶.

El punto de partida de esta metodología, es que cuando se ha de decidir entre diversas alternativas, lo mas frecuente es que se pretendan maximizar o minimizar diversos criterios contradictorios entre si, de forma que lo que se ha de establecer es un compromiso entre dichos objetivos.

El análisis multicriterio busca integrar las diferentes dimensiones de una realidad en un solo marco de análisis para dar una visión integral y de esta manera tener un mejor acercamiento a la realidad; principalmente es adecuado para tomar decisiones que incluyen conflictos sociales, económicos y objetivos de conservación del medio ambiente.

Este modelo MCA sostiene que los agentes económicos responsables de tomar decisiones y formular políticas buscan un equilibrio o compromiso entre un conjunto de objetivos usualmente en conflicto, que pretenden satisfacer en la medida de lo posible una serie de metas asociadas a dichos objetivos.

Desde el punto de vista de las aplicaciones en las empresas y las organizaciones, el análisis multicriterio se desarrolla en dos formas:

- Decisión multicriterio discreta, que se interesa por la elección entre un numero finito de alternativas posibles (proyectos, inversiones, candidatos, etc.).
- Decisión multicriterio continua, se centra fundamentalmente en la programación lineal con criterios múltiples, generalizando el caso de criterios múltiples, los resultados de programación lineal y de sus algoritmos asociados.

Cada decisión real que se tome va contener diversas soluciones, cada una con sus ventajas y sus inconvenientes, dependiendo de la posición que adopten los diferentes agentes, debido que actualmente se toman en consideración sus diferentes puntos de vista, motivaciones o fines, los cuales se dan por la variedad de sus propósitos.

El MCA tiene las siguientes etapas:

1. Definición y estructuración del problema a investigar.
2. Definición de un conjunto de criterios de evaluación.
3. Elección entre métodos discretos o continuos: si se conocen el número de alternativas y criterios, se utiliza un método discreto; si éstas son infinitas, se utiliza uno continuo.
4. Identificación de las preferencias del decisor: se tienen que respetar las preferencias subjetivas de las personas que intervienen en el proceso de decisión.
5. Elección del procedimiento de agregación de los criterios.

3.2.8.1 Aplicación del Método. Este método implica una serie de procedimientos diseñados para identificar y organizar información relevante con diferentes pasos en un complejo proceso de toma de decisiones. Destaca las opciones que se analizaran y los criterios considerados más importantes. De este modo se comparan las ventajas y desventajas de todas las opciones. Cada efecto se evalúa en una unidad común para todas las alternativas mediante indicadores cuantitativos y cualitativos. Se pueden

²⁶ MARTINEZ ALIER, Joan, ROCA JUSMET, Jordi. Economía Ecológica y Política Ambiental. Capítulo 4, Problemas de Valoración y Criterios de Decisión, Pagina 269.

introducir valores que indiquen la importancia relativa de cada efecto. Dichos valores por lo común se derivan de encuestas de opinión pública o de políticas gubernamentales.

Se puede decir que el MCA es más útil cuando existen diferentes opciones en las que hay grados en la combinación de los diferentes criterios. Nos obstante, el MCA requiere cierto nivel de información sobre el uso de los recursos y su impacto, además de los valores asociados con los objetivos que no siempre pueden ser accesibles²⁷.

Todos los enfoques multicriterio pretenden obtener soluciones que sean eficientes en el sentido paretiano, el primer paso consiste en obtener el conjunto de soluciones factibles y eficientes; El concepto de optimalidad paretiana conduce a otro concepto crucial en el campo multicriterio: el concepto de tasa de intercambio o trade – off.

Las tasas de intercambio tienen un doble interés dentro de la metodología multicriterio; por una parte, constituyen un buen índice para medir el costo de oportunidad de un criterio en términos de los otros criterios que se están considerando y por otra, juega un papel crucial en el desarrollo de los métodos interactivos multicriterio, representando una especie de dialogo en el que el centro decidor transmite al analista sus preferencias, medidas por las tasas de intercambio.

Un problema multicriterio, con un discreto número de alternativas, puede ser explicado de la siguiente forma²⁸:

A es un conjunto finito de n alternativas o acciones posibles; G es el conjunto de las m funciones de evaluación g_i $i=1,2,\dots,m$ asociadas a los criterios de evaluación o puntos de vista, considerados relevantes en el problema de decisión. Si a es una alternativa, $g_i(a)$ es su evaluación en el i -ésimo criterio.

En esta forma, un problema de decisión puede ser representado en una matriz P de m filas y n columnas denominada matriz de evaluación o impacto, cuyos elementos p_{ij} ($i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,n$) representan la evaluación de la alternativa j -ésima en el i -ésimo criterio. La matriz de impacto puede incluir información cuantitativa, cualitativa, difusa, estocástica.

Tabla 1. Matriz de Acciones y Factores

		Acciones		
		A ₁	A ₂	A ₃
Factores	C ₁	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃
	C ₂	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃
	C ₃	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃
	C ₄	P ₄₁	P ₄₂	P ₄₃

Fuente: Los Autores

Si a y b son dos alternativas, la alternativa a es mejor que la alternativa b , según el i -

²⁷ GILPIN, Alan. Economía Ambiental. Un análisis crítico. Capítulo 6 "Instrumentos Económicos" Grupo Editorial Alfaomega, 2003.

²⁸ FALCONI, Fander, BURBANO, Rafael. Instrumentos económicos para la gestión ambiental: Decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. Capítulo 3.

ésimo criterio o punto de vista, si

$$g_i(a) > g_i(b).$$

La alternativa a domina a la alternativa b , si a es al menos tan buena como b para todos los criterios que están siendo considerados, y mejor que b al menos en un criterio.

3.2.8.2 Alcances y Limitaciones.

- El MCA tienen a su favor el realismo y la legibilidad, que son activos importantes en las organizaciones, en un momento en el que la complejidad de las decisiones es reconocida por la mayor parte de los actores, aun cuando no todos ellos muestren la misma sensibilidad ante los diferentes criterios.
- Una de las mayores ventajas del método multicriterio es que permite considerar un amplio número de datos, relaciones y objetivos, que generalmente están presentes en un problema de decisión específica del mundo real, de tal modo que el problema de decisión a manejar, puede ser estudiado de una manera multidimensional. Una acción a puede ser mejor que una acción b de acuerdo a un criterio y peor según a otro. Por tanto, cuando se toma en consideración diferentes evaluaciones en conflicto, un problema multicriterio está matemáticamente mal definido, en el sentido de que puede no existir la solución óptima, por lo que generalmente se requieren “soluciones compromiso”.
- Desde del punto de vista del análisis multicriterio, los instrumentos económicos pueden ser un criterio más para evaluar el estado de la situación en una región o país, lo que en principio quiere decir que es factible de ser incluidos en un MCA. Sin embargo, debe analizarse en profundidad la posibilidad o la dificultad de establecer el “nivel óptimo” del instrumento y cual serían los efectos sobre el análisis multicriterio de incluir o excluir dicho criterio.
- En el mundo real el análisis multicriterio proporciona un acercamiento a la complejidad al aceptar diferentes criterios de descripción de una misma realidad; las distintas dimensiones de un problema de tipo económico, social, ambiental, etc., pueden ser tomadas en cuenta en el MCA.
- El MCA posibilita la participación de los actores involucrados en un problema mediante la elección de los criterios de evaluación en un marco de amplia participación social. Además permite la calificación directa de las distintas alternativas de elección por parte de los actores.
- No es posible establecer de forma inmediata qué método resulta mejor para un problema empírico dado, sino que las condiciones en las que estos métodos se aplican mejor dependen del contexto. Por lo tanto el problema radica en elegir el método correcto para determinado problema. Esto hace que el enfoque sea más flexible pero también más complejo.

4. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SOCIOECONÓMICOS Y AMBIENTALES DEL RELLENO SANITARIO LA ESMERALDA Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA MULTICRITERIO

Como se ha mostrado en este trabajo, las variables que se involucran en la aplicación de este modelo multicriterio, para el estudio del impacto ambiental del relleno “La Esmeralda”, son de naturaleza numérica (cuantitativas) junto con variables de tipo lingüístico (cualitativas), a las cuales se les asigna una etiqueta asociada a un valor, para luego realizar adiciones y sustracciones que arrojen una valoración del impacto. Así mismo, el modelo matemático que se efectuó, debe combinar ambos tipos de forma coherente.

Como respuesta a lo anterior, han surgido las técnicas difusas, las cuales son una herramienta que se integran en la aplicación de la metodología multicriterio; resultando muy útiles para abordar problemas en los que la imprecisión y la incertidumbre están presentes, permitiendo además, el manejo simultáneo de variables cuantitativas, como de cualitativas, sin necesidad de realizar ninguna alteración a estas últimas variables a una escala numérica.

Para esta tesis y dando uso al método del análisis multicriterio, se pone en práctica un instrumento informático que reúne diferentes tipos de criterios, de tal forma que las partes involucradas (REDIBA y La Contraloría Municipal de Barrancabermeja) y los intereses políticos, económicos, ambientales, sociales, éticos, etc., encuentren un punto de acuerdo que hace posible la creación de una opinión o juicio de fácil aceptación y reconocimiento; así quienes estén interesados, decidirán si ejecutar o no un proyecto, que conlleve a cambios en el medio natural, físico o del bienestar de la comunidad del Municipio de Barrancabermeja.

(AIEIA), Aplicación Integral de Evaluación de Impacto Ambiental, es un software, que intenta mejorar el procesamiento de la información ambiental, aplicando la metodología difusa a la evaluación del impacto; está también aporta elasticidad al manejo de datos y la ampliación de las opciones de valoración. De igual forma el AIEIA identifica las actividades y los factores medio ambientales más impactados.

Las características principales de este paquete informático AIEIA, son²⁹:

- Permite hacer un número ilimitado de evaluaciones de impacto ambiental a los proyectos.

²⁹ MORON, Blanco Armando (Dr.); MARTIN, José Manuel (Dr.). INTEGRACION DE MODELOS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL. Universidad de Granada y Huelva, Ministerio de educación y cultura de España. 2005.

- Puede crear, editar, consultar y borrar más de un proyecto a la vez.
- Puede copiar información entre distintas evaluaciones del mismo proyecto o de proyectos diferentes.
- Los factores ambientales y las acciones de proyecto se organizan mediante árboles jerárquicos de un número indeterminado de niveles.
- Las variables que intervienen en cada etapa de la evaluación, se representa mediante la teoría de conjuntos difusos.
- Permite crear, editar, consultar y borrar variables difusas, e índices de calidad ambiental y, se pueden agrupar en familias.
- Esta diseñado para permitir una visualización gráfica de manera que se pueda ver en cualquier momento toda la información numérica y lingüística de cada evaluación referente a la **Importancia del Impacto Ambiental, Medidas Correctoras, Magnitudes y Evaluación de Impacto Ambiental** propiamente dicha, tanto en la matriz de impactos como en los distintos *árboles de acciones y factores ambientales*. La información se ofrece mediante cálculos absolutos o relativos (ponderados mediante los pesos asociados a los factores ambientales).
- Es totalmente configurable, tanto en los aspectos estéticos como en los aspectos de gestión de visualización, cálculo, e impresión en segundo o primer plano.

En este capítulo se analiza la gestión de los residuos sólidos urbanos y su disposición final en el relleno sanitario “La Esmeralda”, utilizando las herramientas del AIEIA, que se involucran en el proceso de estudio de impacto ambiental y la toma de decisiones multicriterio a través de dicho paquete informático.

4.1 DESCRIPCION, FUNCIONAMIENTO Y ESTADO ACTUAL DEL RELLENO SANITARIO “LA ESMERALDA” EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA³⁰

En el municipio de Barrancabermeja existe el relleno sanitario “La Esmeralda” el cual entró en funcionamiento en 1995, debido a la problemática ambiental que se presentaba en el antiguo botadero de basura; se encuentra ubicado en el área rural, zona noroccidental del municipio, en la comuna 6, sobre el kilómetro 8 de la vía que conduce a San Vicente de Chucurí. La Esmeralda, esta compuesta por dos lotes de catorce y diecisiete hectáreas, las cuales son empleadas para la extracción del material de cobertura y la disposición final de los residuos respectivamente; su área útil, es de 11,18 Ha, de las cuales 3.53 Ha ya fueron empleadas para la disposición final de los residuos, celda³¹ que estuvo en operación hasta Febrero de 2002. Fue clausurada en Marzo del mismo año mediante Resolución N° 00174 del 4 de Febrero de 2002 de la CAS. Actualmente se encuentra operando otra celda, la cual cuenta con un área de 1,75 Ha.

La zona donde funciona actualmente el relleno sanitario es catalogada como Bosque Húmedo Tropical debido a sus condiciones climáticas; una precipitación que se encuentra entre los 2000 y 4000 mm anuales, temperatura superior a los 24°C, altura sobre el nivel del mar por debajo de los 500 metros, la humedad relativa para la región es alta alcanzando valores cercanos a la saturación.

³⁰ CONTRALORÍA MUNICIPAL DE BARRANCABERMEJA, Informe especial del relleno sanitario “La Esmeralda”, Municipio de Barrancabermeja, vigencia 2002-2004”.

³¹ Sitio en donde se disponen los desechos en el relleno sanitario para luego ser cubiertos.

Figura 2. Mapa Político de Santander, Señalización de Barrancabermeja y el Relleno La Esmeralda.



Fuente: INVIAS (Instituto de Vías de Colombia)

En los alrededores del relleno La Esmeralda, se puede apreciar una flora que esta conformada por los bosques de galería, que presentan diferentes tipos de vegetación, como la herbácea, la arbustiva, bosque natural, vegetación acuática y algunas especies frutales; Estos bosques se encuentran bordeando el caño que atraviesa tanto el sector clausurado, como la celda de deposición diaria en su parte posterior, con distancias aproximadas de 5m y 20m respectivamente.

La fauna que se observa en el entorno del relleno esta representada por aves, anfibios, reptiles y mamíferos; entre las aves se encuentran el gallinazo, la tortolita, el cucarachero y el gavián; en los reptiles se destacan las serpientes, la rana e iguana; y entre los mamíferos la ardilla, el fara y los murciélagos.

La empresa REDIBA E.S.P. S.A. presta el servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos generados en Barrancabermeja, de tipo residencial, industrial, comercial, institucional, adicionalmente y para dar cumplimiento a la ley, realiza la asistencia de barrido y limpieza, poda de césped y corte de árboles.

Los vehículos empleados para la recolección y el transporte son compactadores con una capacidad de 9, 10 y 17 toneladas; estos vehículos operan con dos rutas diferentes por día y la frecuencia de llegada al relleno es de 2 a 4 veces; comenzando su labor, en las horas de la mañana (8:30 a.m.) y termina aproximadamente hacia las 9:00 p.m. Los

vehículos recolectores ingresan a las instalaciones del relleno sanitario “La Esmeralda” y disponen su contenido en la celda destinada para esta labor.

A la Esmeralda entran aproximadamente un total de 817,42 toneladas semanales de basura; se habla de un total aproximado, debido a que el relleno no cuenta con una estación de pesaje, ni se lleva un registro de los vehículos que ingresan diariamente. Los días en los cuales se observa mayor depósito de residuos son los lunes y martes, aproximadamente 154,94 ton y 197,94 ton respectivamente y el de menor es el domingo con 17,36 ton.

Al relleno llegan residuos tales como el papel, plástico, cartón, icopor, textil, vidrio, residuo sanitario, residuos de jardín, residuos de alimentos, entre otros, de los cuales los de mayor significancia son los residuos de alimentos con 59.1%, seguido de los plásticos con un 11,8% y en una menor cantidad se encuentran los residuos de jardín con un 1.58%³².

Además de los residuos depositados por la empresa concesionaria, también ingresan vehículos particulares provenientes de la Cárcel Municipal, POSTOBON, Estaderos, El Batallón Nueva Granada y La Firma Transportes y Equipos, entre otras³³, aportando aproximadamente 0.30% del total de los residuos depositados.

En el relleno sanitario “La Esmeralda” como en cualquier otro relleno o sitio de disposición de desechos, diariamente se generan gases y lixiviados por el proceso de descomposición de los mismos, los cuales influyen en el detrimento de las condiciones naturales del área de influencia y por consiguiente afectan al medio ambiente.

La cantidad de lixiviados que se generan en el relleno, aumenta en periodos de lluvia (marzo a mayo y de septiembre a noviembre), épocas en donde se observan la contaminación de los suelos, las aguas superficiales y las subterráneas debido a que las aguas lluvias arrastran los lixiviados y los residuos que aún no han sido cubiertos, los cuales se desplazan y van a parar a un caño que bordea el relleno. Este caño posee un caudal muy bajo, de tan solo 13,72 l/seg, razón por la que se considera que tiene una capacidad ambiental general muy baja, que no permite que las sustancias que llegan hasta él, sean diluidas rápidamente alterando así las características físico químicas del agua; problema que se agrava, debido a la cercanía de este a cuerpos de agua (la ciénaga Brava a 2.5 Km. de distancia, la ciénaga el Zarzal a 3.5 Km. al igual que el caño las Marías y el caño el Zarzal).

³² CONTRALORIA MUNICIPAL DE BARRANCABERMEJA, Diagnóstico Ambiental y Formulación del Plan de Manejo Ambiental para El Relleno Sanitario La Esmeralda del Municipio de Barrancabermeja; 2005.

³³ Datos suministrados por: Construvías De Colombia, (CONSTRUVICOL LTDA); Calle 46 No. 24 – 03 Barrio el Recreo.

Foto 3. Canal de Fluído de Lixiviados



Fuente: Los Autores

Foto 4. Tanque de Lixiviados



Fuente: Los Autores

Los días en que aumenta la producción de lixiviados son los Lunes y Martes debido a que son los días en que hay una mayor llegada de residuos al relleno; el caudal mínimo registrado en la celda de actual operación fue de 0.15 l/s y el máximo de 0.32 l/s, y en la celda clausurada el mínimo es de 0.010 l/s y el máximo es de 0.028 l/s.

La cantidad de gases que se producen dependen de la descomposición de las basuras y de la humedad existente en el relleno, siendo esta última alta, por las condiciones meteorológicas presentes en la zona; es por esto, que “La Esmeralda” evacua los gases producidos al interior de las celdas por medio de unas chimeneas, conformadas por gaviones³⁴. Hoy día la celda clausurada cuenta con 11 chimeneas y sus respectivos quemadores, y la celda actual posee 12 chimeneas ascendentes en construcción; entre los gases que allí se producen se encuentran: dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno, ácido sulfhídrico, metano, nitrógeno y oxígeno, así como ácidos grasos volátiles.

³⁴ Contenedor de piedra retenido con malla de alambre electrosoldada

Foto 5. Gavión



Fuente: Los Autores

Es importante realizar un buen manejo de los gases que se producen diariamente en el relleno debido, a que pueden llegar a generar alteraciones en la calidad del aire, que traerían consigo problemas ambientales, dado que el mayor efecto sobre este recurso, se debe a los olores y la generación de biogás producto de las descomposiciones de la materia orgánica.

El operador del relleno sanitario en Barrancabermeja busca, a parte de mejorar el paisaje y mantener las calles libres de residuos, reducir a un mínimo el daño ambiental, para así garantizar la salud de la población sometida al riesgo de sus afluentes. Un problema que presenta el relleno, es que llegan a él todos los residuos sólidos; logrando con esto, hacer más corta la vida del mismo; ya que en el municipio de Barrancabermeja no se ha implementado la conducta de reciclar por parte de los usuarios.

Actualmente, se realiza separación de los residuos en el mismo relleno sanitario; a la llegada de cada camión, un grupo de personas mal denominadas recicladores que allí viven, seleccionan el material y lo trasladan a un centro de acopio, que se encuentra ubicado a 130 metros aproximadamente del relleno, para posteriormente ser comercializado.

Foto 6. Recicladores Laborando



Fuente: Los Autores

Foto 7. Viviendas dentro del Relleno



Fuente: Los Autores

El reciclar en la fuente los productos que sirven para comercializar, disminuiría la llegada de estos al relleno, evitando con esto la presencia de recicladores en el mismo, ya que su presencia interfiere con la eficiencia de la operación, pone en riesgo su salud y la de todas las personas que ingresan a este sitio, al realizar fogatas para cocinar sus alimentos, por los gases que allí se encuentran.

Esta descripción general sobre como funciona y se encuentra actualmente el relleno sanitario “La Esmeralda” brinda las bases para continuar y proceder a desarrollar las técnicas de evaluación del método multicriterio.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES

Partiendo de la descripción hecha anteriormente acerca de la problemática del relleno sanitario, que aportan el conocimiento, análisis y valoración del entorno en que se desarrolla; se identifican los factores ambientales mas representativos del medio. Son objeto de este listado las características físicas, químicas, biológicas y de actividad humana, como: las socioeconómicas y las socioculturales del sitio de estudio, necesarias para la definición de su estructura y la comprensión de su funcionamiento.

Los factores ambientales son un conjunto de variables que permiten, unas aproximaciones más operativas al concepto del medio ambiente, susceptibles de ser inventariadas, medidas y valoradas. En últimas lo que tratan es de dar un conocimiento específico del territorio; los factores sobre los que se han de identificar, describir y evaluar los efectos directos e indirectos del estudio son³⁵:

- Ser humano, fauna y flora
- Suelo, agua, aire, clima y paisaje

³⁵ Manual de Soporte AIEIA. Software.

- Los bienes materiales y el patrimonio cultural
- La interacción de los factores indicados

Adicional a los anteriores, también se podrían tener en cuenta: los ecosistemas, el patrimonio histórico, las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público.

Siguiendo los parámetros para el uso del AIEIA, se propone una estructura jerárquica de tipo árbol para la representación del entorno, seccionándolo en subsistemas, medios y factores ambientales, que permitan comprender y clasificar el entorno, asignándole una medida de importancia relativa en unidades de importancia ponderada (UIP). Esta medida se estipulara, tomando en cuenta la fragilidad del factor ambiental, su valor de conservación, sensibilidad a los impactos y su importancia relativa.

La selección de factores ambientales, debe cumplir las siguientes características mínimas (AIEIA):

- Ser representativos del entorno afectado
- Ser relevantes
- Ser excluyentes entre si, y
- De fácil identificación

Teniendo en cuenta la información sobre la situación de los residuos sólidos en el relleno la esmeralda, se construyó un árbol de factores ambientales de cuatro niveles, en donde al nodo superior de este árbol se le asignan 1000 UIP.

- Sistema ambiental,
 - Medio,
 - Factor y
 - Subfactor ambiental.

El sistema ambiental, es el medio ambiente en el que se desarrolla este estudio y representa 100% de las UIP, este a su vez, se ha dividido en subsistemas o medios, a los que se les ha ponderado de la siguiente forma:

- 34% de las UIP al medio físico por la importancia que representan para este ecosistema la calidad del agua, el aire y el suelo; dado que son un medio de difusión para la contaminación y representarían un importante indicador de las perturbaciones que se le hacen al medio;
- 16% de las UIP al medio biótico debido a que la cubierta vegetal y la fauna, son un recurso valioso.
- 50% de las UIP restantes se han asignado al medio perceptual y socioeconómico, factores que influyen en el bienestar social y la calidad de vida.

El medio físico, representado por los factores agua, atmósfera (aire) y suelo, se han dividido en subfactores que indican algunos calidad y otros contaminación, algunos abundancia y otros escasez del recursos, de acuerdo al inventario ambiental obtenido del informe sobre el relleno sanitario; la distribución de las UIP se ha hecho de la siguiente forma:

- 8% de las UIP corresponden al factor agua y todas ellas son atribuidas al agua subterránea y a las aguas superficiales.

Para el año 2005, la contraloría del municipio, realizó un estudio³⁶, donde se tomaron muestras del agua. Las aguas superficiales mostraron un aumento de Nitratos y Nitritos, que según los expertos se debe principalmente a un aporte de materia orgánica, que generan escasez de oxígeno en el recurso hídrico, disminuyendo la degradación de la materia orgánica y la transformación del Nitrógeno amoniacal.

Dentro del estudio de las aguas superficiales, se tomaron dos puntos diferentes del caño que rodea el relleno, el primero es aguas arriba, en donde la muestra presentó valores por encima de lo permitido por el decreto 1594/84, lo cual es anormal. Este incremento en el DBO₅³⁷ se puede estar presentando por el vertimiento de escorrentías de materia orgánica, que provienen de un criadero de cerdos contiguo al relleno sanitario.

El segundo punto de muestreo fue tomado después de su paso por el relleno, este también arrojó un incremento importante de la DBO₅, lo cual se dio por la atribución de materia orgánica proveniente de los lixiviados, que llegan al recurso hídrico por infiltraciones y escorrentías. Para el caso del oxígeno disuelto los valores registrados son completamente normales de acuerdo con el decreto 1594/84 en su artículo 45, en cual este parámetro debe ser mayor a 4 mg de O₂/l.

Los valores de los dos puntos de muestreo se encuentran en el rango de recurso hídrico eutroficado que va desde 0.02 – 1 mg/l. El fósforo total registrado aguas arriba ya indica estado de eutroficación, es probable que las actividades agrícolas que se practican cerca del relleno incidan directamente en esta condición. Este valor se duplica aguas abajo por el contacto con los lixiviados como se explico anteriormente.

El agua subterránea del relleno sanitario se puede observar mediante 3 pozos. El pozo 1 tiene un nivel de agua de 2,20 m, El pozo 2 de 1,10 m, y el tercero de 1,33 m medido desde la parte superior de cada uno de ellos.

³⁶ CONTRALORÍA MUNICIPAL DE BARRANCABERMEJA, Diagnóstico Ambiental y Formulación del Plan de Manejo Ambiental para El Relleno Sanitario La Esmeralda del Municipio de Barrancabermeja; 2005.

³⁷ la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Determina la rapidez con que la materia orgánica, consume oxígeno por la descomposición bacteriana. Si DBO es grande, indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua. El subíndice 5 significa que la muestra fue observada el quinto día.

Foto 8. Tanque de Aguas Subterráneas



Fuente: Los Autores

Los estudios realizados a estos pozos muestran que las concentraciones más altas de Nitrato, Nitrito y Fósforo las presenta el pozo 1 el cual se encuentra ubicado más cerca de las celdas, a diferencia de los pozos 2 y 3 que se encuentran más alejados mostrando una disminución en las concentraciones.

La DBO_5 indica una situación anormal, esto se debe a la presencia de materia orgánica por contacto de lixiviado a causa de infiltraciones. El oxígeno disuelto presenta valores bajos, aunque normales para aguas estacionarias. El agua de estos pozos no tiene ningún uso en el relleno, pero la reoxigenación periódica de los mismos, evita problemas de eutroficación y prolonga su vida útil. Así pues, los indicadores seleccionados o subfactores y su ponderación relativa son:

- 4% Disponibilidad de agua
- 4% Calidad del agua
- 15% de las UIP corresponden a factores que afectan el atmósfera (aire); la mayor parte de estos se debe a los olores y a la generación de gases provenientes de la descomposición de la materia orgánica y la humedad existente en el relleno. Sin embargo también se encuentra polvo y partículas formadas en la extracción del material de cobertura. No existe un dato actual de la medición de las concentraciones de gases en el relleno sanitario, por lo cual, no se sabe si las concentraciones sobrepasan los límites permitidos.³⁸

Los gases encontrados en las celdas son: dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno, ácido sulfhídrico, metano, nitrógeno y oxígeno, además de ácidos grasos volátiles. Periódicamente se hace control al sistema de venteo de los gases, para

³⁸ CONSTRUVICOL LTDA. Diseño de la nueva celda del relleno sanitario La Esmeralda. Barrancabermeja. Marzo 2002

observar las concentraciones de metano, dióxido de carbono, oxígeno y la relación metano-oxígeno, es de importancia, pues cuando la concentración de metano es menor al 5%, la de oxígeno no debe ser más del 11% para sostener los límites de seguridad.

La mala calidad del aire, tiene como consecuencia, efectos ambientales de importancia, dado que un alto grado sobre este recurso, se debe a los olores y la generación de biogás producto de las descomposiciones de la materia orgánica. La ponderación asignada al factor aire y los subfactores seleccionados es la siguiente;

- 3% Olores
 - 3% Calidad del aire
 - 3% Gases de combustión
 - 3% Emisión de partículas
 - 3% Nivel de ruido
- 11% de las UIP corresponden al factor suelo; el relleno presenta afloramientos estratigráficos arcillosos, de color rojizo y amarillento, con un espesor aproximado de 3 metros en su capa superficial, con carácter ácido y de baja fertilidad. Está compuesto básicamente por una capa de arcilla negra orgánica de un metro de espesor. La capa subsiguiente es una arcilla de color gris con partes rojas³⁹.

El lote del relleno sanitario está conformado por colinas de baja altura, las cuales drenan en sentido Norte–Noreste. Además se observan, geformas provenientes del aplanamiento diferencial de anteriores serranías y pendientes significativas, que sin una protección adecuada tienden a erosionarse, inundarse y desestabilizarse.

El material empleado para el cubrimiento de los residuos en la celda diaria es arcilla inorgánica de alta plasticidad y baja permeabilidad. Se han repartido esta UIP de la siguiente manera:

- 2% Cambio de uso del suelo, de la zona afectada
- 2% Cambios en el drenaje natural
- 3% Infiltración por vertidos accidentales
- 2% Cambios en el valor del terreno
- 2% Inestabilidad del terreno, erosión

El medio biótico, cuenta con un 16% de la fauna y la flora; esta a su vez se ha subdividido en subfactores que indican las transformaciones que pueden existir a grandes rasgos en los seres vivos del área del relleno sanitario.

8% Para la fauna conformada por aves, reptiles, peces, anfibios, los principales efectos adversos se ven reflejados en la modificación del hábitat y el paisajismo, esto a su vez trae consigo otras especies que se comportan como vectores, estas son roedores, insectos y aves de carroña. Para valorar la presencia de la fauna en la zona, se han propuesto los siguientes subfactores:

³⁹ CONTRALORÍA MUNICIPAL DE BARRANCABERMEJA, Diagnóstico Ambiental y Formulación del Plan de Manejo Ambiental para El Relleno Sanitario La Esmeralda del Municipio de Barrancabermeja; 2005.

- 2% Aumento de la fauna nociva
- 2% Agentes patógenos
- 2% Vectores, enfermedades-insectos
- 2% Desplazamiento de especies endémicas

8% Sobre la flora se observan alteraciones ambientales de la cubierta vegetal y excavación superficial. De igual forma en este factor también existe un impacto positivo como es la reforestación llevada a cabo en el relleno sanitario.

En la zona, la vegetación predominante es el bosque natural secundario con 19 especies, también existen bosques de galería, seguido de esta vegetación herbácea con 14 especies ubicadas en los alrededores de La Esmeralda. Así mismo, en el sitio más bajo se observó la presencia de 3 especies acuáticas en el caño que rodea las celdas. Se han seleccionado los siguientes subfactores para evaluar el lugar, con la siguiente ponderación:

- 2% Cambios en la vegetación
 - 2% Remoción de la cobertura vegetal
 - 2% Diversidad de especies
 - 2% Disminución de espacios naturales
- 50% Al medio perceptual y socioeconómico, quienes son los receptores de las alteraciones producidas en el medio físico y generadores a su vez de dichas modificaciones. Para disminuir los efectos sobre los parámetros socioeconómicos, se recurre a una planificación y al conocimiento de las condiciones operacionales. Para valorar este importante aspecto en el estudio que se está desarrollando se han tomado en cuenta factores como el paisaje, la salud, la generación de empleo y el desarrollo municipal, con relación a la gestión de los residuos sólidos urbanos. La distribución de las UIP se ha hecho de la siguiente forma;
 - 6% del total de las UIP, son para valorar el paisaje desde el punto de vista de su conservación y calidad, pues frente a la actividad humana el paisaje se comporta como un recurso natural aprovechable en actividades específicas como recreo, esparcimiento al aire libre, turismo y residencia entre otros y como factor de localización y comportamiento para las demás. La mayor parte de la percepción del paisaje, se realiza por la vista y es en función de la visibilidad como se suelen identificar y valorar los impactos de una acción humana sobre el. Los subfactores seleccionados son:
 - 3% Calidad del paisaje
 - 3% Alteraciones en el paisaje y visibilidad
 - 12% de las UIP, se ha dedicado a valorar la salud, factor que se ve muy afectado por la problemática ambiental que se evidencia en el relleno sanitario, debido al manejo poco responsable que se han dado a los residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. Ya que la salud es una parte fundamental del bienestar a que tiene derecho la sociedad. Este factor se distribuye en los siguiente aspectos;
 - 4% Salud pública

- 4% Salud del personal del relleno
- 4% Salud de los habitantes del relleno
- 12% para la generación de empleo. Se dividió en empleo formal e informal, debido a que adicional a los empleados que laboran legalmente, existen personas que se desempeñan como recicladores, los cuales reciben ingresos dependiendo de aquellos materiales que pueden llegar a tener nuevamente valor en el mercado. Se distribuyen en los siguientes subfactores:

Formal

- 4% Trabajadores de la empresa prestadora del servicio de aseo
- 4% Operadores del relleno

Informal

- 4% Recicladores
- 20% para el desarrollo municipal, con relación a la gestión de los residuos sólidos urbanos, tratados por REDIBA E.S.P. S.A. empresa prestadora del servicio. Sus subfactores se clasifican en:

Indicadores de Gestión de Residuos de la empresa de aseo: como contribución a la calidad de vida, bienestar y satisfacción de un buen servicio público a la población del municipio. Los siguientes indicadores expuestos a continuación, se encuentran desarrollados y analizados en el Anexo A.

- 2% de eficiencia en el recaudo. Este porcentaje muestra aquella eficacia monetaria con la que cuenta la empresa REDIBA, recaudada a través del pago de los suscriptores por la prestación del servicio de aseo anual.
- 2% en la rentabilidad alcanzada, en este índice se refleja que tan rentable llegó a ser REDIBA en los años contemplados, si cumplió sus metas propuestas para dichos años o por el contrario su gestión se mostró no tan eficiente como se esperaba.
- 1% para el índice de productividad global, su significancia esta reflejada en la productividad de la empresa con respecto a la variación entre los ingresos y los costos.
- 1% al excedente de productividad global, deja ver como la empresa prestadora del servicio ante un incremento en sus costos puede o no mantenerse estable con respecto a su monto de recaudo.
- 2% al excedente para la inversión, con lo cual REDIBA deja ver en sus cifras si su gestión es optima como para dejar una ganancia de la cual puede existir la viabilidad de ser inyectada para mejorar, agrandar, etc.

Indicadores de Insumo. Los indicadores de insumo permiten evaluar como la empresa de aseo se encuentra en relación a la prestación del servicio por medio de su capital humano.

- 1% productividad del trabajo de barrido
- 1% cobertura de barrido de vías.
- 1% Productividad del trabajo de Recolección y Transporte.
- 2% Eficiencia laboral de recolección.

Indicadores de Cobertura. Esta clase de índices permiten conocer la continuidad en el préstamo del servicio por parte de la empresa aseo.

- 1% índice de cobertura
- 2% aumento de cobertura en el servicio
- 2% disposición en el relleno sanitario

Indicadores de Calidad. Permiten conocer por medio de los usuarios como es el servicio proporcionado por la empresa, a través de sus quejas y reclamos.

- 1% Índice de quejas de usuarios.
- 1% Indicador de solución de quejas de usuarios

Tabla 2. Identificación de los factores de estudio.

Medio Físico 34%			UIP	
	<i>Aguas 8%</i>			
		Disponibilidad del agua	4%	F ₁
		Calidad del agua	4%	F ₂
	<i>Atmósfera 15%</i>			
		Olores	3%	F ₃
		Calidad del aire	3%	F ₄
		Gases de combustión	3%	F ₅
		Emisión de partículas	3%	F ₆
		Nivel de ruido	3%	F ₇
	<i>Suelo 11%</i>			
		Cambio de uso del suelo de la zona afectada	2%	F ₈
		Cambios en el drenaje natural	2%	F ₉
		Infiltración por vertidos accidentales	3%	F ₁₀
		Cambios en el valor del terreno	2%	F ₁₁
		Inestabilidad del terreno, erosión	2%	F ₁₂
Medio Biótico 16%				
	<i>Fauna 8%</i>			
		Aumento de fauna nociva	2%	F ₁₃
		Agentes Patógenos	2%	F ₁₄
		Vectores, enfermedades-insectos	2%	F ₁₅
		Desplazamiento de especies endémicas	2%	F ₁₆
	<i>Flora 8%</i>			
		Cambios en la vegetación	2%	F ₁₇

		Remoción de cobertura vegetal	2%	F ₁₈
		Diversidad de especies	2%	F ₁₉
		Disminución de espacios naturales	2%	F ₂₀
Medio Perceptual y Socioeconómico 50%				
	<i>Paisaje 6%</i>	Calidad del paisaje	3%	F ₂₁
		Alteraciones en el paisaje y visibilidad	3%	F ₂₂
	<i>Salud 12 %</i>			
		Salud pública	4%	F ₂₃
		Salud del personal del relleno	4%	F ₂₄
		Salud de los habitantes del relleno	4%	F ₂₅
	<i>Generación de empleo 12%</i>			
	Formal	Trabajadores de la empresa prestadora del servicio de aseo	4%	F ₂₆
		Operadores del relleno	4%	F ₂₇
	Informal	Recicladores	4%	F ₂₈
	<i>Desarrollo municipal 20%</i>			
		Gestión de Residuos de la empresa de aseo "REDIBA"		
		Eficiencia en el recaudo	2%	F ₂₉
		Rentabilidad alcanzada	2%	F ₃₀
		Índice de productividad global	1%	F ₃₁
		Excedente de productividad global	1%	F ₃₂
		Excedente para la inversión	2%	F ₃₃
		Productividad del trabajo de barrido	1%	F ₃₄
		Cobertura de barrido de vías	1%	F ₃₅
		Productividad del trabajo de Recolección y Transporte	1%	F ₃₆
		Eficiencia laboral de recolección	2%	F ₃₇
		Índice de Cobertura	1%	F ₃₈
		Aumento de cobertura del servicio	2%	F ₃₉
		Disposición en el Relleno Sanitario	2%	F ₄₀
		Disminución de quejas	1%	F ₄₁
		Indicador de Solución de quejas a Usuarios	1%	F ₄₂

Fuente: Los Autores.

4.3 IDENTIFICACION DE LAS ACCIONES DEL PROYECTO

En esta parte se pretenden tomar datos básicos expuestos en el numeral 4.2 (Descripción, funcionamiento y estado actual del relleno sanitario "La Esmeralda" en el Municipio de Barrancabermeja), los cuales son de interés para este estudio. El fin principal de este apartado es identificar las acciones que puedan llegar a ocasionar un impacto ambiental significativo.

En el funcionamiento del relleno sanitario "La Esmeralda", se realizan constantemente actividades, que al no ser llevadas a cabo de manera responsable por las persona encargadas de la administración del relleno, pueden llegar a causar un gran impacto en el medio ambiente, trayendo como consecuencia una disminución en el bienestar de la comunidad Barrameja. Las acciones impactantes se encuentran contenidas en la Tabla 3.

Tabla 3. Identificación de las acciones impactantes.

FASE DE FUNCIONAMIENTO	
Recogida de Residuos Sólidos	A ₁
Transporte de residuos	A ₂
Recolección, tratamiento y vertido de lixiviados	A ₃
Recubrimiento con Tierra	A ₄
Molestias y Olores	A ₅
Gases, Polvos y Partículas Emitidos a la Atmósfera	A ₆
Producción de Ruidos y Vibraciones	A ₇
Obtención de Productos Recuperables y Reciclados	A ₈
Incendios y explosiones	A ₉
Costo de personal	A ₁₀
Costo del servicio	A ₁₁
Productos recuperables	A ₁₂
Presencia de Insectos, roedores y aves	A ₁₃
Composición de Residuos	A ₁₄
Sensibilización ambiental	A ₁₅
Esparcimiento, Compactación y Cubrimiento de Residuos	A ₁₆
Almacenamiento de Aguas Lluvias	A ₁₇
Actividades de Mantenimiento	A ₁₈
Contaminación por los Residuos Sólidos y Lixiviados	A ₁₉
Alteración de la Cobertura Vegetal	A ₂₀
Crecimiento de usuarios	A ₂₁
Aumento de personal	A ₂₂
Atención al cliente	A ₂₃
Ingreso por tarifas	A ₂₄
Ingreso por contribuciones, estratos (5,6, PP, GP)	A ₂₅
Ingresos por contribuciones del estado	A ₂₆
Producción de residuos	A ₂₇
Incumplimiento en el pago de las tarifas	A ₂₈
Crecimiento en vías pavimentadas	A ₂₉
Cambio en número de Operarios	A ₃₀
Modificación del Habitat	A ₃₁
Alteración del Drenaje	A ₃₂
Excavación Superficial	A ₃₃
Control de la Erosión	A ₃₄
Reforestación	A ₃₅
Generación de Biogás	A ₃₆
Operación de Maquinaria	A ₃₇
Capacitación del Personal	A ₃₈
Fallas Operativas	A ₃₉
Descargue de residuos	A ₄₀

Fuente: Los Autores.

4.4 IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Una vez conocido el entorno en el que se desarrolla este trabajo, se esta en condiciones de iniciar la identificación de los impactos.

Del análisis de las actividades y los factores, se deducen los impactos ambientales, identificando que acciones afectan a cada uno de ellos. Se debe tener en cuenta que un impacto ambiental es toda alteración favorable o desfavorable que produce una acción o un programa en el medio. Así, el impacto de este estudio será la diferencia entre la situación actual del Medio Ambiente en Barrancabermeja y la situación futura, si no se implementan políticas de mejoramiento y concientización de la población del municipio.

Esta fase consiste en identificar las relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores, señalados anteriormente como relevantes. Cada relación causa-efecto identifica un impacto potencial que se indica en una matriz de impactos y cuya significación se ha de estimar. A continuación se indican estas relaciones y se presentan en forma de tablas y matrices.

Tabla 4. Acciones y Factores Ambientales.

A _i	Acciones del proyecto	F _i	Factores ambientales
	Fase de Funcionamiento		Medio Físico
A ₁	Recogida de Residuos Sólidos	F ₁	Disponibilidad del agua
A ₂	Transporte de residuos	F ₂	Calidad del agua
A ₃	Recolección, tratamiento y vertido de lixiviados	F ₃	Olores
A ₄	Recubrimiento con Tierra	F ₄	Calidad del aire
A ₅	Molestias y Olores	F ₅	Gases de combustión
A ₆	Gases, Polvos y Partículas Emitidos a la Atmósfera	F ₆	Emisión de partículas
A ₇	Producción de Ruidos y Vibraciones	F ₇	Nivel de ruido
A ₈	Obtención de Productos Recuperables y Reciclados	F ₈	Cambio de uso del suelo de la zona afectada
A ₉	Incendios y Explosiones	F ₉	Cambios en el drenaje natural
A ₁₀	Costo de personal	F ₁₀	Infiltración por vertidos accidentales
A ₁₁	Costo del servicio	F ₁₁	Cambios en el valor del terreno
A ₁₂	Productos recuperables	F ₁₂	Inestabilidad del terreno, erosión
A ₁₃	Presencia de Insectos, roedores y aves		
A ₁₄	Composición de Residuos		Medio Biótico
A ₁₅	Sensibilización ambiental	F ₁₃	Aumento de fauna nociva
A ₁₆	Esparcimiento, Compactación y Cubrimiento de Residuos	F ₁₄	Agentes Patógenos
A ₁₇	Almacenamiento de Aguas Lluvias	F ₁₅	Vectores, enfermedades-insectos
A ₁₈	Actividades de Mantenimiento	F ₁₆	Desplazamiento de especies endémicas
A ₁₉	Contaminación por los Residuos Sólidos y Lixiviados	F ₁₇	Cambios en la vegetación
A ₂₀	Alteración de la Cobertura Vegetal	F ₁₈	Remoción de cobertura vegetal
A ₂₁	Crecimiento de usuarios	F ₁₉	Diversidad de especies
A ₂₂	Aumento de personal	F ₂₀	Disminución de espacios naturales
A ₂₃	Atención al cliente		
A ₂₄	Ingreso por tarifas		Medio Perceptual y Socioeconómico

A ₂₅	Ingreso por contribuciones, estratos (5,6, PP, GP)	F ₂₁	Calidad del paisaje
A ₂₆	Ingresos por contribuciones del estado	F ₂₂	Alteraciones en el paisaje y visibilidad
A ₂₇	Producción de residuos	F ₂₃	Salud pública
A ₂₈	Incumplimiento en el pago de las tarifas	F ₂₄	Salud del personal del relleno
A ₂₉	Crecimiento en vías pavimentadas	F ₂₅	Salud de los habitantes del relleno
A ₃₀	Cambio en número de Operarios	F ₂₆	Trabajadores de la empresa prestadora del servicio de aseo
A ₃₁	Modificación del Habitar	F ₂₇	Operadores del relleno
A ₃₂	Alteración del Drenaje	F ₂₈	Recicladores
A ₃₃	Excavación Superficial	F ₂₉	Eficiencia en el recaudo
A ₃₄	Control de la Erosión	F ₃₀	Rentabilidad alcanzada
A ₃₅	Reforestación	F ₃₁	Índice de productividad global
A ₃₆	Generación de Biogás	F ₃₂	Excedente de productividad global
A ₃₇	Operación de Maquinaria	F ₃₃	Excedente para la inversión
A ₃₈	Capacitación del Personal	F ₃₄	Productividad del trabajo de barrido
A ₃₉	Fallas Operativas	F ₃₅	Cobertura de barrido de vías
A ₄₀	Descargue de residuos	F ₃₆	Productividad del Trabajo de Recolección y Transporte
		F ₃₇	Eficiencia laboral de recolección
		F ₃₈	Índice de Cobertura
		F ₃₉	Aumento de cobertura del servicio
		F ₄₀	Disposición en el Relleno Sanitario
		F ₄₁	Disminución de quejas
		F ₄₂	Indicador de Solución de quejas a Usuarios

Fuente: Los Autores.

En la Tabla 5, se puede observar la matriz de identificación de impactos ambientales del Relleno Sanitario La Esmeralda. Dentro de la matriz se muestran las acciones que pueden causar impacto sobre uno o varios factores ambientales, a cada interacción factor-acción se le da una importancia por medio de variables cualitativas (Ver Anexo B1), aplicando el paquete informático AIEIA. Los resultados que se obtuvieron de esta valoración se indican en la celda acción-factor, para de esta forma realizar una nueva matriz llamada Importancia de Impactos del Relleno Sanitario La Esmeralda.

4.5 DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS

La importancia de un impacto se obtiene a partir del grado de incidencia (Intensidad) de la alteración producida, y de una caracterización del efecto. La importancia se denota como I_{ij} en donde i es el factor y j la acción.

El software AIEIA permite definir otras expresiones que se adaptan a la valoración que se esta realizando. La determinación de la importancia del impacto se hizo por medio de números los cuales dan un valor a las Etiquetas Lingüísticas ya Predefinidas (Anexo B1). Para el cálculo de la importancia se seleccionaron las variables de la lista y se escogieron las etiquetas que calificaba a cada factor.

Se aplicaron en esta evaluación de importancia de Impacto Ambiental para el Relleno del Municipio de Barrancabermeja una familia de variables como lo son: Intensidad, Extensión, Momento, Persistencia, Reversibilidad, Sinergia, Acumulación, Relación Causa-Efecto, Periodicidad y Recuperabilidad. El signo del impacto también se marca en el software. Las hojas de trabajo se encuentran dentro de los Anexos y el resultado de la importancia para cada impacto identificado se puede observar en la Tabla 6. Matriz de Importancia de Impactos del Relleno Sanitario La Esmeralda.

Cada impacto se clasifica de acuerdo a su importancia (I) como:

- (I) Irrelevante o compatible: $0 \leq I < 25$
- (M) Moderado: $25 \leq I < 50$
- (S) Severo: $50 \leq I < 75$
- (C) Critico: $75 \leq I$

4.6 MAGNITUD DEL IMPACTO AMBIENTAL

La magnitud de un impacto es la estimación cuantitativa del efecto que éste tiene sobre el factor ambiental, una de las formas de valorarla es medirla según el valor que se espera que tome el indicador de dicho factor. Esta estimación requiere de un conocimiento profundo y especializado de los factores ambientales, así como de los cambios causados por la acción sobre los factores que reciben los impactos.

Para incorporar los indicadores ambientales (se encuentran en unidades propias de cada factor), en el sistema de valoración de magnitud del impacto ambiental, se requiere de una conversión a unidades estandarizadas entre cero y uno, para lo cual se recurre al uso de Funciones de Transformación. Las funciones de transformación son funciones matemáticas o relaciones del comportamiento del factor ambiental, referentes a la calidad ambiental. Convertidas las magnitudes en unidades de calidad ambiental, se procede a agregar aquellas que impactan un mismo factor por varias acciones. Ver Anexo B3.

La Calidad Ambiental se refiere al grado de conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y los paisajes; la pureza del aire, cantidad y calidad del agua, al estado y limpieza del suelo y a las condiciones del medio socioeconómico. Dependen del comportamiento social-económico de los individuos, afectando a los productores, con el incremento de costos, como a los consumidores, quienes son los que asumen tales alzas en los precios.

Las funciones de calidad ambiental utilizadas para esta valoración del manejo de los RSU en el Relleno La Esmeralda, se pueden observar en el Anexo B2 y las valoraciones de la magnitud del impacto se hicieron en base a estas etiquetas lingüísticas: (N) nada, (MB) muy bajo, (B) Bajo, (M) Medio, (A) alto, (MA) muy alto y (T) total.

La magnitud del impacto se puede observar en la Tabla 7, que se encuentra a continuación.

4.7 IMPACTO AMBIENTAL TOTAL.

Para terminar la compilación de informes de resultados, se desarrolla una matriz de evaluación global que refleja simultáneamente la importancia del impacto y sus magnitudes con una valoración final, que combina la importancia del impacto con la calidad ambiental, mediante una relación donde es posible especificar el peso de la información de cada uno de estos dos parámetros que indican la ponderación de la valoración cualitativa con respecto a la valoración cuantitativa del impacto ambiental.

Estos resultados se observan en la Tabla 8.

Tabla 8. Resumen de Impactos Totales

RESUMEN DE LA EVALUACION DEL RELLENO SANITARIO LA ESMERALDA

<i>Factores Ambientales</i>		<i>Importancia del Impacto</i>		<i>Magnitud del impacto</i>		<i>Evaluación Total del Estudio de IA</i>
		<i>Efectos Totales</i>		<i>Efectos Totales</i>		
		<i>Absolutos</i>	<i>Relativos</i>	<i>Absolutos</i>	<i>Relativos</i>	
F ₁	Disponibilidad del agua	Irrelevante-	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-
F ₂	Calidad del agua	Irrelevante-	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-
F ₃	Olores	Severo-	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₄	Calidad del aire	Moderado -	Irrelevante-	Severo	Irrelevante	Irrelevante-
F ₅	Gases de combustión	Moderado -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₆	Emisión de partículas	Moderado -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₇	Nivel de ruido	Critico -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₈	Cambio de uso del suelo de la zona afectada	Severo-	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₉	Cambios en el drenaje natural	Critico -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₀	Infiltración por vertidos accidentales	Severo-	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₁	Cambios en el valor del terreno	Moderado -	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₂	Inestabilidad del terreno, erosión	Moderado -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₃	Aumento de fauna nociva	Critico -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₄	Agentes Patógenos	Severo-	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₅	Vectores, enfermedades-insectos	Critico -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₆	Desplazamiento de especies endémicas	Severo-	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₇	Cambios en la vegetación	Severo-	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₈	Remoción de cobertura vegetal	Moderado -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₁₉	Diversidad de especies	Moderado -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₂₀	Disminución de espacios naturales	Critico -	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-
F ₂₁	Calidad del paisaje	Moderado -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₂₂	Alteraciones en el paisaje y visibilidad	Moderado -	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-
F ₂₃	Salud publica	Moderado -	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-
F ₂₄	Salud del personal del relleno	Irrelevante-	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-
F ₂₅	Salud de los habitantes del relleno	Moderado -	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-
F ₂₆	Trabajadores de la empresa prestadora del servicio de aseo	Critico +	Irrelevante+	Severo	Irrelevante	Irrelevante+
F ₂₇	Operadores del relleno	Critico +	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+
F ₂₈	Recicladores	Critico +	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+
F ₂₉	Eficiencia en el recaudo	Moderado +	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+

RESUMEN DE LA EVALUACION DEL RELLENO SANITARIO LA ESMERALDA

<i>Factores Ambientales</i>		<i>Importancia del Impacto</i>		<i>Magnitud del impacto</i>		<i>Evaluación Total del Estudio de IA</i>	
		<i>Efectos Totales</i>		<i>Efectos Totales</i>			
		<i>Absolutos</i>	<i>Relativos</i>	<i>Absolutos</i>	<i>Relativos</i>		
F₃₀	Rentabilidad alcanzada	Irrelevante-	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-	
F₃₁	Índice de productividad global	Irrelevante-	Irrelevante-	Severo	Irrelevante	Irrelevante-	
F₃₂	Excedente de productividad global	Irrelevante-	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-	
F₃₃	Excedente para la inversión	Irrelevante-	Irrelevante-	Critico	Irrelevante	Irrelevante-	
F₃₄	Productividad del trabajo de barrido	Critico+	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+	
F₃₅	Cobertura de barrido de vías	Critico+	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+	
F₃₆	Productividad del trabajo de Recolección y Transporte	Critico+	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+	
F₃₇	Eficiencia laboral de recolección	Critico+	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+	
F₃₈	Índice de Cobertura	Severo+	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+	
F₃₉	Aumento de cobertura del servicio	Severo+	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+	
F₄₀	Disposición en el Relleno Sanitario	Irrelevante-	Irrelevante-	Moderado	Irrelevante	Irrelevante-	
F₄₁	Disminución de quejas	Moderado+	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+	
F₄₂	Indicador de Solución de quejas a Usuarios	Moderado+	Irrelevante+	Critico	Irrelevante	Irrelevante+	
Total Impactos Absolutos		Irrelevante-		Severo		Irrelevante-	
Total Impactos Relativos			Irrelevante-		Irrelevante		

Fuente: Los Autores.

4.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Por Acciones del Proyecto:

Según la matriz de valoración de impactos se pudo determinar que las actividades más impactantes para esta evaluación del relleno sanitario La Esmeralda en términos absolutos críticos negativos son la recolección, tratamiento y vertido de lixiviados, recubrimiento con tierra, molestias y olores, gases, polvos y partículas emitidos a la atmósfera, producción de ruidos y vibraciones, incendios y explosiones, presencia de insectos, roedores y aves, composición de residuos, alteración de la cobertura vegetal, ingreso por contribuciones del estado, incumplimiento en el pago de las tarifas, modificación del hábitat, alteración del drenaje, generación de biogás y fallas operativas.

En un nivel menos drástico sin dejar de ser negativas se encuentran las acciones que impactaron en forma severa como son almacenamientos de aguas lluvias, excavación superficial, operación de maquinaria y descargue de residuos. La acción que presenta un impacto Moderado es el costo del servicio. Y las que mas causan impactos crítico positivos son productos recuperables y reciclados, sensibilización ambiental, atención al cliente, ingresos por tarifas, ingreso por contribuciones de estratos, control de la erosión, reforestación y capacitación del personal.

Las que por otra parte obtuvieron una importancia Moderada positiva fueron la recogida de residuos sólidos, las actividades de mantenimiento, el crecimiento de usuarios y el aumento de personal.

Por la magnitud del impacto resultan representativas las siguientes actividades el costo del personal, el costo del servicio, el aumento del personal, atención al cliente, ingresos por tarifas, ingresos por contribuciones del estado y de los estratos, incumplimiento en el pago de las tarifas y capacitación del personal. Con un poco menos de magnitud son severas la recogida y el transporte de residuos sólidos, la recolección tratamiento y vertido de lixiviados, molestias y olores, gases polvos y partículas emitidos a la atmósfera, producción de ruidos y vibraciones, obtención de productos recuperables y reciclados, actividades de mantenimiento, producción de residuos, alteración del drenaje, excavación superficial y reforestación. Las acciones que tuvieron una magnitud en el impacto Moderado se omitieron por no carecer de importancia sino porque su medida de impacto no es tan fuerte.

Son irrelevantes los impactos de las actividades de este estudio desde el punto de vista relativo pues su contribución individual al impacto ambiental total no es significativa desde el punto de vista de su importancia y tampoco lo es desde el punto de vista de su magnitud.

Por factores ambientales:

La valoración absoluta en la importancia y la magnitud de los impactos ambientales sobre los medios tanto físicos, Bióticos y Perceptuales y socioeconómicos dio como resultado lo siguiente:

Los efectos en las características físicas, que se encuentran subdivididos en tres grupos recurso agua, recurso aire y recurso suelo fueron los siguientes:

Efecto sobre el agua, este recurso tiene un riesgo de afectación por su magnitud negativo; en donde las acciones más importantes que lo impactan son recolección, tratamiento y vertido de lixiviados, alteración de la cobertura vegetal, modificación del hábitat, alteración del drenaje natural, operación de maquinaria y descargue de residuos. Según los valores totales obtenidos en la matriz de importancia este factor presenta una afectación irrelevante negativa, debido a que las acciones que lo afectan en su mayoría son Moderadas e Irrelevantes, lo que da pie para decir que con una buena gestión el efecto negativo ocasionado por ellas puede mitigarse y en algunos casos mejorarse.

Efecto sobre el suelo, este recurso tiene un riesgo de afectación negativo según su magnitud, resaltando como acciones más importantes a: la recolección, tratamiento y vertido de lixiviados, incendios y explosiones, alteración de la cubierta vegetal, alteración del drenaje, excavación superficial, fallas operativas y esparcimiento compactación y recubrimiento de residuos. Según los valores totales obtenidos en la matriz el suelo presenta una alta susceptibilidad y deben tomarse medidas a corto plazo, como lo son el control de la erosión y la reforestación que ayudan a disminuir el daño ocasionado por las anteriores acciones.

Efecto atmósfera, teniendo en cuenta el valor de la magnitud este recurso tiene un riesgo de afectación negativo sobresaliendo las acciones más importantes como: el transporte de residuos, gases, polvos y partículas emitidas a la atmósfera, incendios y explosiones, descarga de residuos, operación de maquinaria y generación de biogás. Este recurso presenta estas afecciones debido a la descomposición de la materia orgánica y a las actividades como la de la extracción del material de cobertura.

Los efectos de las características bióticas, divididos en fauna y flora fueron los siguientes:

El factor fauna presenta una magnitud de afectación negativa en donde las acciones que más lo impactan son las molestias y olores, la presencia de insectos, roedores y aves, la composición de los residuos, la contaminación por los residuos sólidos y lixiviados, la modificación del hábitat y el descargue de residuos. Este factor presenta tales falencias debido a la presencia de animales como gallinazos, roedores, entre otros, lo que puede llevar a transmitir enfermedades, a las personas que trabajan y habitan en el relleno y al abandono del sitio por los animales propios de este.

El factor flora en la matriz de importancia de impactos y de magnitudes presento una calificación negativa por la incidencia de las acciones como el recubrimiento con tierra, los incendios y las explosiones, esparcimiento, compactación y cubrimiento de residuos, contaminación por los residuos sólidos y lixiviados, alteración de la cobertura vegetal, modificación del hábitat, excavación superficial y descargue de residuos. Por otra parte hay acciones que lo impactan positivamente como lo son el control de la erosión y la reforestación, medidas que si son tomadas en cuenta pueden reducir en una gran magnitud los impactos negativos que lo perjudican.

El efecto que se presenta en el medio perceptual y socioeconómico es de gran relevancia para este estudio, por lo cual se le dio un valor en las UIP (Unidades de Importancia

Ponderadas) tan elevado. Esto se debe a que en este medio se tienen en cuenta factores económicos tan importantes como lo son: la generación de empleo y el desarrollo municipal:

El Factor Paisaje, es impactado negativamente en su magnitud, lo cual se esperaba por tratarse de un sitio dedicado a la disposición final de residuos. Esta valoración se obtuvo por las acciones como: la recolección, tratamiento y vertido de lixiviados, las molestias y olores, incendios y explosiones, esparcimiento, compactación y cubrimiento de residuos, actividades de mantenimiento, alteración de la cobertura vegetal, operación de maquinaria, fallas operativas, excavaciones superficiales, gases, polvos y partículas emitidas a la atmósfera, presencia de insectos, roedores y aves y descargue de residuos.

La valoración del factor salud fue negativo debido al impacto de varias actividades como los son la contaminación por los residuos sólidos y lixiviados, las molestias y olores, los gases, polvos y partículas emitidas a la atmósfera, ruidos y vibraciones, incendios y explosiones, presencia de insectos, roedores y aves, la producción de los residuos, las fallas operativas y el descargue de los residuos. No todas estas acciones afectan en igual proporción a la salud en total ya que entre este ítem se están evaluando tanto la salud pública, la del personal del relleno y la de los habitantes del mismo (Recicladores), quienes son los más afectados por estar en contacto directo con los desechos que se arrojan a diario.

La magnitud en el impacto ocasionado en este factor es crítica lo cual hace creer que a pesar que existe un relleno sanitario en donde disponer las basuras, este no contribuye positivamente a la población debido a que no está cumpliendo con su fin el cual es brindar una mejor sanidad.

El factor de generación de empleo está dividido en empleo formal, compuesto por los trabajadores de la empresa prestadora del servicio de aseo y los operadores del relleno; y el empleo informal que es el realizado por los recicladores que habitan en el relleno. Este factor presenta un impacto positivo por las siguientes acciones: recogida de residuos sólidos, transporte de residuos, obtención de productos recuperables y reciclados, esparcimiento, compactación y cubrimiento de residuos, actividades de mantenimiento, crecimiento de usuarios, producción de residuos, crecimiento en vías pavimentadas, operación de maquinaria y descargue de residuos.

Las cuales para otros factores se presentan negativas, pero en lo concerniente a este es diferente, ya que muchas de estas actividades generan empleo; conllevando a una contribución económica y social para las familias de las personas que prestan los diferentes servicios. La magnitud del impacto de estas acciones también tiene una repercusión general en el Municipio, puesto que disminuye en algo el desempleo.

Finalmente, se presenta el factor desarrollo municipal, al cual se le asignó para este trabajo una importancia ponderada mayor a los demás; esto se hizo, por que es en este factor en donde se evalúa la gestión de la empresa prestadora del servicio de aseo (REDIBA), por medio de unos indicadores que fueron desarrollados y previamente analizados. Ver Anexo A.

Las acciones que lo impactaron arrojaron una magnitud de importancia en sus efectos totales positivos, estas son: la recogida de residuos sólidos, transporte de residuos, crecimiento de usuarios, aumento de personal, atención al cliente, ingresos por tarifas, ingresos por contribuciones de los estratos y producción de residuos. Estos buenos

resultados se presentan debido a que algunas acciones contribuyen a generar empleo y otras incrementan los ingresos que recibe la empresa de aseo.

También se encontraron acciones que impactaron con una magnitud negativa, estas fueron: los ingresos por las contribuciones del estado y el incumplimiento en el pago de las tarifas. Esto se presenta, por que la empresa muestra problemas en la eficiencia a la hora de hacer sus recaudos a nivel tarifario y de igual forma por el hecho de no recibir una contribución del estado, ya que no posee un contrato de concepción con el municipio.

En este caso también se presentan acciones tanto positivas como negativas en lo referente a la magnitud del impacto, estas son el costo del personal, el costo del servicio, el crecimiento en vías pavimentadas y el cambio en el número de operarios. Estas acciones en realidad tienen un efecto directo en REDIBA E.S.P. S.A., dado que ellas aumentan los gastos en los que se incurren para la prestación del servicio, por tal razón se disminuyen en parte, sus beneficios económicos. Beneficios que no se permiten disminuir en un gran porcentaje, pues la empresa traspa de alguna forma este aumento en sus gastos a los usuarios, reflejándose en la menor eficiencia de la gestión del manejo de los desechos sólidos.

En términos generales la magnitud del impacto ambiental y socioeconómico global de este estudio es Severo, la consecuencia de esta valoración se debe a que el relleno sanitario La Esmeralda, esta mostrando flaquezas en su entorno, debido a la gestión equivocada que se ha tenido en su utilización; en el se están disponiendo toda clase de residuos existentes sin hacer antes una selección de ellos. Esto último se puede estar ocasionando, por que tanto la empresa prestadora del servicio, como el Municipio, no hacen una gestión adecuada con los residuos sólidos, ni tampoco se preocupan por crear una conciencia ambiental entre los pobladores, para que ellos contribuyan a este buen manejo.

En el caso de llevar a cabo una separación adecuada de los residuos en la fuente se podrían estar implementando diferentes alternativas para el tratamiento de estos, con lo cual se minimizarían los impactos negativos ocasionados al relleno sanitario y se incrementaría su vida útil. Adicional a la contribución hecha al relleno, esta actividades sin son realizadas correctamente, podrían estar generando una contribución económica y social al municipio, por medio de la creación de nuevos empleos, la dignificación del trabajo de los recicladores y la comercialización de productos tanto reutilizables como de otros obtenidos por los diferentes medios de manejo de desechos urbanos.

Es por lo anterior que se dedico un capítulo de este estudio a lo referente a las alternativas para la gestión de las basuras. Lo cual serviría para dar soluciones o disminuir en parte la problemática presente actualmente en el Municipio.

Si en el presente no se hacen modificaciones en la forma de gestionar y de disponer los residuos, estos acarrearían a futuro consecuencias mas graves como lo es, el de no contar con un sitio adecuado en donde disponer los residuos, lo cual traería múltiples secuelas sobre la salud de la población Barrameja, pues se pondría en riesgo la sanidad de los individuos de la sociedad.

5. ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO Y LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En este capítulo se realiza un detallado estudio de las posibles alternativas para el tratamiento y la disposición final de los desechos, con el fin mejorar el actual manejo integral de los residuos sólidos del área urbana del Municipio de Barrancabermeja.

La primera fase a contemplar antes de arrojar diferentes alternativas de mejora en la gestión de los residuos sólidos es la de conocer los problemas y necesidades presentes en la comunidad así como hacer una prospección al futuro antes de decidir un curso de acción definido; debido a que en numerosas oportunidades se atacan problemas que no son en realidad sentidos o reales para la comunidad por falta de haber hecho una evaluación previa. Cuando ya se tenga una idea de los problemas que mas afectan a la población, es el momento de dar solución.

Como el problema evidente en este trabajo es la contaminación del medio ambiente y los recursos naturales por parte de los residuos sólidos, se busca dar diferentes soluciones para el manejo y su disposición final. Es obvio que para comenzar a solucionar estas falencias, es importante lograr la sensibilización de la población hacia los efectos y consecuencias de un manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales; ya que muchas veces la comunidad no es consciente de los efectos sobre la salud pública y el ecosistema que se están generando por el mal manejo de estos desechos. Por ello es necesario abrir líneas de comunicación con la comunidad, mediante mesas redondas, talleres de discusión, tertulias ecológicas, y encuestas; en donde se lograra diagnosticar, definir necesidades y realizar planes de mejoramiento.

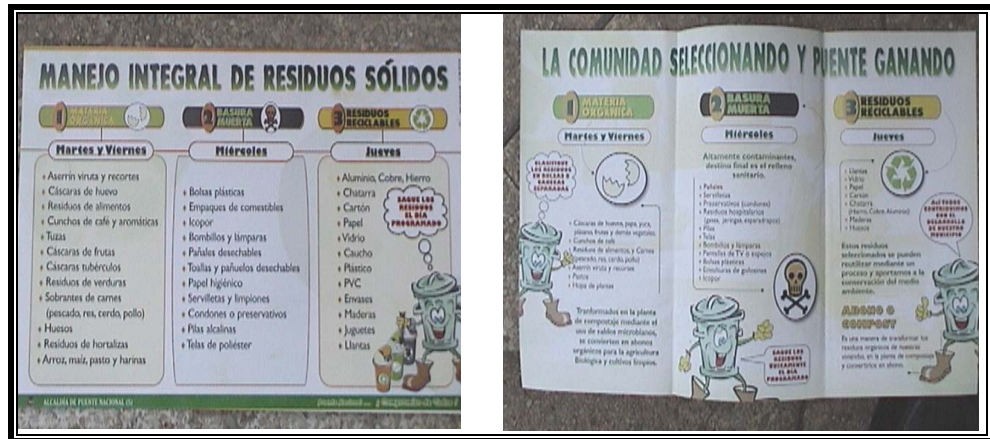
La implementación de campañas educativas orientadas a reforzar y capacitar, a las personas y usuarios sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos es la mejor forma de dirigirse a las comunidades.

En Santander existen municipios que se encuentran adelantando charlas educativas con colegios por medio de personal especializado en el tema o con suficiente experiencia, en donde se resalta la importancia de realizar la separación de los residuos, indicándose los procedimientos adecuados y seguros que garanticen este correcto desarrollo del Manejo Integral de los residuos en cada una de las viviendas y establecimientos.

Uno de los primeros municipios en donde se comenzaron a realizar actividades y campañas enfocadas a la separación en la fuente, fue Puente Nacional; el cual empezó a implementar desde el año 1998 campañas educativas enfocadas a los usuarios del servicio de aseo, lo que ha permitido que el municipio hasta la fecha separe los residuos en la fuente con una eficiencia aproximada del 90%. En la actualidad estas campañas continúan realizándose, mediante papelería anexa en las facturas, publicidad escrita y por los medios de comunicación. Hay que reconocer que si estas actividades han sido un éxito, es por que la empresa prestadora del servicio de aseo (Emserpunal ESP) aplica disciplina a la hora de recoger los desperdicios a los usuarios. Gracias a la participación

activa de la población de Puente Nacional es que se ha logrado que el municipio ahorre en los diferentes aspectos.

Foto 9. Publicidad emitida por la empresa a los usuarios



Fuente: EMSERPUNAL E.S.P.

En búsqueda de la mejor eficiencia a la hora de separar, la empresa prestadora del servicio de aseo en Puente Nacional (Emserpunal ESP) implemento un sistema, que es el de entregar incentivos a la sociedad; para esto diseñó una calcomanía que entrega a los hogares que separen correctamente sus residuos sólidos.

Foto 10. Incentivo al usuario por la óptima separación en la fuente



Fuente: EMSERPUNAL E.S.P.

Esta separación en la fuente es necesaria e importante para que las diferentes opciones que aquí se exponen sean exitosas. Las alternativas para el manejo de los residuos sólidos que se exponen son:

- El Reciclaje Formal
- La Planta de Compostaje
- La Lombricultura
- La Planta de Incineración y
- Los Microorganismos Eficientes

5.1 EL RECICLAJE FORMAL⁴⁰

Es una de las alternativa más importantes para el manejo de los residuos, ya que ellos representan un valor comercial directo e indirecto al reducir las necesidades de infraestructura para la disposición final y a su vez proporciona oferta laboral formal para todas las personas de bajos recursos que se encuentran actualmente trabajando informalmente en esta actividad en los sitios de disposición final; en la actualidad en el país existe el decreto 1713 del 2002 y la resolución 1045 de 2003 que obliga a la organización e incorporación de las personas que actualmente realizan este trabajo en programas de manejo integral de residuos sólidos. Para llevar a cabo esta alternativa es necesario implementar como se dijo anteriormente la educación a la población en la recuperación de dichos materiales; proporcionando colaboración no solo en la separación sino en la entrega a las personas que conformaran la sociedad de recicladores formales.

Para la clasificación de los residuos sólidos se analizan dos alternativas: la primera consiste en optimizar mediante refuerzo la campaña de separación en el lugar de origen, y la segunda, una nueva clasificación de residuos en un centro de acopio, una vez estos han sido recolectados de forma mezclada. Es importante resaltar que la solución más apropiada es la optimización mediante las campañas educativas para la clasificación de los residuos en la fuente, ya que tiene numerosas ventajas sobre la calidad del producto aprovechable, debido a que esta separación en la fuente evita que se contaminen unos productos con otros.

La conformación de un grupo de personas laborando independientemente, pero con responsabilidades sociales y contractuales con el prestador del servicio serán las garantías que asegurarán el funcionamiento de dicha labor mediante un grupo de recicladores debidamente organizados. Para una correcta organización es imprescindible la conformación de una cooperativa de recicladores, que se comprometan a cumplir las siguientes funciones: recibir los materiales reciclables, complementar la clasificación, empacar los materiales y enviarlos a los centros de comercialización de la región. Esta cooperativa que se propone en el PGIRS de Puente Nacional, debe contar con una junta que se encargue de desarrollar programas de reciclaje, que administre los recursos humanos y económicos requeridos para la ejecución de sus actividades.

Adicional a lo anterior se debe contar con un vehículo para el transporte de los residuos recolectados y con una bodega cuyo volumen sea suficiente para clasificar, empacar y almacenar los materiales reciclables acumulados hasta de dos meses, antes de ser comercializados.

⁴⁰ PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, Municipio de Puente Nacional. 2004.

Tabla 9. Costos para la incorporación y operación de una bodega de reciclaje⁴¹

ETAPA	COSTO TOTAL POR ETAPA (\$)
1. Estudios, construcción y adquisición de la maquinaria (2 Básculas, una de capacidad 1 Ton. y la otra de 100 Kg. Y una Prensa hidráulica).	\$13'250.000
2. Operación mensual de la bodega de reciclaje (Costos de operación y mano de obra).	\$3'554.000

Fuente: Emserpunal ESP

Cabe resaltar, que es necesaria la inversión al comienzo, porque los costos de operación son cubiertos por la venta del material obtenido. Este material es comercializado en el año 2006 a los siguientes precios: cartón por kilogramo a (\$210), vidrio por kilogramo a (\$157.5), plástico por kilogramo a (\$157.5), metal por kilogramo a (\$2100) y Otros: hueso, tela, aparatos por kilogramo a (\$84). Los mayores compradores de este producto reciclado son: **Deposito "Los Cuellar", Monquirá y Depósitos de Cooperativas de recicladores, Bucaramanga**

Con lo anterior se puede ver que si el reciclaje se hace de una manera correcta es una alternativa viable para disminuir los residuos que son llevados a los rellenos sanitarios.

5.2 TEORÍA DE LA COMPOSTACIÓN⁴²

La Compostación es un proceso natural mediante el cual se realiza la degradación biológica de los residuos orgánicos, obteniéndose un compuesto sanitariamente seguro para fines agrícolas. El producto que se obtiene se llama compost y es un recuperador de suelos que mejora su contenido de nutrientes y aumenta su capacidad de almacenamiento de humedad.

5.2.1 Descripción de un proceso de Compostación. Un proceso de compostación, comprende las siguientes etapas:

a. Preparación. Esta etapa se divide en:

Recepción: la preparación se inicia con la recepción de los residuos sólidos, generalmente en una tolva, donde se dosifican en forma continua mediante sistemas convencionales de alimentación a una banda transportadora.

⁴¹ ENTREVISTA con Fredy Alexander Camacho, Jefe Unidad administrativa y financiera en EMSERPUNAL ESP, Puente Nacional, Enero de 2006.

⁴² INGENIERÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio de investigación sobre sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos. Santa fé de Bogotá, Octubre 15 de 1993.

Foto 11. Recepción de RSO en la Tolva



Fuente: Los Autores

Foto 12. Tolva



Fuente: Los Autores

Selección: cuando existe clasificación en la fuente, a la tolva solo llegan residuos sólidos orgánicos. Cuando no se cuenta con este programa, en la banda se separan en forma manual los materiales reciclables tales como: cartón, papel, plásticos, vidrio, textiles, metales no ferrosos y cueros, Los metales ferrosos pueden ser removidos por separación magnética. Esta separación tiene por objeto el aprovechamiento de los materiales reciclables y la protección de los equipos de trituración y la preservación de la calidad del compost.

Foto 13. Separación de los residuos en la Banda



Fuente: Los Autores

Trituración: después de separados los materiales compostables se someten a reducción del tamaño por medio de triturado, este procedimiento es necesario para proveer la máxima área superficial por unidad de residuo y así aumentar la velocidad de descomposición. Sin embargo cuando el tamaño es muy pequeño se puede producir

compactación, esto hace necesario una mayor agitación para mantener la porosidad que permita la aireación necesaria.

Foto 14. Trituración de los Residuos



Fuente: Los Autores

Mezcla y Homogenización: son las operaciones más importantes dentro del proceso ya que de estas depende la calidad del producto final.

b. Digestión. Dentro de esta etapa se lleva a cabo la biodegradación que puede realizarse mediante un proceso natural anaeróbico o a través de un proceso aeróbico acelerado.

Proceso aeróbico de Compostación: la mayoría de las plantas utilizan la digestión aeróbica, el principal objetivo del proceso es crear un ambiente en el cual los microorganismos puedan descomponer rápidamente la porción orgánica de los residuos. Generalmente, se adiciona o inocula algún material para acelerar el proceso de biodegradación. Para esta digestión, las bacterias requieren del oxígeno que es suministrado volteando el material en descomposición, o si se trata de un recinto cerrado a través de tuberías.

Foto 15. Caldos Microbianos



Fuente: Los Autores

Los compuestos orgánicos son oxidados parcialmente, debido a que se genera calor, vapor de agua, dióxido de carbono, amoníaco y muy pequeñas cantidades de otros gases. El producto obtenido contiene compuestos orgánicos simples no susceptibles de sufrir nuevas degradaciones, por lo cual se considera estable.

El calor generado hace que la temperatura se eleve entre 60 – 70 °C destruyendo los organismos patógenos, cuando la temperatura se eleva a más de 70 °C se inhibe el crecimiento y reproducción de los microorganismos que realizan la degradación y el proceso biológico se retarda.

A medida que avanza el proceso se acelera la descomposición y no se producen olores desagradables. El proceso demora unas seis semanas, cuando el oxígeno presente se agota por falta de aireación aparecen organismos anaeróbicos que realizan el proceso de una manera más lenta, aumentando la generación de olores no deseables. La digestión o degradación del desecho se logra cuando la temperatura baja y se estabiliza, la apariencia del material es de humus.

En el compostaje, el medio base a emplear es el material orgánico que químicamente no es definido, por lo tanto se considera un medio complejo el cual es útil para el cultivo de una amplia gama de microorganismos. Para el crecimiento de estos microorganismos y la obtención del compostaje se debe cumplir con cinco parámetros básicos:

- Fuente de energía (generalmente es la misma fuente de carbono), deben existir los nutrientes para proveer los materiales esenciales de donde se sintetiza la biomasa (H, O, C, N, P, S).
- No se deben encontrar materiales como cloruros, fosfatos, sulfatos ya que son inhibidores de crecimiento.
- Deben existir condiciones fisicoquímicas óptimas (temperatura, pH, aireación, Humedad y Mezcla).

- De la relación carbono nitrógeno C/N dependen el tiempo de estabilización y la velocidad de transformación.

- Neutralizador: En todo proceso de fermentación se producen cambios en la concentración del hidrógeno produciendo cambios en el pH, es por esto que se requiere adicionar cal para neutralizarlo o papel periódico picado en caso de que el valor sea muy bajo.

c. Curado. El curado es una etapa lenta donde se termina la estabilización del compost, el tiempo requerido depende de la aireación que tenga el área donde se lleve a cabo y varía considerablemente entre días y meses.

16. Hileras del compost



Fuente: Los Autores

d. Acabado. El acabado consiste en el tamizado y/o trituración del producto con el fin de mejorar su apariencia final, retirando plásticos u otros objetos que pudiesen haber quedado en las etapas anteriores, mejorando de esta manera el aspecto físico, dejándolo granulado, fino y suelto para ser empacado.

Foto 17. Triturado final



Fuente: Los Autores

Foto 18. Zaranda



Fuente: Los Autores

e. Almacenamiento. Cuando la demanda del compost es variable es necesario disponer de un área para su almacenamiento, es factible que en el momento de almacenarlo se pueda ir evacuando la etapa de curado.

Foto 19. Bodega de Almacenamiento



Fuente: Los Autores

El proceso de compostaje requiere dedicación para vigilar y controlar las diferentes etapas necesarias para la obtención del compost. Se deben hacer esfuerzos para garantizar condiciones aeróbicas con el fin de evitar malos olores, obtener altas temperaturas y una rápida digestión. Un buen tratamiento del proceso evita la presencia de moscas y malos olores y la obtención de un buen producto en el menor tiempo. Una prevención especial es que los lixiviados o líquidos resultantes de la descomposición deben ser evacuados con cuidado y tratados con el fin de evitar la contaminación atmosférica, de los suelos y los acuíferos. Los parámetros a controlar son: contenido de humedad, relación carbono / nitrógeno, tamaño de las partículas, pH, inoculación, aireación, temperatura, control de insectos y olores.

Existen diferentes formas de hacer compostaje entre las cuales se encuentra:

- **Compostaje En Hilera**⁴³. El compostaje en hilera es uno de los métodos más antiguos de compostaje, se puede construir un sistema de compostaje en hilera mediante la disposición del material orgánico en líneas con una sección transversal normalmente de 2 a 2.30 metros por 4.5 a 5 metros de anchura. Las dimensiones de la hilera dependen del tipo de equipamiento que se va a utilizar para voltear los residuos fermentados. Antes de formar las hileras se procesa el material orgánico mediante trituración y cribación hasta obtener un tamaño aproximadamente 2.5 a 7.5 cm. y un contenido de humedad ajustado entre el 50 y 60 por 100.

En los sistemas de alto rendimiento se voltean hasta 2 veces por semana mientras se mantiene la temperatura en 55 °C o un poco por encima. El movimiento de hileras frecuentemente viene acompañado por emisiones de olores molestos, 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 girarlo. Durante el periodo de curación los materiales orgánicos descomponibles residuales son reducidos más por la acción de hongos y actinomicetos.

- **Compostaje en pila estática aireada**. Originalmente desarrollado para el compostaje aerobio de fangos de aguas residuales, se puede utilizar el proceso para fermentar una amplia variedad de residuos orgánicos, incluyendo residuos de jardín o RSU separados. El sistema de pila estática aireada consiste en una red de tuberías de aireación sobre la cual se coloca la fracción orgánica procesada de los RSU. Las alturas de las pilas son aproximadamente de 2 a 2.5 metros. A menudo se coloca encima de la pila recientemente formada una capa de compost cribado para el control de olores.

Normalmente se proporciona a cada pila un inyector de aire individual para un control más eficaz de la aireación. Para el suministro de aire frecuentemente se utiliza una tubería de drenaje de plástico ondulado; se introduce el aire para proporcionar el oxígeno necesario para la conversión biológica y para controlar la temperatura dentro de la pila. La operación de inyección normalmente está controlada por un cronómetro o en algunos sistemas, por un ordenador que controla un perfil de temperatura específico. Se fermenta el material durante un periodo de 3 a 4 semanas, después se cura el material durante cuatro semanas más. Normalmente se realiza una trituración y cribación del compost curado para mejorar la calidad del producto final.

Para ejemplificar lo anterior, se hace referencia a la Planta de Compostaje del municipio de Puente Nacional⁴⁴.

El servicio de aseo, ha tenido un énfasis muy especial en Puente nacional puesto que se ha convertido en uno de los proyectos que el municipio ha pretendido impulsar desde el año 1998, cuando se creó la planta de compostaje como solución al problema ambiental de los residuos sólidos.

⁴³ TCHOBANOGIUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. Volúmenes I y II. Editorial Mac Graw-Hill.

⁴⁴ PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, Municipio de Puente Nacional. 2004.

Este Municipio cuenta con un terreno de dos hectáreas en el predio “El Recuerdo” de la vereda Semisa, donde se ubica la planta de compostaje, distante aproximadamente a cinco kilómetros al nororiente del casco urbano; allí se disponen y se tratan no solo los residuos sólidos orgánicos del municipio de Puente Nacional; también, se reciben los residuos sólidos orgánicos de los municipios circunvecinos (Guavatá y Santana) en una cuantía total promedio de 20 toneladas por semana.

La instalación de la planta de compostaje se encuentra conformada por un área de separación final, en donde se reciben los residuos recolectados del día (clasificados desde la fuente y separados con bolsas plásticas de distintos colores), se terminan de separar y de clasificar. Residuos que serán dispuestos de acuerdo a su tipo: si es vidrio, papel, cartón, plástico, llantas, madera, huesos, chatarra, serán revertidos a su respectivo ciclo de producción para ser aprovechados (reciclaje); mientras que si es materia orgánica como: materia vegetal, residuos de alimentos, cáscaras de vegetales o tubérculos, alimentos descompuestos y en general, serán tratados mediante el compostaje para la producción de abono orgánico (mejorador de suelos); y los altamente contaminantes “materia muerta” como: Pañales, servilletas, residuos hospitalarios, pilas, telas, bombillos y lámparas, bolsas plásticas e icopor, son tratados según su peligrosidad, por ejemplo los residuos hospitalarios son recogidos por una empresa especializada; y los demás son dispuestos al relleno sanitario de Boyacá debido a que el municipio se encuentra realizando los respectivos trámites para la ubicación y adecuación de un terreno que cumpla con las características técnicas para esta importante actividad.

5.2.2 Descripción del proceso en la planta de tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de Puente Nacional, Santander. En la actualidad a la planta llegan los residuos orgánicos, con muy pocas cantidades de material ajeno al proceso como inorgánicos, lo cual indica que las campañas de sensibilización ambiental han funcionado notoriamente, permitiendo que siga funcionando adecuadamente el programa de clasificación en la fuente.

El vehículo recolector descarga en la tolva los residuos sólidos orgánicos, estos residuos no llegan en bolsas, porque durante su recolección, los operarios rompen la bolsa en la volqueta para verificar si los usuarios están cumpliendo con el programa de separación en las casas y a su vez evitar la entrada de estas bolsas a la zona de recepción.

Una vez descargados los residuos en la tolva, pasan por una banda transportadora, donde se encuentran tres operarios haciendo una reSelección para evitar la entrada de material no orgánico a la picadora. Esta banda no cuenta con un imán para detectar o atrapar metales. Luego pasan por un tornillo sin fin que conduce los residuos a la picadora, durante este recorrido es adicionado “Agroplus”, producido por la *Fundación de Asesoría para El Sector Rural* (FUNDASES).

El Agroplus es un cultivo líquido de microorganismos compuesto por diversas especies de bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos, para acelerar el proceso de descomposición. Su color es amarillo, olor a fermento y su pH oscila entre 3.5 - 4.5. Este cultivo se encuentra en tanque plástico de 1000 litros.

Para el sostenimiento del cultivo de microorganismos se suministra alimento cada vez que el contenido del tanque se reduce hasta la mitad, para lo cual le es adicionado agua hasta

completar el volumen del tanque. Este sustrato esta compuesto por leche, melaza, soya y yogurt natural. El tanque es oxigenado con un aireador y cada tercer día es agitado manualmente para garantizar homogeneidad del caldo. Una vez adicionados los microorganismos, los residuos pasan por la picadora. Después de triturados los residuos son recibidos en una carretilla que a su vez es manipulada por un operario que luego transporta los residuos al área de compostaje.

En las zonas de compostaje se encuentran pilas estáticas con aireación forzada, donde cada pila tiene una capacidad de almacenar aproximadamente 7,260 toneladas en un volumen $9,075 \text{ m}^3$ con una densidad promedio de 800 Kg/m^3 . La planta esta dividida en dos zonas de compostaje, en donde la zona uno tiene siete pilas y una capacidad de almacenamiento de 50,820 toneladas. La zona dos posee 8 pilas y almacena 58,080 toneladas. La capacidad total de la planta con sus 15 pilas es de 108,900 toneladas con un volumen de $136,125 \text{ m}^3$.

El sistema de inyección de aire consiste en una red de tuberías onduladas de escape o aireación, por la cuales se inyecta aire caliente para oxigenar la pila. Luego pasan a la zona de secado, la cual tiene la capacidad de almacenar $20,648 \text{ m}^3$ es decir 16,5 toneladas, que equivale a dos pilas y un cuarto. La zona esta compuesta por un falso fondo donde se inyecta aire caliente para acelerar el proceso que se lleva a cabo en esta etapa.

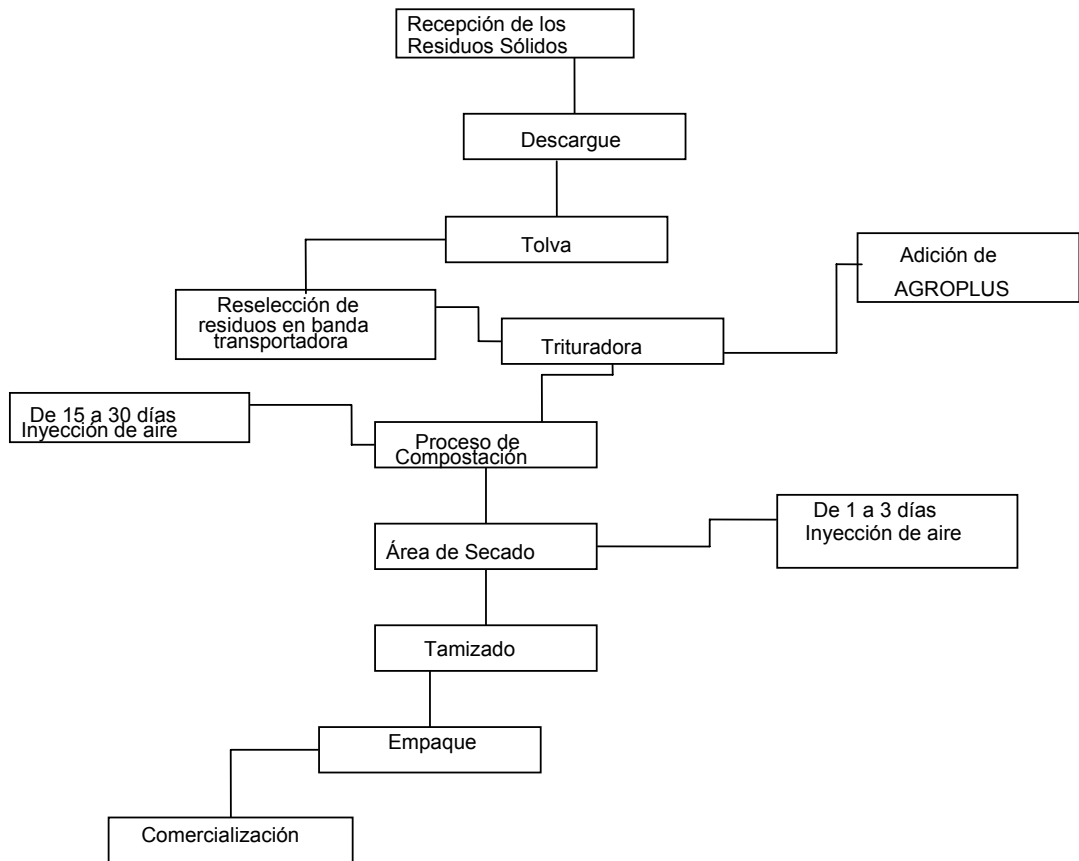
Los tiempos de maduración y secado están en función de la cantidad de residuos que llegan a la planta, es decir a mayor cantidad de residuos menor el tiempo de maduración. Terminado el proceso de secado, los residuos son pasados por una cribadora y empacados en costales para luego ser almacenados en una bodega. Una parte del abono orgánico que se obtiene de esta labor es comercializado en la región y la otra parte se utiliza para conservación del suelo y especies arbóreas de los terrenos cercanos.

5.2.2.1 Descripción de la infraestructura y maquinaria existente. En la actualidad la planta de compostaje cuenta con la siguiente infraestructura y maquinaria para el procesamiento de residuos sólidos orgánicos y producción del mejorador de los suelos:

- Tolva de recepción de 4.5 metros x 1.5 metros
- Banda transportadora y de inspección de 1m x 8.65m
- Moto reductor dosificador y desbrozado de bolsas.
- Tornillo sin fin de 1,1 m con motoreductor
- Picadora y trituradora con motor de 10 caballos y contractor
- Dos motores: uno de 25 Hp y otro de 1,2 Hp
- Bodega de almacenamiento
- Estación eléctrica de control
- Oficina, cuarto de herramientas y servicios sanitarios con pozo séptico.
- Dos tanques para almacenamiento de agua de 5000 lt.
- Área de producción encerrada en angeo y polietileno 24 x12 m.
- Área de secado encerrada en angeo de 15 x 7 m.
- Reactor biológico de 2m de diam x 1.50 de altura.
- Hornilla para quemar carbón y ventilador de 24" con motor de 7.5 Hp.
- Cribadora con moto reductor de $1 \frac{1}{2}$ Hp

- Balanza de 500 Kg.
- Área para procesamiento del reciclable de 12 x 8 m.
- Unidad de pozo séptico compuesta por tres tanques en serie

Figura 3. Diagrama de flujo de la planta de tratamiento y aprovechamiento del municipio de Puente Nacional (Santander).



Fuente: Emserpunal ESP

Las Fallas que se presentan en esta planta de compostaje son realmente muy pocas; y de igual forma están siendo corregidas. Estas son:

- Los olores y los mosquitos, los cuales son producidos por la actividad normal del proceso. Es corregido, haciendo un control constante mediante fumigación manual, la cual inhibe y paraliza la sobrepoblación de estos; en conjunto se hace control natural mediante las pilas de compost, estas realizan un exterminio biológico dada la alta actividad bacteriana que allí predomina convirtiendo los huevos de larvas, moscas y zancudos en alimento para los microorganismos. Otra forma de hacer control en el área de compostaje de esta planta es por medio de la utilización de pollos, los cuales se comen las larvas antes de que maduren; esta forma de hacer control no es recomendada debido a que

pueden originar epidemias, ya que los pollos se alimentan de los residuos orgánicos que de alguna u otra forma llegan contaminados. Posteriormente estos animales son comercializados en su etapa de crecimiento (aproximadamente 90 días), tiempo en el cual son considerados propensos para su venta y consumo humano.

- Para el manejo de los lixiviados que resultan del escurrimiento de las pilas del compost, se cuenta con unos canales recolectores en cemento ubicados a un costado de la área de compostación, que conducen el líquido percolado a un tanque (reactor aerobio) en donde son tratados para luego ser retornados al ciclo del proceso.
- Otra de las debilidades presentes en esta planta es que la maquinaria que aquí se utiliza se encuentra por lo general en estado de quietud, pues su capacidad teórica para procesar los residuos sólidos es de 20 ton/hora y tan solo se procesan aproximadamente 80 toneladas al mes (residuos de Puente Nacional, Santana, y Guavatá), esto indica que la planta se encuentra siendo subutilizada.

La solución que se vislumbra para aprovechar en su totalidad la capacidad que otorga la maquinaria existente en la planta de compostaje de Puente Nacional es aumentar la entrada de residuos provenientes de otros municipios. La regionalización es la estrategia que se está llevando a cabo para aumentar la cantidad de residuos y lograr mejores cantidades de producto final (Abono).

5.2.2.2 Costos de la planta de compostaje del municipio de Puente Nacional⁴⁵. Los costos al inicio del proyecto de la planta de compostaje del municipio de Puente Nacional tuvieron un valor aproximado de 120 millones de pesos. Dentro de este valor se encuentran: los costos de estudios, la compra de maquinaria (descrita en el numeral 5.2.2.1), pago del permiso ambiental, construcciones y demás; el predio donde se encuentra ubicada la planta es de propiedad del municipio. En el año 2005 a la planta se le hicieron unas mejoras para optimizar su uso y poder brindar un mayor cubrimiento del servicio a los demás municipios. Los costos de inversión y operación para la adecuación de la planta se presentan en la tabla 6.

Tabla 10. Costos de cada una de las etapas necesarias para la optimización de la planta de bioabono.

ETAPA	COSTO TOTAL POR ETAPA \$
1. Estudios, construcción y adquisición de la maquinaria.	\$24.228.531
2. Operación mensual (adquisición de materiales, contratación de mano de obra y otros costos de operación)	\$7.181.273

Fuente: Emserpunal ESP.

⁴⁵ ENTREVISTA con Fredy Alexander Camacho, Jefe Unidad administrativa y financiera en EMSERPUNAL ESP, Puente Nacional, Enero de 2006.

Los costos mensuales del manejo de la planta (mantenimiento de maquinaria, mano de obra y otros) y en general, son cubiertos por la comercialización del abono orgánico, del pago del servicio de aseo por parte de los usuarios de Puente Nacional y de los ingresos recibidos por el pago de los municipios a la empresa Emserpunal ESP por tratar sus residuos orgánicos. Los precios cobrados por la planta de Puente Nacional para el tratamiento de los residuos a otros municipios oscilan entre \$20.000 y \$35.000 / tonelada; Los residuos orgánicos deben ser vistos como una estrategia comercial que permita mejorar los ingresos económicos y a su vez mitigar el impacto ambiental que estos residuos contraerían si se disponen en un relleno sanitario.

En Colombia el valor promedio del compost es de \$180.000 por tonelada. La comercialización del producto del proceso del compost denominado mejorador de suelos, por parte de la empresa Emserpunal ESP se hace a un precio de \$5.000 el bulto (25 Kg). Valor que al mes es muy significativo si se tienen en cuenta, que la planta produce de 300 a 400 bultos mensuales de abono.

Lo anterior evidencia que las plantas de compostaje, si son manejadas eficientemente por parte de la empresa prestadora del servicio de aseo de los diferentes municipios, en donde existe esta alternativa de manejar los residuos sólidos, pueden llegar a ser una muy buena alternativa, ya que ellas tienden a auto sostenerse, evitándose de esta forma inversiones mayores en el largo plazo.

5.3 LOMBRICULTURA⁴⁶

Se le denomina Lombricultura a los diferentes manejos relacionados con la cría, producción de lombrices y su tratamiento, por medio de éstas, se tratan los residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas.

Este método está basado en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz.

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual conlleva a un aumento significativo en la rapidez de la degradación y la mineralización de residuos, obteniendo un producto de alta calidad. Esta transformación hace que los niveles de pérdida de nutrientes como nitrógeno, potasio, etc., sean mínimos con relación a los sistemas tradicionales de compostaje.

Para este fin se cultiva principalmente la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*); fue descubierta en California en el año 1954; es de color rosa oscuro, su engrosamiento (clitelo) se encuentra en la parte anterior del cuerpo, pero solo se ve en las lombrices adultas (después de los 3 a 4 meses) y su cola es achatada, de color amarillo. Mide

⁴⁶ FERRUZZI, Carlo. Manual de Lombricultura. Editorial Mundiprensa, marzo 1999, España.

aproximadamente de 8 a 10 cm. y su diámetro esta entre 3 y 5 mm. Además son muy resistentes a las condiciones del medio.

Foto 20. Eisenia Foetida en su medio



Fuente: Los Autores

Foto 21. Eisenia Foetida



Fuente: Los Autores

La lombriz Roja Californiana, tiene una temperatura corporal que oscila entre los 19 y los 20°C, respira a través de la piel, no tiene dientes, cuenta en su cuerpo (metamero) con 5 pares de corazones y un par de riñones; razón por la cual podría vivir una de sus partes en caso de ser fragmentada en dos. Esta dotada de sistema circulatorio, nervioso y muscular.

Su sistema reproductor es hermafrodita. Su reproducción se hace por fertilización cruzada, en donde ambas Lombrices ponen un capullo, llamado cocón, de cada 10 a 30 días. Cada capullo contiene de 2 a 10 lombrices que emergen a los 21 días, siendo individuos juveniles de color blanquecino, que se pueden reproducir cuando pasan a ser adultas.

Para comer, la lombriz chupa la comida a través de su boca. Cuando aquella llega al estomago, las glándulas especiales se encargan de segregar carbonato cálcico, el cual tiene como fin neutralizar los ácidos de las comidas ingeridas. La lombriz avanza arrastrándose sobre el terreno, ya que cuenta con anillos que se adhieren al suelo. Así, fija sus anillos anteriores en el terreno y encoge el resto de su cuerpo, empujando para avanzar a la par que abre su boca y succiona la comida.

Teniendo hasta este punto algunas de las generalidades de la lombriz roja californiana, se retoma el tópico referente a la practica de la Lombricultura, para observar cuales son sus propósitos. Por una parte está la Lombricultura doméstica, practicada por personas con alto sentido ambiental para reciclar sus residuos domésticos, de cocina y jardín; y por la otra, se toma la Lombricultura como una buena alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos contaminantes, tales como restos de cosechas, RSU materia muerta (papel higiénico, cartón y papel húmedo sin tintas o químicos), desperdicios de restaurantes,

estiércoles, residuos industriales de origen orgánico (mataderos, papeleras, agro industrias...), etc.

Finalmente, también la Lombricultura puede ser una actividad empresarial. Es negocio tanto la obtención de compost, como la venta de las proteínas de las lombrices, o el tratamiento de residuos, por los que se cobra una tarifa. En las comunidades el vertido de residuos llega a ser un problema de grandes costos, tanto sociales, como ambientales y económicos.

La razón por la que fundamentalmente se hace uso de la *Eisenia foetida*, es la mayor rentabilidad que genera su explotación, reflejada en⁴⁷:

- Longevidad: viven aproximadamente unos 16 años
- Prolificidad: puede llegar a producir, dependiente de las condiciones, hasta 1500 pequeñas lombrices anualmente.
- Deyecciones: abono orgánico con una riqueza de flora bacteriana de prácticamente 100%, con 2 billones de colonias de bacterias vivas y activas por gramo de humus producido, también esta sujeto a los tipos de desechos orgánicos que el anélido consume.
- Emigración: la explotación de la lombriz roja es la única factible al aire libre, porque esta no se aleja, no huye de sus alojamientos originales, solo bajo condiciones inadecuadas.

Todo lo estudiado sobre este tema, desde los años de Aristóteles hasta la actualidad, se ha dirigido a mejorar las condiciones de vida de la lombriz y su longevidad. Esto es, por que la lombriz tiene buenas perspectivas, genera beneficios a quien la posee, ya que es un negocio de producción diversificada con el que se obtienen excelentes ingresos económicos provenientes de la comercialización de la lombriz y el vermicompost.

Se utiliza en varias aplicaciones agrícolas como: la pesca, las piscifactorías o las explotaciones avícolas y como alimento para animales; sus deyecciones se emplean como fertilizantes; además con sus excavaciones se propicia que un terreno que sea seco y estéril pueda convertirse en uno más adecuado para el riego y el aprovechamiento de agua-lluvia. También se aprovecha su carne en el consumo humano, en la realización de paté y en reconocidas cadenas de restaurantes, como lo es, hamburguesas el Corral en Colombia; esto ocurre debido al alto contenido proteínico de la lombriz que es del 60 al 80%, lo que la convierte en uno de los alimentos de mayor calidad que se puede encontrar en la naturaleza. Esta alternativa ofrece la oportunidad de producir carne de muy buena calidad con una rentabilidad y productividad alta y a muy bajos costos.

⁴⁷ GABETTA, José. Lombricultura Rentable, Editorial Igtur, julio de 2004, España.

5.3.1 Humus de lombriz.

Foto 22. Humus (Lombrinaza)



Fuente: Los Autores

Foto 23. Humus Líquido (Vermicompost)



Fuente: Los Autores

La cantidad diaria de humus producida por las lombrices es absolutamente idéntica para cada una de ellas. Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformado en humus de lombriz o vermicompost, que puede incrementar hasta en un 300% la producción de productos vegetales. Una lombriz produce diariamente unos 0.3 gr. de humus, con lo que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades de humus, pero no se puede conseguir una eyección mayor al 60%.

El humus generado por las lombrices tiene un aspecto similar a la tierra, suave, ligero e inodoro, con altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micro elementos en cantidades al menos cinco veces superiores a las de un buen terreno fértil.

Foto 24. Textura del Humus



Fuente: Los Autores

Como ya se dijo en las razones de mayor rentabilidad para la escogencia de la roja californiana, el análisis microbiológico del humus indica una importante carga bacteriana, que le genera una elevada actividad biológica, especialmente compuesta por grupos de microorganismos ya presentes en el suelo. Cuando las lombrices digieren los sustratos biodegradables, una gama completa y balanceada de colonias microbianas nativas se agregan a estos materiales, las cuales mantienen su viabilidad y se convierten en los responsables de la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

El humus se divide en categorías según sea la explotación de las lombrices, es decir de tipo medio ambiental o bien sea para negocio.

En el caso de las explotaciones eco-ambientales las lombrices que consumen cualquier tipo de sustancias orgánicas, producen un humus pobre en la cantidad de flora bacteriana, además que presenta trozos de mercurio y plomo, lo cual lo hace tóxico, no siendo aconsejable su uso para cultivos de alimentación humana pero sí para floricultura o mejoras del suelo; este humus también cuenta con enzimas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas y ulminas, que actúan como cementantes de unión entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares uniformes que permiten un óptimo desarrollo de las raíces, mejora el intercambio gaseoso, aumenta la oxidación de la materia orgánica y por ello la disponibilidad de nutrientes en formas asimilables, estimulando así el crecimiento vegetal.

El humus de lombriz se puede utilizar tanto en forma sólida como líquida, siendo particularmente importante su aplicación en la producción de hortalizas, frutales o flores ornamentales. Tiene también otros usos más específicos, como en jardinería y campos para practicar deportes como golf, fútbol, etc.

En los municipios se plantea como una importante alternativa al problema de la eliminación de los residuos urbanos, tanto en lo referente a las basuras domésticas, como los que afectan los fangos y lodos de las grandes depuradoras. Es una excelente alternativa para la gestión de residuos en contraste con las otras alternativas de las que han surgido nuevas problemáticas. La solución inmediata es seleccionar las basuras, y con las lombrices poder transformarlas en un fertilizante orgánico.

Muchos países del mundo, debido a los altos costos de los tratamientos de desechos, han realizado un alto número de investigaciones de técnicas de explotación de la lombriz y hoy día se tiene una técnica perfectamente desarrollada cuyo fruto se puede apreciar en muchas partes del mundo.

5.3.2 Producción de lombriz⁴⁸. Su producción puede ser de tipo familiar y de tipo industrial. Para cada uno de estos tipos se debe tener claro el propósito de su cultivo. En este caso solo se hace referencia al tipo industrial que es aquel que se adapta a la estructura de los rellenos sanitarios, pues es necesario un terreno totalmente libre sin ningún tipo de estructuras fijas. No se utiliza luz artificial, ni instalaciones de riego para mantener sus niveles de humedad, ni calefacción y/o acondicionadores del medio.

⁴⁸ ABIATTE, Mabel. Lombricultura, Autores Editorial, junio de 2003, Uruguay.

Todo lo anterior hace que cualquier instalación con dichas condiciones sirva para producir la lombriz, sin tener costos iniciales de inversión y gestión. Siendo esto lo que lleva a pensar que si se pueden transformar todos los residuos de la sociedad humana en un material de optima calidad, que devuelve vida al suelo.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta para mantener las lombrices son⁴⁹:

- La ubicación: un lugar de fácil acceso para la humectación y distribución de la comida. Son aconsejables lugares suficientemente aireados.
- La temperatura: la óptima es aquella que se acerca a la de su cuerpo entre 18 a 25°C grados, no estando expuesta a los rayos del sol, ni a fríos nocturnos. Es un factor que influye en la reproducción, producción y fecundidad.
- La luz: le teme a la luz y los rayos ultravioleta la matan.
- La Humedad: es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción. Debe estar entre el 70 y 80%. Una humedad superior al 85 % y por debajo de 70 % de humedad es una condición desfavorable. Niveles de humedad inferiores al 55 % son mortales para las lombrices.
- El pH: mide lo alcalino o ácido del sustrato. La lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4. Con pH ácido en el sustrato (<7) puede desarrollarse una plaga conocida en el mundo de la Lombricultura como planaria.

El sustrato constituye la base del lecho y se debe formar a partir de materiales orgánicos, mejor si son rico en celulosa. Es aconsejable el estiércol de ganado, paja o cartón bien mojado. El espesor debe ser de unos 15 a 25 cm. Su preparación se hace por medio de fermentación aerobia, resultado de la actividad de una serie de microorganismos de diferentes grupos. El tiempo que dure la fermentación depende del pH, humedad, temperatura y tipo de sustrato.

⁴⁹ FERRUZZI, Carlo. Manual de Lombricultura, Editorial Mundiprensa, Marzo de 1999, España.

Foto 25. Cultivo a pequeña escala 1



Fuente: Los Autores

Foto 26. Cultivo a pequeña escala 2



Fuente: Los Autores

Es importante recordar que la explotación de lombrices es absolutamente inodora, por lo cual puede ponerse cualquier material orgánico ya putrefacto y no se emitirá olor después de unas 23 a 36 horas de la introducción.

El procedimiento de digestión y transformación, por parte de las lombrices, que se nutren con los mas variados tipos de sustancias orgánicas, es diferente según contengan o no residuos y componentes inorgánicos. Siendo así, el proceso de la preparación y tratamiento de los RSU se divide en cuatro fases a tener en cuenta para su implantación⁵⁰:

- Primera fase: separación de la parte orgánica de la inorgánica
- Segunda fase: trituración de la parte orgánica
- Tercera fase: fermentación
- Cuarta fase: alimentación de lombrices que procedan a su digestión

En estas fases se procede a separar las partes orgánicas, ya sea manualmente o por medio de maquinaria especial por lo general de centrifugación. Con este proceso se obtienen los productos comestibles para la lombriz. La fase de trituración es muy importante dado que optimiza el trabajo de las lombrices al permitir que el alimento sea engullido sin dificultad por el anélido. Para esta tercera fase se preparan montículos de sustancias orgánicas ya trituradas, contribuyendo a la fácil fermentación, teniendo en cuenta parámetros como: una altura de 70 a 80 cm., una tela de nylon para su recubrimiento y un riego abundante para las sustancias. Finalmente en la fase cuatro se distribuyen el compost sobre los lechos para que las lombrices puedan proceder a su digestión transformando este producto, antes pobre, en un fertilizante rico.

⁵⁰ CACCIAMANI. Lombricultura una actividad ecológica, Editorial Hemisferio Sur, Mayo 1 de 2003, España.

En la tabla 7. Se pueden observar las cantidades medidas de RSU, producidos en función del número de habitantes, así como la cantidad media de lombrices necesaria para su tratamiento.

Tabla 11. RSU por Habitante.

Habitantes	Residuos sólidos 800g / persona	Partes inorgánicas 55%	Partes orgánicas 45%	# necesario de lombrices	Humus diario	Humus anual
100	Kg. 80	Kg. 44	Kg. 36	36000	Kg. 21.6	Kg. 7884
200	Kg. 160	Kg. 88	Kg. 72	72000	Kg. 42.2	Kg. 15403
300	Kg. 240	Kg. 132	Kg. 108	108000	Kg. 63.8	Kg. 23287
400	Kg. 320	Kg. 176	Kg. 144	144000	Kg. 85.4	Kg. 31171
500	Kg. 400	Kg. 220	Kg. 180	180000	Kg. 106.8	Kg. 38690
1000	Ton 8	Ton 4.4	Ton 3.6	3600000	Ton 2.16	Ton 788.40
2000	Ton 16	Ton 8.8	Ton 7.2	7200000	Ton 4.22	Ton 1540.30
3000	Ton 24	Ton 13.2	Ton 10.8	10800000	Ton 6.38	Ton 2328.70
5000	Ton 40	Ton 22	Ton 18	18000000	Ton 10.60	Ton 3869
10000	Ton 80	Ton 44	Ton 36	36000000	Ton 21.20	Ton 7738

Fuente: Manual de lombricultura⁵¹

El humus proveniente de esta transformación de residuos se puede destinar a parques o jardines públicos, zonas verdes o explotaciones agrícolas y/o tierras dedicadas a cultivos hortícolas o de flores. En términos generales se puede considerar el costo de la lombricultura con fines ambientales como el 25% de los costos de manejo y mantenimiento de planta incineradora y el 50% de manejo y mantenimiento de instalaciones para rellenos sanitarios.

5.3.3 Plagas y enfermedades. La lombriz roja californiana es el único animal en el mundo que no transmite ni padece enfermedades, pero existe un síndrome que lo afecta y es conocido como Gozzo Acido o Síndrome Proteico, éste se debe a que cuando la lombriz se le suministra sustratos que son altos en proteína (40%, por ejemplo frijoles) es degradado por enzimas que la lombriz posee en su sistema digestivo y se da una alta producción de Amonio, presentando la lombriz inflamaciones en todo el cuerpo debidas a gases que expele, muriendo a las pocas horas⁵².

Dentro de las plagas se conocen con mayor importancia 5:

- Hormigas
- Pájaros
- Planaria
- Ratas
- Topos

⁵¹ Ibid. Pág. 119

⁵² ABIATTE, Mabel. Lombricultura, Autores Editorial, junio de 2003, Uruguay.

Las hormigas: las hormigas rojas son depredador natural de la lombriz y pueden llegar a acabar en poco tiempo con el cultivo de lombriz. La hormiga es atraída principalmente por el azúcar que la lombriz produce al momento de deslizarse por debajo del sustrato.

La hormiga se puede controlar sin necesidad de químicos, tan sólo hay que vigilar que la humedad de la cama se encuentre en el 80 %.

Pájaros: las aves pueden acabar poco a poco con un lombricero, pero esta plaga se puede controlar poniendo un manto de pasto de 10 cm sobre la cama de las lombrices.

Planaria: es la plaga de mayor importancia dentro de los criaderos de lombrices, es un gusano plano que puede medir de 5mm a 50mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales de color café.

La planaria se adhiere a la lombriz por medio de una sustancia cerosa que el platelminto produce, posteriormente introduce en la lombriz un pequeño tubo de color blanco succionando todo el interior de la lombriz hasta matarla.

Esta plaga se controla con manejo del sustrato regulando el pH o en 7.5 a 8. En pH bajos la planaria se desarrolla y comienza su actividad de depredador natural de las lombrices.

Ratones: el ratón y las ratas es otra plaga muy peligrosa para el cultivo de lombrices, pero se puede controlar al igual que las hormigas manteniendo la humedad alta.

Topos: Son una amenaza en cultivos al aire libre. Debe instalarse una lona resistente en la base de la cuna. Otros enemigos son: serpientes, víboras ciegas, sapos, aves en general, porcinos, ciempiés, gorgojos etc.

5.3.4 Comercialización⁵³. La producción comercial se debe manejar como cualquier tipo de producción animal, con las ventajas de que no contraen enfermedades y tienen fácil manejo de producción.

Se pueden vender las lombrices después de unos ocho meses a partir del inicio de la actividad, de manera tal que los individuos más jóvenes hayan alcanzado la madurez sexual y tengan capacidad reproductiva.

Las lombrices pueden venderse y luego adquirirse, de diferentes formas:

- Por lecho: este semillero contiene individuos de diferentes tamaños, así como huevos o cápsulas, lombrices recién nacidas y la medida base que sería 1 kilo, contiene 170 gr. de animales (Biomasa) que se pueden extraer. Su precio comercial es de \$ 5000 a \$ 7000 por Kg. pero dependiendo de la cantidad que se compre varía su precio.
- Por unidades: se trata de Biomasa, todas ellas adultas, de las cuales se pesa 1 Kg., contando cuantos animales componen este peso. No se tiene su valor comercial, debido a que no es muy frecuente la compra de lombrices de esta forma.

⁵³ ENTREVISTA con Humberto Serrano, experto lombricultor. Ruitoque, Santander, Enero de 2006.

- Por peso: son animales de todos los tamaños, excluidos los huevos y los recién nacidos. Todos los animales deben ser sexualmente adultos y los más jóvenes tener 90 días por los menos. Su valor comercial es de \$ 50.000 Kg. Esto se explica porque 6.33 veces los 170 gr. por Kilo, mas lo que cuesta la delicada y rápida mano de obra que se debe aplicar para la separación, además del sustrato para mantenerlas.

El humus de una alta calidad se puede encontrar en el mercado a unos valores que oscilan entre \$ 200.000 a \$ 250.000 Ton. (2.000 libras) dependiente del volumen de compra es la variación de su precio. Un bulto (100 libras) se vende en \$13.000. El humus líquido (Lixiviado del cultivo de lombrices) no se comercializa, debido a que en Colombia aun no se conoce el adecuado procedimiento para este, pero quienes practican la lombricultura por negocio generalmente lo gastan en su propio uso, rebajando su concentración a 50% lixiviado y 50% agua.

5.4 PLANTA INCINERADORA

Foto 27. Planta Incineradora



Fuente: Los Autores

Un horno incinerador esta creado para consumir basura de cualquier tipo. Es un equipo compacto y modular constituido por dos cámaras acopladas de tal manera que los gases generados por la combustión parcial de los desechos en una de ellas (inferior o de combustión) pasan a la otra (superior o de post-combustión) dentro de regímenes de velocidad y temperatura controlados permitiendo una combustión total. Este proceso se realiza sin necesidad de utilizar depuradores de agua o precipitadores electrostáticos⁵⁴. En Colombia se rigen según lo estipulado en el decreto 2676 de diciembre 22 de 2000 Ministerio del Desarrollo Territorial y Medio Ambiente.

⁵⁴ TKF Engineering & Trading S.A, Manual de productos.

Además están; la resolución 058 del Ministerio de Medio Ambiente y las normas internacionales como la EPA (Environmental Protection Agency) o UE (European Union). Estas se deben tener en cuenta a la hora de la fabricación de hornos, los cuales deben contar con equipos suplementarios como scrubbers y baghouses para optimizar los gases provenientes de la combustión.

El horno está elaborado externamente en perfiles y lámina de acero, con un debido tratamiento con pentóxido y pintura resistente a altas temperaturas. Su cámara de proceso se ubica en la parte inferior, la cámara de post-combustión esta encima de la anterior, aisladas por un material especial y cubiertas por cemento refractario, el cual aguanta altas temperaturas y se hace muy resistente a la fricción y los golpes. Para dar cumplimiento a los regimenes y poder controlar la temperatura calorífica las cámaras de combustión y post-combustión cuentan con un control de temperatura ubicado en las mismas.

Foto 28. Horno Incinerador



Fuente: TKF Engineering & Trading

Foto 29. Incinerador en funcionamiento



Fuente: Los Autores

Un incinerador tiene dos puertas, una de cargue y otra de extracción de cenizas. Ambas puertas están construidas en acero en la parte exterior y cemento refractario en el interior. Cuenta con una chimenea fabricada en acero y cubierta internamente con cemento refractario. En la parte superior el acero inoxidable es de mayor diámetro para evitar la entrada de aguas lluvias.

La cámara incineradora dispone de quemadores de ejecución especial, distribuidos en las dos cámaras, aptos para trabajo a altas temperaturas y pueden funcionar con A.C.P.M. (DIESEL), Gas Natural o Gas Propano. Todo el funcionamiento es automático, con encendido por medio de una chispa eléctrica⁵⁵.

⁵⁵ CINTEC incenerateur, Especificación de productos, Canadá.

Foto 30. Puerta de Cargue



Fuente: CINTEC

Foto 31. Quemadores



Fuente: CINTEC

La capacidad de carga de los hornos puede ir desde 60 hasta 2.680 Lb./Hr. Lo anterior es sujeto al tipo de residuos sólidos. Pero se puede aproximar que una planta Incineradora de RSU podría llegar a quemar unas 400.000 toneladas de basuras cada año⁵⁶.

El funcionamiento del horno se cumple por medio de las cámaras de combustión y post-combustión, para realizar el proceso de incineración con aire controlado. Una óptima actividad debe tener en buenas condiciones estas dos, de lo contrario se estará generando contaminación.

En la cámara de combustión donde se queman las basuras y se generan los gases contaminantes se requiere una baja velocidad y unas condiciones de temperatura controlada. La función de la cámara de post-combustión es completar la combustión de las basuras que vienen de la cámara inferior; los gases generados en esta cámara, incluyen compuestos pirolíticos y oxidantes que pasan a la cámara superior en donde se les introduce aire adicional para formar una atmósfera oxidante, quemándose a una temperatura superior a la de la cámara inferior.

Los elementos no combustibles y los residuos carbónicos de la basura permanecen en la cámara inferior. Los primeros son esterilizados por la alta temperatura mientras que los segundos se oxidan.

⁵⁶ ENTREVISTA con Carlos E. Correa Ávila. Jefe de Planta Incineradora SANDESOL. Bucaramanga, Febrero de 2006.

Foto 32. Cargador del horno



Fuente: Los Autores

Foto 33. Incinerador en planta



Fuente: Los Autores

Para la instalación de una planta de incinerización de materiales sólidos se debe tener en cuenta que la temperatura exterior depende de las condiciones de aireación, de la temperatura ambiente del sitio donde este instalado el horno y del material aislante colocado. Esta temperatura no debe exceder de 100°C. En un sitio muy cerrado, con poca ventilación, se debe inducir un caudal de aire ambiente por medio de ventiladores.

Todo lo anterior corresponde a las generalidades de un horno incinerador, su funcionamiento, normatividad y requerimientos, pero a pesar de ser uno de los medios de tratamiento para los RSU también constituye una solución controvertida. Las emisiones de sustancias tóxicas a la atmósfera, la producción de cenizas y otros residuos, generan impactos potenciales en el medio ambiente y la salud que la hacen poco recomendable, sin olvidar la poca rentabilidad económica que tienen. Es así como emerge un nuevo problema de corte medioambiental y social, pues existen quienes promueven la incineración como la única salida para la saturación de los rellenos, y también quienes se oponen por múltiples motivos.

Según los promotores de la incineración, las plantas incineradoras tienen la ventaja de⁵⁷:

- Hacer desaparecer las basuras
- Generar energía
- No producir contaminación peligrosa

Pero por el otro lado están quienes tienen suficientes razones para rechazarla en lo absoluto. Si la incineración fuera la única solución al problema de los residuos, de igual forma no sería viable, debido a que se debe realizar una importante inversión para su

⁵⁷ Red Business Information. Revista Residuos. 2005.

instalación, lo cual sugiere una coyuntura en el terreno socioeconómico asociado a los costos y otra buena parte relacionada con el medio ambiente.

El proceso de incineración produce contaminación tóxica, un listado de algunos de los productos que se generan en el horno de una incineradora y sus consecuencias son:

- Contaminantes clásicos: dióxido de carbono (calentamiento global), óxidos de nitrógeno (neblinas urbanas y ozono a nivel de suelo), cloruro de hidrógeno (brumas ácidas), dióxido de azufre (lluvia ácida).
- Metales pesados, como plomo, cadmio, mercurio, cromo... (tóxicos y bioacumulativos).
- Organoclorados, como fosgenos, benzenos, fenoles clorados, PCBes, dioxinas y furanos (altamente tóxicos, cancerígenos, biocumulativos).
- Sustancias sin identificar y cuya toxicidad se ignora.

Sin embargo estos equipos cuentan con filtros instalados en algunas (muy pocas según las estadísticas) incineradoras que son eficaces para retener algunos de los contaminantes anteriores, el resto se escapan por las chimeneas.

A pesar de darse cumplimiento a la normativa nacional, esto no garantiza la protección del medio ambiente y la salud pública. En Colombia no se conoce de la existencia de plantas incineradoras para RSU, se utilizan solo para el manejo de material delicado como lo son los RSH (Residuos Sólidos Hospitalarios).

Incinerar los RSU no parece ser una buena alternativa de gestión de materiales, lo que se quema en una incineradora puede ser reciclado y reutilizado. Además, por cada 3 toneladas de basura que entran en una incineradora se produce 1 tonelada de cenizas, que requieren ser depositadas en un sitio especial. El resto se transforma en gases y cenizas volátiles. Se supone que el peso total de los residuos se reduce en una tercera parte durante la incineración, pero esta cifra solo se refiere a las cenizas, ignorando otros residuos como las emisiones en forma de gases. Adicionando estas emisiones se incrementaría este número. Siendo así, al sumar la masa de todos los residuos que genera una incineradora, incluyendo las emisiones, el resultado sería superior a la cantidad de residuos que entran en la planta.

Parece ser entonces que con la práctica de la incineración, en realidad no se contribuye con una mejor calidad del medio ambiente, ni con la eliminación de la basura sino que se redistribuye esta misma en otro estado, en el aire, el agua y la tierra.

5.4.1 Requerimientos para el uso de una planta incineradora⁵⁸. Todas las instalaciones de incineración para minimizar los daños deben enumerar las categorías y cantidades de residuos peligrosos y los que pueden tratarse sin problema, la capacidad de incineración y los procedimientos de muestreo y medición que van a utilizarse.

⁵⁸ UNION EUROPEA INTERNACIONAL, Actividades de la Unión Europea. Síntesis de la legislación. Gestión de Residuos. Incineración de Residuos. Julio de 2005.

Los operadores de instalaciones de incineración de residuos deben conocer las informaciones administrativas sobre el proceso generador, la composición física y química de los residuos y los riesgos inherentes a esos residuos antes de aceptarlos.

Con objeto de garantizar la realización total de la combustión de los residuos, es obligación de todas las instalaciones mantener los gases resultantes de la incineración a una temperatura mínima de 850° C. Si se incineran residuos peligrosos que contengan más del 1% de sustancias organohalogenadas, expresadas en cloro, la temperatura debe elevarse hasta 1.100° C.

Todas las aguas utilizadas y vertidas, resultantes de la depuración de los gases de escape, deben tener una previa autorización que garantice que se respeten los valores límite de emisión.

Los residuos del proceso de incineración deben reducirse al mínimo y reciclarse en la medida de lo posible. Al transportar residuos secos deben tomarse precauciones para evitar su dispersión en el medio ambiente. Deben efectuarse pruebas para establecer las características físicas y químicas de los residuos, así como su potencial contaminante.

Es necesario tener en la planta incineradora sistemas de medición que permitan vigilar los parámetros y los límites de emisión pertinentes ya sea al aire o al agua. Las instalaciones deben poner a disposición de las autoridades competentes y del público, informes sobre su funcionamiento y seguimiento.

La realidad de un buen manejo de las plantas incineradoras, es que funcionen como complemento de las formas de gestión de RSU, debido a que esta no puede eliminar los otros sistemas de tratamiento como el reciclaje, el compostaje, o los rellenos sanitarios. Prevenir, valorar y verter, sería la organización sobre la cual se debería llevar el proceso óptimo en el tratamiento de los RSU.

5.5 MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)⁵⁹

A comienzos de los años sesenta Teruo Higa, Ph. D., profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón; desarrolló la tecnología EM, que es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales. Los microorganismos que componen los EM no son exóticos ni modificados genéticamente; son todos microorganismos obtenidos de ecosistemas naturales, seleccionados por sus efectos positivos y su compatibilidad en cultivos mixtos. Muchos de estos microorganismos son usados en la producción de alimentos como yoghurt, queso y salsa de soya.

Inicialmente, los EM fueron utilizados como un acondicionador de suelos. Hoy en día son usados, no solo para producir alimentos de altísima calidad, libres de agroquímicos, sino también para el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, curtiembres, fabricas de papel, mataderos y municipalidades entre otros. Actualmente los EM se utilizan en los 5

⁵⁹ FHARMAVICOLA, Tecnología EM® Microorganismos Eficaces, Guía de Aplicación en la Industria.

continentes, en más de 60 países, haciendo parte de la estrategia gubernamental de desarrollo sostenible de varias naciones.

Los microorganismos se encuentran en todas partes; en el aire, en el agua, en el suelo, en nuestros intestinos, en los alimentos que consumimos y en el agua que bebemos. Pero debido a las condiciones de contaminación que se presenta hoy día y al uso excesivo de sustancias químicas sintéticas, se ha ido causando la proliferación de microorganismos considerados degeneradores; a grandes rasgos, estas especies de microorganismos son causantes de enfermedades en plantas y animales, como también generan malos olores y gases nocivos al descomponer residuos orgánicos. Al aplicar EM a suelos, plantas, aguas residuales y desechos orgánicos, la población de microorganismos es modificada hacia una que produce sustancias benéficas para la vida animal y vegetal.

5.5.1 Los principales grupos de microorganismos presentes en los EM y su acción.

5.5.1.1 Bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp*). Las bacterias fotosintéticas o fototrópicas son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes. Estas bacterias sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (e.g. sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias útiles desarrolladas por estas bacterias incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, todos los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los metabolitos desarrollados por estos microorganismos son absorbidos directamente por las plantas y actúan como substratos para incrementar las poblaciones de microorganismos benéficos.

Las bacterias fotosintéticas son consideradas el eje central de la actividad de los EM. Ya que dan sostén a las actividades de los demás microorganismos. Sin embargo, las bacterias fotosintéticas también utilizan sustancias producidas por otros microorganismos. Este fenómeno se conoce como “Coexistencia y Coprosperidad”.

5.5.1.2 Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*). Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Desde tiempos antiguos, muchos alimentos y bebidas como el yoghurt y los pepinillos son producidos usando bacterias ácido lácticas. Sin embargo, el ácido láctico es un compuesto altamente esterilizante que suprime microorganismos nocivos y mejora la descomposición de la materia orgánica. Además las bacterias ácido lácticas promueven la fermentación y descomposición de materiales como lignina y celulosa, eliminando así los efectos indeseables de la materia orgánica no descompuesta.

Las bacterias ácido lácticas tienen la habilidad de suprimir microorganismos causantes de enfermedades como *Fusarium*, los cuales aparecen en sistemas de producción continua. Bajo circunstancias normales, las especies como *Fusarium* debilitan las plantas cultivadas, exponiéndolas a enfermedades y a poblaciones crecientes de plagas como los nemátodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce las poblaciones de nemátodos y

controla la propagación y diseminación de Fusarium, mejorando así el medio ambiente para el crecimiento de cultivos.

5.5.1.3 Las levaduras. Sintetizan sustancias antimicrobiales y otras sustancias útiles para el crecimiento de las plantas, a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, la materia orgánica y las raíces de las plantas.

Las sustancias bioactivas producidas por las levaduras como hormonas y enzimas, promueven la división activa de células y raíces. Estas secreciones también son sustratos útiles para los Microorganismos Eficaces como las bacterias ácido lácticas y los actinomicetos.

Cuando el EM es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada Microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinergista por su acción en la comunidad. El incremento de las poblaciones de EM promueve el desarrollo de microorganismos benéficos ya existentes en el suelo, ya que provoca que la microflora del suelo se vuelva abundante desarrollando un sistema microbiano balanceado. En este proceso, algunos microbios específicos del suelo (especialmente los nocivos) son suprimidos, reduciendo así la incidencia de enfermedades causadas por patógenos del suelo. En estos suelos desarrollados, los Microorganismos Eficaces mantienen un proceso simbiótico con las raíces de las plantas en la rizosfera.

Las raíces de las plantas también secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos, y enzimas activas. Los Microorganismos Eficaces utilizan estas sustancias para su crecimiento. Durante este proceso, también secretan y proveen aminoácidos, ácidos nucleicos y una variedad de vitaminas y hormonas a las plantas. Los EM coexisten en la rizosfera con las plantas. Por esta razón, las plantas crecen excepcionalmente bien en suelos dominados por los Microorganismos Eficaces.

5.5.2 Aplicaciones de los EM en el Manejo de Desechos Orgánicos Sólidos⁶⁰. Desde ya hace varios años se han llevado a cabo estudios, para buscar nuevas alternativas en el manejo de los residuos sólidos. Holanda es uno de los tantos países que ha investigado sobre como tratar e incrementar el uso de los residuos orgánicos; actualmente realizó un estudio sobre los efectos de los EM en la materia orgánica y la microflora nativa del suelo, en el cual encontró que al aplicar los microorganismos eficientes se incremento la cantidad de materia orgánica y que esta no tuvo ningún impacto negativo sobre la microflora del suelo. Esto ocurre debido a que los EM promueven la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando la descomposición de la materia orgánica por oxidación, en la que se liberan gases generadores de olores molestos (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos).

A parte de esto, los EM evitan la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo, e incrementan la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante, acción que se da, debido a que durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles,

⁶⁰ Fundación de Asesorías para el Sector Rural (FUNDASES).

que al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Acelera el proceso de compostaje a una tercera parte del tiempo de un proceso convencional y elimina microorganismos patógenos en el material compostado, por efecto de las altas temperaturas generadas en los núcleos de las pilas, que alcanzan los 70°C. La mayoría de este tipo de microorganismos perece a los 40-50°C.

Por sus cualidades, los EM son un producto muy útil en el mundo moderno. Con EM la quema de desechos orgánicos no es necesaria, pues estos materiales pueden convertirse en fertilizantes y así ser reciclados efectivamente.

5.5.3 Comercialización del los EM. Fundación de Asesorías para el Sector Rural (FUNDASES) es la empresa en Colombia encargada de la producción, difusión y manejo de la tecnología EM. Esta fundación fue escogida por (EFFECTIVE MICROORGANISMS RESEARCH ORGANISATION), para otorgarles el permiso de comercialización de estos microorganismos.

En Bucaramanga la empresa encargada de esta comercialización es Fharmavicola, la cual suministra los EM de dos formas, sólido y líquido. Los Microorganismos eficientes sólidos (EM Sólido) es un material orgánico (salvado de trigo, arroz etc.), que ha sido fermentado con **EM**. El propósito de la utilización de los EM Sólidos o el también conocido Bokashi, es el de fermentar los desechos orgánicos sólidos producidos en las cocinas, evitando la emisión de olores ofensivos y la presencia de insectos.

En últimas lo que el Bokashi provoca es un aceleramiento en el proceso de reciclado para luego convertir estos residuos en abono de elevada calidad.

Los EM líquidos (Caldos Microbianos) son utilizados en las plantas de compostaje ya que ayudan a la degradación de los desechos orgánicos; como también, sirven para la fumigación del compost, evitando así la proliferación de vectores (zancudos y moscos).

Las empresas comercializadoras recomiendan: que los EM sean almacenados en un lugar donde la temperatura sea constante, en el que haya poca variación de esta, entre el día y la noche, que sea fresco, oscuro y con poca luz. No es aconsejable almacenar el EM en invernaderos porque durante el día habrá grandes variaciones de temperatura. En el caso en que el EM presente mal olor, no deberá ser utilizado. Podría haber variaciones en la coloración (color té más oscuro o más claro) debido a la materia prima, no variando por ello la calidad del producto.

Tabla 12. Precios de los EM que se manejan en el mercado.

LISTA DE PRECIOS		
Producto	Presentación	Precio Publico
Planta de Agropius	500L	\$850.000
Adecuaciones Plantas (Tanques y accesorios PVC)	500L	\$120.000
	Juego accesorios para adecuación.	\$30.000
Oxígeno	Frasco 60cc	\$19.000
Agrocid	1L	\$10.500
Agrogreen	1L	\$14.500
Azobac	4L	\$15.000
Agrophos	4L	\$15.000
EM Transferencia	4L	\$14.000
Bokashi	1Libra	\$3.500
Fletes: No están incluidos en esta lista de precios.		

Fuente: FHARMAVICOLA

Para que las alternativas expuestas en este capítulo resulten más eficientes a nivel tanto socioeconómico como ambiental; los municipios deben comenzar a trabajar mancomunadamente en búsqueda de una mejor opción para el manejo de los RSU. Es por esto que a nivel nacional se ha comenzado a implementar como solución, la regionalización de las poblaciones que conforman el territorio Colombiano.

La posibilidad de hacer regionalización en el manejo de los residuos sólidos municipales debe considerarse desde las primeras etapas del planeamiento del sistema de manejo integrado de residuos. La regionalización ofrece ventajas debido a las disminuciones en los costos de manejo, especialmente en el caso de la recuperación de materiales, energía y en los sistemas de disposición final, cuando se hacen manejos a escalas de operaciones mayores. Algunos factores adicionales que pueden jugar un papel dentro de la decisión de la regionalización son los siguientes:

- Disponibilidad y calidad de las rutas de transporte de los residuos sólidos.
- Presencia de barreras naturales.
- Presencia de un centro de población importante.
- Consistencia en las necesidades de los diferentes municipios.
- Disponibilidad de personal técnico calificado.
- Disponibilidad de lugares adecuados para las operaciones de recuperación de materiales, energía y disposición final.

Las Corporaciones Autónomas Regionales deben tomar un papel importante para la regionalización, pues deben dar las pautas para que los municipios manejen los sistemas de aprovechamiento y disposición final con criterios regionales, haciendo más eficiente las soluciones.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con el adecuado manejo de la valoración económica, se logra tomar decisiones sobre cómo darle un uso más eficiente a los ecosistemas, debido a que estos generan los recursos financieros necesarios para asegurar su sostenibilidad. Sería posible obtener una buena valoración ambiental si las entidades gubernamentales del municipio de Barrancabermeja se concientizan sobre la problemática existente en la gestión de los residuos sólidos para crear conciencia ciudadana sobre la importancia de tratar los desechos que a diario son producidos.
- Sobre lo anterior, si el municipio implementa una educación en su población acerca de la separación en la fuente de los desechos sólidos, las alternativas aquí expuestas serían viables; lo que a su vez conllevaría a brindar la posibilidad de obtener beneficios tanto económicos como ambientales.
- Como punto central de las conclusiones de este trabajo se puede afirmar que el análisis multicriterio es una herramienta que interpreta adecuadamente los mecanismos de evaluación y ayuda en la toma de decisiones, teniendo en cuenta la imprecisión de los efectos al medio ambiente y la frecuente falta de información cuantitativa para su valoración, por lo que resulta viable su aplicación en la evaluación de impactos ambientales.
- El Multicriterio está orientado a garantizar que los proyectos evaluados sean ambiental y socialmente sostenibles, permitiendo seleccionar las alternativas que cumplan con los objetivos propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados.
- El uso del programa informático AIEIA, por su versatilidad y accesibilidad, es de gran ayuda en la aplicación del método de análisis multicriterio, debido a que combina un sistema de matrices de interacción con técnicas de valoración ponderada cuantitativamente. Así mismo, esta herramienta permite hacer valoraciones a los proyectos por medio de un grupo de factores y de acciones que, al ser comparadas de forma absoluta y de manera relativa entre sí, permiten llegar a unas conclusiones sobre el tema evaluado.
- Con el análisis realizado a las matrices se determinó que las acciones que causan mayores impactos negativos son: la recolección, tratamiento y vertido de lixiviados; alteración de la cubierta vegetal; modificación del hábitat; alteración del drenaje natural; descargue de residuos; excavación superficial; esparcimiento, compactación y recubrimiento de residuos; incendios y explosiones; presencia de insectos, roedores y aves; gases, polvo y partículas emitidas a la atmósfera; fallas operativas; operación de maquinaria; descargue de residuos, y ruidos y vibraciones. Las que mayor impacto positivo causan son: el control de la erosión, la reforestación, recogida de residuos sólidos, transporte de residuos, obtención de productos recuperables y reciclados, actividades de mantenimiento, crecimiento de usuarios, producción de residuos,

crecimiento en vías pavimentadas, aumento del personal, atención al cliente, ingresos por tarifas e ingresos por contribuciones de los estratos.

- Existen acciones que impactan directamente sobre la empresa que presta el servicio de aseo, ya que es ella la que se ve afectada negativamente. Estas acciones son: los ingresos por contribuciones del estado, el incumplimiento en el pago de tarifas, el costo del personal, el costo del servicio, el crecimiento en vías pavimentadas y el cambio en el número de operarios.
- Los elementos ambientales y socioeconómicos que tienen mayor grado de afectación son: el suelo, la atmósfera, la flora, la fauna, el paisaje y la salud. Por otra parte, los que presentan impactos benéficos son la generación de empleo y el desarrollo municipal.
- La magnitud del impacto del factor salud es crítica debido a que, a pesar de existir un relleno sanitario en donde disponer las basuras, este no se encuentra en buenas condiciones. Lo anterior afecta directamente a los operarios del relleno y a los recicladores, quienes habitan en este sitio.
- Muchas de las acciones que afectan negativamente a los factores ambientales, influyen de manera positiva en la generación de empleo, ya que un gran número de las actividades que se llevan a cabo dentro y fuera del relleno sanitario son realizadas por los operarios que allí laboran y por los trabajadores de REDIBA.
- La problemática evidente no solo en Barrancabermeja sino en otros lugares, es la falta de implementación de tecnologías limpias en los sitios de disposición final, lo cual ha traído como consecuencia una mala gestión a la hora de evacuar los desperdicios sólidos.
- Actualmente el relleno sanitario de Barrancabermeja esta siendo sobreutilizado, pues todos los residuos son depositados en este lugar, sin realizarse una separación adecuada y necesaria de los mismos, llevando a la disminución de su vida útil. Esto repercute en la población Barrameja dado que en la actualidad no existen alternativas de otros sitios de disposición que cumplan con todas las exigencias ambientales, sociales y económicas necesarias para dicha infraestructura. La problemática se ve agravada por la disposición sin ningún control de basuras provenientes de municipios aledaños.
- Se determinó que existe una falla en la gestión por parte de la Administración Municipal, como titular de la licencia ambiental, en cuanto a la participación directa en el relleno sanitario, al no existir un delegado o interventor que verifique el adecuado funcionamiento en las operaciones que se llevan a cabo en este lugar.
- La falta de compromiso de las autoridades competentes del municipio a la hora de desarrollar el PGIRS, en años anteriores, ha sido una de las causas que más ha afectado el manejo de los residuos y el funcionamiento del relleno sanitario, pues no se define cómo optimizar la gestión de los residuos y así disminuir la llegada de ellos al sitio de disposición.
- La empresa que presta actualmente el servicio de aseo en Barrancabermeja no cuenta con un contrato de concesión con el municipio; por tal razón no recibe

contribuciones por parte de los entes gubernamentales, lo que la ha llevado a ser autosuficiente en el manejo de sus recursos, por que solo cuenta con aquello que recauda a través del servicio de aseo municipal.

- Si se establece el contrato de concesión entre la Administración Municipal, como poseedora de la licencia ambiental, y la Empresa prestadora del servicio de aseo, se podría presentar un mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos; lo cual traería beneficios conjuntos tanto para el municipio, puesto que tendría poder para ejercer control sobre la gestión que desempeña REDIBA E.S.P. S.A., como para la Entidad del Servicio de Aseo, quien incrementaría en un porcentaje sus ingresos. Esto a su vez favorece a los usuarios ya que se optimiza la prestación del servicio.
- REDIBA E.S.P. S.A. no ha mostrado ninguna mejoría a través de los años, si un año aumenta su productividad y eficiencia en el otro las disminuye. Las razones de este comportamiento se atribuyen a que tanto su rentabilidad, que solo depende de lo que ella recaude por el cobro del servicio, como su eficacia en este cobro no han sido óptimas. Esto ha repercutido en la continuidad del préstamo dado por el servicio de aseo, por lo cual cada año ha sido más ineficiente tanto en el barrido de vías, como en la recolección y el transporte de residuos.
- Las tarifas de aseo que cobra REDIBA E.S.P. S.A. a los diferentes estratos muestran incoherencias; mientras que en unos estratos se cobra cuota de aseo, en otros esto no se realiza. De igual forma, en el año 2004 el estrato 4 fue subsidiado, presentando una tarifa menor a la del estrato 3.
- Para dar una mayor eficacia a las alternativas propuestas para el manejo de los desechos urbanos se recomienda la implementación de los microorganismos eficientes, ya que ellos ayudan a la degradación de los residuos y a su fácil transformación en productos comercializables.
- Si el reciclaje se implementa de manera ordenada y con instituciones que ayuden a hacer de este una nueva alternativa de trabajo formal, se acabaría con la presencia de los recicladores en el los sitios de disposición final y con la problemática del desempleo informal dentro de los rellenos sanitarios.
- Se debe empezar a fomentar la regionalización, para trabajar conjuntamente con otros municipios en busca de unificar el sistema de manejo de los residuos sólidos, con el fin de optimizar los costos y la gestión de los desechos.
- Teniendo en cuenta el gran número de residuos sólidos orgánicos que se generan el Municipio de Barrancabermeja, este podría de manera individual o mancomunadamente con las poblaciones cercanas, proyectarse como una industria de abono orgánico a través de una planta procesadora que combine a su vez otras opciones de tratamiento de basuras orgánicas, para hacer su trabajo mas eficiente y obtener un producto de alta calidad, que haga una buena retribución al lugar.

BIBLIOGRAFIA

- ABIATTE, Mabel. Lombricultura, Autores Editorial, junio de 2003, Uruguay.
- ACURIO, Guido. ZEPEDA, Francisco. TEIXEIRA, Paulo. ROSSIN, Antonio. Diagnostico de la Situación del Manejo de Residuos sólidos Municipales en América Latina y el Caribe; Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, Washington, D.C.
- AIEIA, Manual de Soporte. Software de evaluación para Impactos Ambientales.
- AZQUETA OYARZUN, Diego, (1994), "Valoración de la calidad ambiental". España: Editorial Mc. Graw Hill.
- BARBIER, Eduart. ACREMAN, Mike. KNOWLER, Duncan. "Valoración económica de los humedales", "Guía para decisores y planificadores", 1997.
- BOTERO, Eduardo. DOMINGUEZ, Carolina. Evolución del servicio de aseo durante la ultima década, CEDE, Marzo de 2005.
- CACCIAMANI. Lombricultura una actividad ecológica, Editorial Hemisferio Sur, Mayo 1 de 2003, España.
- CINTEC incenerateur, Especificación de productos, Canadá.
- COMISION REGULADORA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO BASICO, CRA. www.cra.gov.co
- CONSTRUVICOL LTDA. Construvías De Colombia. Diseño de la nueva celda del relleno sanitario La Esmeralda. Barrancabermeja. Marzo 2002. Calle 46 No. 24 – 03 Barrio el Recreo, Barrancabermeja.
- CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA, Informe Sobre el Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente Vigencia 2003; Capitulo 2, Saneamiento Básico y Ambiental en Colombia.
- CONTRALORIA MUNICIPAL DE BARRANCABERMEJA, Diagnóstico Ambiental y Formulación del Plan de Manejo Ambiental para El Relleno Sanitario La Esmeralda del Municipio de Barrancabermeja; 2005.
- ----- Informe Sobre los Recursos Naturales y Medio Ambiente, vigencia 2004 – 2005.
- ----- Informe especial del relleno sanitario "La Esmeralda", Municipio de Barrancabermeja, vigencia 2002-2004".

- CRUZ, Fernando. RIVERA, Samuel. “Valoración Económica del recurso hídrico para determinar el pago por servicios ambientales en la cuenca del río Calan”, Siguatepeque, Honduras.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS, DANE. www.dane.gov.co/partidas
- ESTRADA, José Alberto. “Valoración Económica de la Contaminación por Lixiviados del Relleno Sanitario Doña Juana”, Tesis de Postgrado, UNIANDES (PMAR), 2003.
- FALCONI, Fander, BURBANO, Rafael. Instrumentos económicos para la gestión ambiental: Decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. Capítulo 3.
- FERRUZZI, Carlo. Manual de Lombricultura. Editorial Mundiprensa, marzo 1999, España.
- FIELD, Barry C. “Economía Ambiental, una Introducción”, Universidad de Massachussets de Amherst, Mc Graw-Hill.
- Fundación de Asesorías para el Sector Rural (FUNDASES). www.fundases.gov.co
- FHARMAVICOLA, Tecnología EM® Microorganismos Eficaces, Guía de Aplicación en la Industria.
- GABETTA, Jose. Lombricultura Rentable, Editorial Igtur, julio de 2004, España.
- GILPIN, Alan. Economía Ambiental, Un Análisis Crítico; Grupo Editorial Alfaomega; Capítulo 6 “Instrumentos Económicos”; 2003.
- GONZALEZ, Ana Citlalic. “Costos y beneficios ambientales del reciclaje en México, una aproximación monetaria”, 2000.
- INGENIERÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio de investigación sobre sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos. Santa fé de Bogotá, Octubre 15 de 1993.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio tesis y otros trabajos de grado. Bogotá D.C. 2004.
- LIEVANO, Roberto David. “Manejo Integral de Aseo en Santa fe de Bogotá”, Tesis de Grado, UNIANDES, 2000.
- ----- Instrumentos Económicos para el Manejo Eficiente de Residuos Sólidos Residenciales en Bogota. Universidad de los Andes.
- MARTINEZ ALIER, Joan, ROCA JUSMET, Jordi. Economía Ecológica y Política Ambiental. Capítulo 4, Problemas de Valoración y Criterios de Decisión, Pagina 269.

- MENDIETA, Juan Carlos. Manual de Valoración Económica de Bienes no Mercadeable; Universidad de los Andes, Bogota, 1999.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. MINAMBIENTE, “Guía para rellenos sanitarios”, Colombia, 2002.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DEL SALVADOR, “Valoración económica del Humedal Barracones”, 2002.
- MORON, Blanco Armando (Dr.); MARTIN, José Manuel (Dr.). INTEGRACION DE MODELOS CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL. Universidad de Granada y Huelva, Ministerio de educación y cultura de España. 2005.
- OFICINA MUNICIPAL DE PLANEACIÓN, Barrancabermeja en Cifras 1999-2000, pagina 192.
- OSORIO, Munera Juan David. Directrices para la Valoración Económica de los Costos Ambientales, Universidad de Medellín.
- PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, Municipio de Puente Nacional. 2004.
- QUINTERO URIBE, Víctor Manuel. Evaluación de Proyectos Sociales, Construcción de Indicadores. Fundación para la Educación Superior FES. Colombia, Junio 2000.
- RED BUSINESS INFORMATION. Revista Residuos, edición internacional. 2005.
- RESOLUCIÓN 1478, Guía Metodológica para la valoración de Bienes, Servicios, Ambientales y Recursos Naturales; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- SANCHEZ, Yáñez Juan Manuel. El reciclaje de los residuos sólidos como alternativa para mejorar la calidad ambiental, México 2004.
- SUI, Banco de datos de la CRA. www.sui.gov.co
- SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS. Boletín Tarifario AAA 2005, Promedio de Incrementos Reales Empresas mayores de 8000 usuarios. www.ssp.gov.co
- TCHOBANOGLUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. Volúmenes I y II. Editorial Mac Graw-Hill.
- TKF Engineering & Trading S.A, Manual de productos.
- UNION EUROPEA INTERNACIONAL, Actividades de la Unión Europea. Síntesis de la legislación. Gestión de Residuos. Incineración de Residuos. Julio de 2005.

- UNIVERSIDAD CENTRAL. Manual para la gestión de los residuos sólidos en Cundinamarca. Bogotá 2002.
- URIBE, Eduardo. DOMÍNGUEZ, Carolina. Evolución del Servicio de Aseo Domiciliario Durante la Última Década, CEDE, Marzo 2005.
- VALLEJO, Hernán. “Bases para la elaboración de un artículo publicable como tesis en economía”, UNIANDES (CEDE), 2003.
- VARGAS, Carlos. SANCHEZ, Ernesto. HERRERA, Carlos. “Residuos Sólidos Industriales” Capítulo. 4. “Generación de Residuos Sólidos y Peligrosos en la Industria Manufacturera”.
- ENTREVISTA con Freddy Alexander Camacho, Jefe Unidad administrativa y financiera en EMSERPUNAL ESP, Puente Nacional, Enero de 2006.
- ENTREVISTA con Humberto Serrano, experto lombricultor. Ruitoque, Santander, Enero de 2006.
- ENTREVISTA con Carlos E. Correa Ávila. Jefe de Planta Incineradora SANDESOL. Café Madrid Zona Industrial de Bucaramanga, Febrero de 2006.
- ENTREVISTA Con Mónica Osorio, Medica Veterinaria Zootecnista, Comercializadora de EM (Microorganismos Eficientes) en la Zona Oriente, FHARMAVICOLA S.A. Girón, Santander, Enero de 2006.

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES, VALORES Y CÁLCULOS DE REDIBA.

Tabla A1. Cantidad de Usuarios Residenciales.

AÑOS	2003	2004	2005
ESTRATOS			
1	8.850	9.333	9.866
2	14.308	14.507	14.838
3	9.026	9.099	9.174
4	4.722	4.790	4.831
5	641	524	515
TOTAL	37.448	38.250	39.224

Fuente: Comisión Reguladora de Acueducto y Saneamiento Básico (CRA).

Tabla A2. Cobro de Tarifa Usuarios Residenciales por Estrato.

AÑOS	2003	2004	2005
ESTRATOS			
1	\$3.915	\$4.362	\$4.885
2	\$4.303	\$4.706	\$5.050
3	\$4.771	\$6.721	\$5.518
4	\$5.047	\$5.450	\$5.794
5	\$9.859	\$10.262	\$10.606

Fuente: Datos suministrados por usuarios y algunos estimados por los autores⁶¹.

Tabla A3. Ingresos Recibidos por pago del Servicio en cada uno de los Estratos Residenciales.

AÑOS	2003	2004	2005
ESTRATOS			
1	\$415.773.000	\$488.526.552	\$578.344.920
2	\$738.807.888	\$819.239.304	\$899.182.800
3	\$516.756.552	\$733.852.548	\$607.465.584
4	\$285.983.208	\$313.266.000	\$335.889.768
5	\$75.835.428	\$64.527.456	\$65.545.080
TOTAL	\$2.033.156.076	\$2.419.411.860	\$2.486.428.152

Fuente: Datos estimados por los autores.

⁶¹ SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Boletín Tarifario AAA 2005, Promedio de Incrementos Reales Empresas mayores de 8000 usuarios.

Los valores expuestos en la tabla A3 fueron hallados, por medio de la multiplicación de el número de los usuarios residenciales (tabla A1) por el valor mensual de las tarifas que se cobran (tabla A2), luego multiplicado por 12 (meses del año) para hallar el valor recaudado anualmente.

Tabla A4. Cantidad de Usuarios No Residenciales.

AÑOS	2003	2004	2005
ESTRATOS			
Industrial	99	97	96
Comercial	2.468	2.410	2.826
Oficial	271	1.632	987
Otros	196	197	197
TOTAL	3.034	4.336	3.815

Fuente: Comisión Reguladora de Acueducto y Saneamiento Básico (CRA).

Tabla A5. Cobro de Tarifa Usuarios No Residenciales.

AÑOS	2003	2004	2005
PRODUCTORES			
Pequeños	\$17.263	\$18.463	\$19.538
Grandes	\$21.578	\$23.078	\$24.421

Fuente: Datos suministrados por usuarios y algunos estimados por los autores⁶².

Tabla A6. Ingresos Recibidos por pago del Servicio en cada uno de los Estratos No Residenciales.

AÑOS	2003	2004	2005
ESTRATOS			
Industrial	\$25.634.664	\$26.862.792	\$28.132.992
Comercial	\$511.261.008	\$533.949.960	\$662.572.656
Oficial	\$56.139.276	\$361.579.392	\$231.408.072
Otros	\$40.602.576	\$43.646.532	\$46.187.832
TOTAL	\$633.637.524	\$966.038.676	\$968.301.552

Fuente: Datos estimados por los autores.

Los valores expuestos en la tabla A6 fueron hallados, por medio de la multiplicación de el número de los usuarios no residenciales (tabla A4) por el valor mensual de las tarifas que se cobran (tabla A5), luego multiplicado por 12 (meses del año) para hallar el valor recaudado anualmente.

La tarifa de aseo esta compuesta por: cuota de aseo, disposición en relleno sanitario, tasa de barrido, recolección y transporte; para el estrato 5, pequeños y grandes productores se

⁶² Ibid.

cobra un aporte solidario para aseo (contribución) y a los estratos 1,2 y 3 se les descuenta lo asignado para subsidio de aseo. En términos de incremento Real la mayoría de las tarifas cobradas a los diferentes estratos tuvieron un incremento ajustado a la inflación; las tarifas aquí expuestas se encuentran rezagadas con respecto a las metas establecidas en el Plan de Ajuste Tarifario.

Al desarrollar la tabla A2 se presentaron incoherencias con la información suministrada por los usuarios del servicio, las cuales son:

- En unos estratos se cobra la cuota de aseo y en otros no.
- En el año 2003 al estrato 3 se le cobro cuota de aseo y en los demás años no.
- En el año 2003 el estrato 4 fue subsidiado y
- En el año 2004 la tarifa cobrada al estrato 3 es mayor que la cobrada al estrato 4.

Estas incongruencias presentes en el cobro de la tarifa en los diferentes años que se están estudiando, hacen que la información estimada para el desarrollo de los indicadores de gestión, utilizados para medir a la empresa prestadora del servicio de aseo (REDIBA E.S.P S.A) muestre contrastes importantes entre un año y otro.

Desarrollo de los Indicadores:

Debido a que los datos suministrados por la empresa REDIBA no se encontraban completos, se hizo necesario acudir a la estimación de algunos de ellos; los cuales se generaron teniendo en cuenta la información existente; la estimación de los datos hace que ello no sean 100% confiables, trayendo como consecuencia que los indicadores presenten en sus respuestas sesgos.

Es por esto, que para hallar el valor del recaudo utilizado en el indicador de eficiencia se hizo uso de un error porcentual el cual no fue tomado arbitrariamente sino que se baso en el indicador de aumento de cobertura del servicio. Este error se hace más amplio del 2003 al 2005 en su intervalo, debido a que el número de suscritos en el servicio aumento y la cobertura disminuyo, ya que el servicio prestado no fue optimo.

El error es utilizado debido a que no se cuenta con la información de las cuentas por cobrar que la empresa tiene, ni tampoco con el número de casas desocupadas. Para los años de estudio (2003, 2004 y 2005) se estimo un margen de error del 18%, 28% y 31% respectivamente.

Los ingresos anuales de REDIBA solo se conforman por lo recaudado en el cobro del servicio a los usuarios residenciales y no residenciales debido a que la empresa no cuenta con un contrato de concesión con el municipio; por tanto, este no se ve en la obligación de transferir dineros a la empresa para que hagan parte de los recursos disponibles para cubrir subsidios. Es así que el valor facturado proyectado para el año que se utiliza en el desarrollo del siguiente indicador solo contempla la información que se encuentra en las tablas A3 y A6.

- Eficiencia del Recaudo: $(\text{Valor del Recaudo (valor facturado - €)} / \text{Valor Facturado Proyectado para el Año (Sumatoria de los ingresos Residenciales (tabla A3) y no Residenciales (tabla A6))})$.

- 2003: $\frac{2.186.770.752}{2.666.793.600} * 100\% = 82\%$
- 2004: $\frac{2.437.524.386}{3.385.450.536} * 100\% = 72\%$
- 2005: $\frac{2.383.763.496}{3.454.729.704} * 100\% = 69\%$

Para el año 2003 hubo una eficiencia en el recaudo del 82%, lo cual ocurrió por que en ese año el número de usuarios era menor y por tanto no se corría con el riesgo de tener una amplia cifra de personas que no cumplieran con la obligación del pago del servicio, o también se pudo haber presentado que en ese año hubieran menos casas desocupadas, y por hogar vivían un mayor número de personas, ya que la cantidad de residuos producidos fueron mucho mayores que en los años siguientes.

Ya en el año 2004, la eficiencia del recaudo con respecto al valor facturado que se proyectó la empresa recibir por concepto de pago disminuyó a un 72%, este resultado se dio, de pronto por que aumentó la cobertura del servicio con respecto al número de usuarios, haciendo que se incrementara el margen de error; aun mayor número de usuarios mayor son las cuentas por cobrar.

En el 2005 cayó mucho más este indicador, la empresa tuvo más inconvenientes en recoger los dineros provenientes del cobro del servicio; las razones como en el año anterior, pudieron haber sido: el aumento de los usuarios del servicio, más casas desocupadas, por que al mismo tiempo disminuyeron los residuos producidos.

En conclusión este indicador muestra como a través de los años el recaudo de la empresa REDIBA se fue haciendo mas ineficiente, debido tanto al aumento de los usuarios como de pronto al ineficaz servicio prestado por la oficina encargada de recibir el pago por concepto de aseo, que no maneja incentivos para hacer que las personas se pusieran al día en el pago del servicio.

- Rentabilidad Alcanzada: $(\text{Utilidad Antes de Impuestos (Valor del recaudo} - \text{Costos Generales)} / \text{Ingresos Presupuestados}) * 100$.

Costos Generales:

- 2003: $\$26.725 * 4.200\text{Ton} = 112.243.194 * 12 = 1.346.918.328\$/\text{Ton}$
- 2004: $\$28.733 * 3.330\text{Ton} = 95.680.890 * 12 = 1.148.170.680\$/\text{Ton}$
- 2005: $\$30.727,48 * 3.260\text{Ton} = 100.171.584,8 * 12 = 1.202.059.017\$/\text{Ton}$

Para estimar estos valores se tomó el costo medio del servicio integral por tonelada, el cual está compuesto por los costos de recolección y transporte (CRT), una tasa de barrido

y un costo de tratamiento y disposición final (CDT). Costos que en últimas contemplan las actividades centrales de la prestación del servicio.

Los costos generales del año 2005 se obtuvieron, tomando el costo medio del servicio integral por tonelada (CST) de ese año (30.727,48 \$/Ton al mes)⁶³, y multiplicándolo por la cantidad de residuos recolectados al mes; el valor que esta operación arroja se multiplica por 12 para convertirlo en anual.

Los costos del 2004, se hallaron tomando el costo medio del servicio integral del año 2005 y multiplicándolo por el IPC del 2004 que fue de 6,49%⁶⁴, el valor que de aquí se obtuvo se resto al CST del 2005, para así poder estimar cuanto fue el CST del 2004. Lo demás se realizo igual al año 2005.

Para el año 2003 todo se realizó igual al año 2004, IPC del 6,99%⁶⁵

Desarrollo del Indicador;

- 2003: $2.186.770.752 - 1.346.918.328 = \frac{839.852.424}{2.666.793.600} * 100 = 31,5\%$
- 2004: $2.437.524.386 - 1.148.170.680 = \frac{1.289.353.706}{3.385.450.536} * 100 = 38,1\%$
- 2005: $2.383.763.496 - 1.202.059.017 = \frac{1.181.704.479}{3.454.729.704} * 100 = 34,2\%$

Para el año 2003 la rentabilidad alcanzada por la empresa fue del 31,5% lo cual de muestra que la empresa no fue totalmente eficiente ya que no cumplió con las metas que se propuso a comienzos del año, al menos con el recaudo del servicio; sin embargo lo que pudo haber ocurrido, es que la empresa no obtuvo un monto alto por las contribuciones realizadas por el estrato 5, pequeños y grandes generadores de residuos y si asigno el fondo disponible que recaudo para subsidiar a demás de los estratos 1,2 y 3 al estrato 4. Razón por la cual la empresa presenta subsidios de \$992,99 millones y contribuciones de \$72,61 millones⁶⁶.

El año 2004 a diferencia del anterior muestra una leve mejoría en la rentabilidad alcanzada por la empresa (38,1%), esta situación se dio, por que en ese año ya no se estaba subsidiando al estrato 4 lo cual hizo que el monto total de subsidios bajara a \$604,26 millones; pero de igual forma la empresa siguió presentando inconvenientes en lo que respecta a las contribuciones, que para ese año estuvieron en \$80,59 millones; ya que ellas no alcanzan a cubrir los subsidios que se otorgan a los estratos bajos.

⁶³ Información suministrada por REDIBA E.S.P S.A.

⁶⁴ www.dane.gov.co/partidas.

⁶⁵ *Ibíd.*

⁶⁶ Superintendencia de Servicios Públicos, Balance de Aseo, pagina 70, 2005.

En el 2005 la empresa mostró una caída en su rentabilidad del 34,2% a diferencia del año anterior, en donde el indicador había mejorado un poco; la razón de esta disminución pudo haber sido ocasionada, por que los usuarios pertenecientes a los estratos bajos aumentaron, y con ellos los subsidios que se les otorgan; el problema no fuera grave si el numero de usuarios del estrato 5 no disminuyera, pero para este año se presento un decrecimiento en este, lo cual ocasiono que la empresa contara con menos fondos para entregar.

En estos tres años, no hubo un indicador de rentabilidad alcanzado mayor del 50% lo cual indica, que se están presentando problemas a la hora de cumplir con las metas propuestas a comienzos de los años; razón que se puede estar presentado por que la empresa no cuenta con una ayuda de sostenimiento diferente a la de los recaudos del cobro de tarifa.

- Índice de Productividad Global:

- $$IPG = \frac{\frac{Ingreso_{n+1}}{Ingreso_n}}{\frac{Costo_{n+1}}{Costo_n}}$$
 - n+1= Año en evaluación
 - n= Año anterior al evaluado

El ingreso que se utiliza en el desarrollo de este ítem, es el valor recaudado que se encuentra en el índice de eficiencia del recaudo; y el costo es tomado del indicador de rentabilidad alcanzado.

- 2003:

- Ingresos: $\frac{2.186.770.752}{2.019.482.789} = 1,0828$

- Costos: $\frac{1.346.918.328}{1.243.879.076} = 1,0828$

- IPG: $\frac{1,0828}{1,0828} = 1$

Para desarrollar el indicador del año 2003, fue necesario hallar los ingresos y los costos del año anterior; lo cual se hizo con el IPC del año 2002, que es 7.65%⁶⁷.

- Ingresos del 2002: $2.186.770.752 * 7,65\% (\text{IPC del 2002}) = 167.287.962,5$
 $= 2.186.770.752 - 167.287.962,5 = 2.019.482.789$

⁶⁷ www.dane.gov.co/partidas.

- Costos del 2002: $1.346.918.328 * 7,65\% (\text{IPC del 2002}) = 103.039.252$
 $= 1.346.918.328 - 103.039.252 = 1.243.879.076$
- 2004:
- Ingresos: $\frac{2.437.524.386}{2.186.770.752} = 1,1147$
- Costos: $\frac{1.148.170.680}{1.346.918.328} = 0,85$
- IPG: $\frac{1,1147}{0,85} = 1,31$
- 2005:
- Ingresos: $\frac{2.383.763.496}{2.437.524.386} = 0,9779$
- Costos: $\frac{1.202.059.017}{1.148.170.680} = 1,0469$
- IPG: $\frac{0,9779}{1,0469} = 0,9341$

En el año 2003 el IPG fue igual a 1 lo cual significa que la productividad de la empresa para el año 2003 no fue muy diferente a la alcanzada en el año 2002, lo anterior se refleja en que tanto los ingresos como los costos no tuvieron una variación significativa en estos dos años.

En lo referente al año 2004 la situación cambio un poco, ya que el IPG para este año aumento considerablemente con respecto al 2003; la empresa presento una productividad mayor, los costos en el 2004 fueron mas bajos por lo tanto sus ingresos fueron mayores. Hay que resaltar que si los costos e ingresos en el 2003 fueron menores, fue por que en ese año hubo un mayor número de operarios en las tareas de recolección, transporte y barrido y se recolecto una cantidad más amplia de residuos, para un menor numero de usuarios, por tal motivo se puede decir que la empresa tuvo una mayor productividad económica en el 2004, pero a nivel de eficiencia en el préstamo del servicio no fue igual ni mejor a la del año 2003.

Ya para el año 2005 la situación vuela a cambiar, aquí a diferencia de los dos años anteriores se da una baja importante en el IPG; los ingresos presentan una disminución con respecto al año anterior y los costos un aumento, esto refleja que la empresa presento una deficiencia en el manejo de los recursos debido a que en este año si se

aumentaron los operadores del servicio tanto de recolección, transporte como de barrido, pero también aumento significativamente el numero de usuarios con respecto al año anterior. El problema que se pudo haber presentado en el manejo de los recursos tuvo que haber sido por el aumento de los usuarios del servicio en los estratos bajos, haciendo que la empresa tuviera que destinar más dinero a los subsidios.

Este índice refleja claramente que la empresa viene desde años anteriores con un mismo ritmo, si en un año aumenta un poco su productividad y eficiencia en el otro las disminuye.

- Excedente de Productividad Global:
- $EPG = \text{Variación en ingresos} - \text{Variación en Costos}$
- 2003: $\triangle \text{Ingresos: } 2'186.770.752 - 2'019.482.789 = 167.287.963$
 $\triangle \text{Costos: } 1'346.918.328 - 1'243.879.076 = 103.039.252$
 $EPG = 167.287.963 - 103.039.252$
 $EPG = 64.248.711$
- 2004: $\triangle \text{Ingresos: } 2'437.524.386 - 2'186.770.752 = 250.753.634$
 $\triangle \text{Costos: } 1'148.170.680 - 1'346.918.328 = -198.747.648$
 $EPG = 250.753.634 - (-198.747.648)$
 $EPG = 449.501.282$
- 2005: $\triangle \text{Ingresos: } 2'383.763.496 - 2'437.524.386 = -53.760.890$
 $\triangle \text{Costos: } 1'202.059.017 - 1'148.170.680 = 53.888.337$
 $EPG = -53.760.890 - 53.888.337$
 $EPG = -107.649.227$

El año 2003 mostró un excedente en la productividad positivo, lo cual refleja que a pesar de que la empresa presento un incremento en sus costos de año a año siguió manteniéndose estable con respecto a su recaudo.

Ya para el año 2004 la situación cambio, los ingresos aumentaron y los costos disminuyeron en relación al año anterior arrojando un excedente de productividad alto; como lo expuesto en el indicador anterior para el año 2004 esta disminución en los costos se debió a que la empresa redujo su personal de recolección, transporte y barrido y los usuario al que se les presta el servicio aumentaron, trayendo consigo un aumento en el recaudo anual.

En lo que respecta al año 2005 el indicador muestra una caída; el excedente de productividad arrojado es negativo, dado que los ingresos disminuyeron y los costos

aumentaron con relación al año anterior, situación que se presentó por el aumento de los usuarios del servicio. La empresa se vio en la necesidad de contratar más personal para las tareas de recolección, transporte y barrido para cubrir en su totalidad a las personas a las que se les presta el servicio. En el indicador anterior para el año 2005 se da una explicación más amplia de lo ocurrido en este año.

Hay que aclarar que este indicador refleja la situación de la empresa respecto a sus ingresos y sus costos mas no arroja un resultado que nos indique como ha sido su gestión a nivel del préstamo del servicio.

- Excedente para Inversión: Ingreso Neto – Costo del Servicio
- 2003: $2'186.770.752 - 1'346.918.328$
= 839.852.424
- 2004: $2'437.524.386 - 1'148.170.680$
= 1'289.353.706
- 2005: $2'383.763.496 - 1'202.059.017$
= 1'181.704.479

Este indicador para el año 2003 presenta un excedente positivo, lo cual quiere decir que la empresa pudo haber invertido en la implementación de nuevas tecnologías que ayudaran a incrementar los niveles de calidad y continuidad del servicio prestado a la población; pero no lo hizo, ya que debió financiar una parte de los subsidios otorgados a los estratos bajos con estos dineros, dado que los fondos que se disponen para esto no fueron suficientes.

En los años 2004 y 2005 los excedentes fueron mayores, pero al igual que en el 2003 no hubieron inversiones por parte de la empresa que ayudaran a mejorar la calidad y la eficiencia en la prestación del servicio. Lo cual hace pensar que al igual que en el año anterior el déficit entre los subsidios otorgados y los fondos disponibles, fueron financiados por la empresa a través de este excedente de inversión.

A través de este indicador y los demás ya analizados hasta el momento, podría afirmarse que el sector estuviera mostrando una evidente autosuficiencia en el manejo de los recursos, ya que solo cuenta con lo que recoge del cobro de la tarifa para mantenerse.

- Indicadores de Insumo:

Tabla A7. Barrido y Limpieza.

AÑOS	KILÓMETROS DE VÍAS BARRIDAS EN EL MES	KILÓMETROS DE VÍAS PAVIMENTADAS	Nº DE OPERARIOS DE BARRIDO	FRECUENCIA DE BARRIDO RESIDENCIAL VECES / SEMANA	FRECUENCIA DE BARRIDO COMERCIAL VECES / SEMANA	FRECUENCIA DE BARRIDO INDUSTRIAL VECES / SEMANA
2003	596	149	55	1	7	1
2004	2.428	607	50	1	7	1
2005	6.120	1890	55	1	7	1

Fuente: Comisión Reguladora de Acueducto y Saneamiento Básico (CRA).

- Cobertura de Barrido de Vías (%): (Longitud de Vías Barridas (Km / semana) / Longitud Total de Vías Pavimentadas) * 100.

- 2003: $\frac{149\text{Km/semana}}{149\text{Km}} * 100$

= 100%

- 2004: $\frac{607\text{Km/semana}}{607\text{Km}} * 100$

= 100%

- 2005: $\frac{1.530\text{Km/semana}}{1.890\text{Km}} * 100$

= 80,95%

Este indicador refleja que el servicio de barrido en lo que respecta a la cobertura por parte de la empresa fue bueno para los años 2003 y 2004, aunque solo se tienen en cuenta las vías pavimentadas en el municipio y no las demás, ya que el servicio de limpieza por medio de barrido solo se presta a las que son pavimentadas.

En el año 2005 el indicador disminuyó a un 80,95%, lo cual pudo haberse presentado, por que los operarios no eran suficientes para cubrir el número de las vías existentes en ese año. Razón por la cual la calidad con respecto al servicio de barrido fue baja.

- Productividad del Trabajo de Barrido: (Km. de Vías Barridas al mes*12 / Número de operarios).

- 2003: $\frac{596\text{Km} / \text{Mes} * 12}{55} = 130\text{Km} / \text{Operarios}$

- 2004: $\frac{2.428\text{Km}/\text{Mes} * 12}{50} = 582,7\text{Km}/\text{Operarios}$
- 2005: $\frac{6.120\text{Km}/\text{Mes} * 12}{55} = 1.335\text{Km}/\text{Operarios}$

En el 2003 por operario se barrían 130 kilómetros al año, mostrándose una productividad baja por parte de los operarios ya que las vías barridas eran muy pocas, a diferencia del año 2004 en donde habían un mayor numero de vías para barrer y existían un numero menor de operarios; esta disminución en el número de operarios, deja ver que la gestión para ese año por parte de la empresa pudo haber sido un poco nula, ya que los usuarios para ese año aumentaron significativamente. Se podría concluir, que la empresa buscaba disminuir costos como se demuestra en los indicadores anteriores.

Situación que cambio para el año 2005, ya que la empresa se vio en la necesidad de incrementar nuevamente el numero de operarios, debido a que las vías para barrer eran mayores y los trabajadores existentes no eran suficientes, de igual forma las personas encargadas de esta labor en este año fueron mucho mas eficientes que en los años anterior; por operario se barrio un total de 1.335 km/año.

Tabla A8. Recolección y Transporte de Residuos.

AÑOS	Nº DE OPERARIOS DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE	CANTIDAD DE RESIDUOS PRODUCIDOS (Ton/Mes)	CANTIDAD DE RESIDUOS RECOLECTADOS (Ton/Mes)	FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN INDUSTRIAL Veces / semana	FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN RESIDENCIAL VECES / SEMANA	FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN COMERCIAL VECES / SEMANA
2003	34	4491	4200	2	2	13
2004	33	3330	3330	2	2	7
2005	32	3270	3260	2	2	7

Fuente: Los Autores y Comisión Reguladora de Acueducto y Saneamiento Básico (CRA).

- Transporte: (Volumen de Recolección (Ton/Mes*12) / # de Operarios de Recolección y Transporte).

- 2003: $\frac{50.400\text{Ton}/\text{año}}{34} = 1.482\text{Ton}/\text{operario}$
- 2004: $\frac{39.960\text{Ton}/\text{año}}{33} = 1.211\text{Ton}/\text{operario}$
- 2005: $\frac{39.120\text{Ton}/\text{año}}{32} = 1.223\text{Ton}/\text{operario}$

En el año 2003 los operarios de recolección y transporte tuvieron una mayor productividad, por persona se recogía un total de 1.482 toneladas; lo cual mejoró la calidad en el préstamo del servicio por parte de la empresa.

Situación que cambio para los años 2004 y 2005 en donde hubo un incremento en el nivel de usuarios y una disminución en el personal que prestaba el servicio de recolección y transporte; lo cual llevó a que el servicio que se prestaba fuera menos eficaz al momento de recoger las basuras, es por estos que las cantidades de residuos recogidos fue disminuyendo en el transcurso de los años.

- Eficiencia Laboral De Recolección (\$/Ton): (Costo de Personal Anual / Basura Recogida Proyectada * 12).

Salarios:

- 2003: $(332.000 * 1,55) + 37.500 = 552.100$
- 2004: $(358.000 * 1,56) + 41.600 = 600.080$
- 2005: $(381.500 * 1,57) + 44.000 = 642.955$

El costo mensual del personal dedicado a las actividades de recolección y transporte esta compuesto por el salario mínimo vigente en cada año, subsidio de transporte y otros.

Indicador de Eficiencia:

- 2003: $\frac{(552.100 * 34) * 12}{(4.200Ton / Mes * 12)} = \frac{225.256.800}{50.400Ton / Año} = 4.469\$/Ton$
- 2004: $\frac{(600.080 * 33) * 12}{(3.330Ton / Mes * 12)} = \frac{237.631.680}{39.960Ton / Año} = 5.946\$/Ton$
- 2005: $\frac{(642.955 * 32) * 12}{(3.260Ton / Mes * 12)} = \frac{246.894.720}{39.120Ton / Año} = 6.311\$/Ton$

En el 2003 por cada tonelada de basura recogida proyectada en el año un trabajador se ganaba 4.469 pesos.

Ya para el 2004 un operario se ganaba al año por cada tonelada de basura recogida 5.964 pesos, un valor muy poco merecido debido a que su eficiencia laboral era menor, por que en ese año los residuos eran menos y el salario era mucho mayor.

Para el 2005 la eficiencia laboral sigue disminuyendo, debido a que la basura recolectada es menor en comparación a los demás años y el salario es mayor. En este año a un operario de recolección y transporte se le pagaba 6.311 pesos por tonelada.

- Indicador de Cobertura:

Población Total de Barrancabermeja Produce 100% de los RSU

Total de Usuarios (residenciales y no residenciales) Produce X % de los RSU

- 2003: 264.200Habitantes⁶⁸ 100%
40.482Usuarios X %

$$\frac{40.482}{264.200} * 100 = 15,32\%$$

- 2004: 264.200Habitantes 100%
42.594Usuarios X %

$$\frac{42.594}{264.200} * 100 = 16,12\%$$

- 2005: 264.200Habitantes 100%
43.039Usuarios X %

$$\frac{43.039}{264.200} * 100 = 16,29\%$$

El año 2003 muestra que los usuarios atendidos por la empresa en ese año, solo produjeron un 15,32% del total de los residuos originados por la población; este indicador refleja que la empresa posee una cobertura ineficiente, ya que solo atienden a la sexta parte de la población total del municipio de Barrancabermeja.

En el 2004 se aumento la cobertura del servicio, se pasa de 40.482 usuarios a 42.594 que producen en desechos un 16,12% del total generado por toda la población. La situación que se evidencia en el año 2005 no es muy diferente, el indicador es este año aumento realmente muy poco.

En estos últimos años la empresa no aumentado significativamente el número de usuarios a los que se les presta el servicio, situación que se puede interpretar como que de pronto no ha sido muy buena la eficiencia de esta y por eso, no ha logrado aumentar su cobertura.

- Aumento de cobertura de servicio: (Basura recogida en el mes (Residencial y no residencial)/ Basura producida proyectada para el año de estudio) x 100

- 2003: 10.000Habitantes 80Ton $X = \frac{80 * 40.482}{10.000} = 324 * 12 = 3.886$

⁶⁸ Oficina Municipal de Planeación, Barrancabermeja en Cifras 1999-2000, pagina 192.

40.482 Usuarios X Ton

$$\frac{4.200}{3.886} * 100 = 108\%$$

- 2004: 10.000 Habitantes 80 Ton $X = \frac{80 * 42.568}{10.000} = 341 * 12 = 4.088$
 42.586 Usuarios X Ton

$$\frac{3.330}{4.088} * 100 = 81,4\%$$

- 2005: 10000 Habitantes 80 Ton $X = \frac{80 * 43.039}{10.000} = 344 * 12 = 4.132$
 43.039 Usuarios X Ton

$$\frac{3.260}{4.132} * 100 = 78,9\%$$

En el 2003 se proyectó recoger un total de desechos de 3.886 Toneladas, pero se recogieron 4.200 toneladas, lo cual refleja que en este año la empresa presentó una mayor eficiencia en la labor de recolección; brindando un mejor servicio a la comunidad.

En lo referente al 2004 la calidad y la eficiencia del servicio disminuyó, ya que se había proyectado recoger un total de 4.088 toneladas y solo se alcanzó un 81,4% de este; lo cual establece que la empresa en ese momento podría haber estado presentado problemas en la recolección y transporte de los desechos.

Ya para el año 2005 la situación presentada en el año anterior se agudizó, la empresa había disminuido notablemente su eficiencia en la labor de recolección de residuos; indicador que pasó de un 108% para el año 2003 a un 78,9% para el 2005, una situación bastante irregular ya que en este año se dio un incremento sustancial en los usuarios a los que se les prestaba el servicio, lo único que se puede concluir con esto es que la empresa se ha vuelto más ineficiente y cada vez ha ido perdiendo continuidad en la prestación del servicio.

- Disposición en el Relleno Sanitario: (Basura Dispuesta en el Relleno en el mes/ Basura producida por el municipio en el mes)

- 2003: $\frac{4.200}{4.491} * 100 = 93,5\%$

- 2004: $\frac{3.330}{3.330} * 100 = 100\%$

- 2005: $\frac{3.260}{3.270} * 100 = 99,7\%$

Este indicador lo que expresa en el año 2003 es que de la basura producida por los usuarios del servicio el 93,5% fue dispuesta en el relleno sanitario del municipio, reflejándose claramente que tanto el material orgánico como el inorgánico es llevados tal y como se recogen de las casas, que no se hace una separación de ellos.

Entre el 2004 y el 2005 la situación no difiere mucho; la basura es dispuesta prácticamente toda en el relleno sanitario, lo cual ha causado, que la vida útil de este sitio se haya ido disminuyendo considerablemente. Esto ha ocurrido debido a que la empresa que presta el servicio de aseo no ha implementado campañas de sensibilización para los usuarios con respecto a la separación de los residuos en la fuente.

Si REDIBA, quien es la empresa encargada de prestar el servicio aseo en barranca implementara programas de aprovechamiento de residuos y promoviera campañas de concientización a la población, se evitaría que; todos los residuos fueran llevados a este sitio de disposición y que allí vivieran personas que desempeñan el trabajo informal de reciclaje.

- Indicadores Calidad:

Tabla A9. Quejas y Reclamos.

AÑOS	2003	2004	2005
TIPO DE QUEJAS			
Barrido	305	296	288
Recolección	315	316	312
Botadero	421	402	384
Atención al Usuario	105	110	108
Verificación de Tarifas	486	450	444
TOTAL	1.632	1.574	1.536

Fuente: Comisión Reguladora de Acueducto y Saneamiento Básico (CRA).

Tabla A10. Quejas y Reclamos Resueltos.

AÑOS	2003	2004	2005
TIPO DE QUEJAS			
Barrido	162	173	174
Recolección	178	198	156
Botadero	196	210	212
Atención al Usuario	70	59	63
Verificación de Tarifas	343	351	349
TOTAL	949	991	954

- % Índice de Quejas de Usuarios: (Quejas Totales/ Total de usuarios) x 100.

- 2003: $\frac{1.632}{37.448} * 100 = 4,36\%$

- 2004: $\frac{1.574}{38.258} * 100 = 4,12\%$

- 2005: $\frac{1.536}{39.224} * 100 = 3,92\%$

Este indicador en los tres años de estudio muestra, que las personas no reclamaban por la prestación del servicio o si lo hacían, era realmente un mínimo de ellas. Situación que se puede haber presentado, por que los usuarios son indiferentes al manejo que la empresa haga de los residuos.

- Indicador Solución de Quejas de Usuarios: (Total de Quejas Resueltas/ Total de Quejas) x 100.

- 2003: $\frac{949}{1.632} * 100 = 58\%$

- 2004: $\frac{991}{1.574} * 100 = 63\%$

- 2005: $\frac{954}{1.536} * 100 = 62\%$

Aquí se muestra que la empresa responde mas o menos un 60% de las quejas echas por los usuarios. La razón a esto se debe tal vez a que los demás reclamos no son tan importantes o que presentan complicaciones a la hora de darles una solución.

ANEXO B. VALORACION DE IMPACTOS. HOJAS DE TRABAJO AIEIA

Tabla B1. Caracterización Cualitativa de los Efectos, Simbología y valor aplicado a las Etiquetas Lingüísticas para determinar la Importancia del Impacto Ambiental.

(NA) NATURALEZA		(IN) INTENSIDAD 36%	
(+) Beneficioso	1	(B) Baja	1
(-) Perjudicial	-1	(M) Media	2
		(A) Alta	4
		(MA) Muy Alta	8
		(T) Total	12
(EX) EXTENSION 24%		(MO) MOMENTO 8%	
(Pu) Puntual	1	(L) Largo Plazo	1
(Pa) Parcial	2	(M) Mediano Plazo	2
(E) Extenso	4	(I) Inmediato	4
(T) Total	8	(C) Crítico	+4
(C) Crítico	+4		
(PE) PERSISTENCIA 4%		(RE) REVERSIBILIDAD 4%	
(F) Fugaz	1	(C) Corto Plazo	1
(T) Temporal	2	(M) Mediano Plazo	2
(P) Permanente	4	(I) Irreversible	4
(SI) SINERGISMO 4%		(AC) ACUMULACION 4%	
(SS) Sin Sinergismo	1	(S) Simple	1
(S) Sinérgico	2	(A) Acumulativo	4
(MS) Muy Sinérgico	4		
(EF) RELACION CAUSA EFECTO 4%		(PR) PERIODICIDAD 4%	
(I) Indirecto(Secundario)	1	(I) Irregular o aperiódico y discontinuo	1
(D) Directo(Primario)	4	(P) Periódico	2
		(C) Continuo	4
(MC) RECUPERABILIDAD 8%		(I) IMPORTANCIA	
(In) De manera inmediata	1	Irrelevante	
(MP) A mediano plazo	2	Moderado	
(M) Mitigable	4	Severo	
(I) Irrecuperable	8	Crítico	

Fuente: Los Autores

Tabla B2. Simbología aplicada a las Etiquetas Lingüísticas predefinidas para la determinación de la magnitud del Impacto Ambiental.

(MG)	MAGNITUD	INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL (IC_A)
N	Nada	Lineal Creciente
MB	Muy Bajo	Lineal Decreciente
B	Bajo	Trapeoidal
M	Medio	Beta Spline 1
A	Alto	Beta Spline 2
MA	Muy Alto	Beta Spline Decreciente
T	Total	Spline Cúbico 1
		Spline Cúbico Decreciente
		Polinomial
		Polinomial 2

Fuente: Los Autores

Tabla B3. Funciones de Transformación utilizadas para la Calidad Ambiental

F_i	FACTOR AMBIENTAL	FUNCION DE CALIDAD AMBIENTAL
F ₁	Disponibilidad del agua	Spline Cúbico 1
F ₂	Calidad del agua	Lineal Creciente
F ₃	Olores	Spline Cúbico Decreciente
F ₄	Calidad del aire	Lineal Creciente
F ₅	Gases de combustión	Polinomial 2
F ₆	Emisión de partículas	Polinomial 2
F ₇	Nivel de ruido	Beta Spline Decreciente
F ₈	Cambio de uso del suelo de la zona afectada	Lineal Decreciente
F ₉	Cambios en el drenaje natural	Lineal Decreciente
F ₁₀	Infiltración por vertidos accidentales	Beta Spline Decreciente
F ₁₁	Cambios en el valor del terreno	Trapeidozal
F ₁₂	Inestabilidad del terreno, erosión	Lineal Decreciente
F ₁₃	Aumento de fauna nociva	Spline Cúbico Decreciente
F ₁₄	Agentes Patógenos	Lineal Decreciente
F ₁₅	Vectores, enfermedades-insectos	Lineal Decreciente
F ₁₆	Desplazamiento de especies endémicas	Lineal Decreciente
F ₁₇	Cambios en la vegetación	Lineal Decreciente
F ₁₈	Remoción de cobertura vegetal	Lineal Decreciente
F ₁₉	Diversidad de especies	Lineal Creciente
F ₂₀	Disminución de espacios naturales	Lineal Decreciente
F ₂₁	Calidad del paisaje	Lineal Creciente
F ₂₂	Alteraciones en el paisaje y visibilidad	Lineal Decreciente
F ₂₃	Salud pública	Lineal Creciente
F ₂₄	Salud del personal del relleno	Lineal Creciente
F ₂₅	Salud de los habitantes del relleno	Lineal Creciente
F ₂₆	Trabajadores de la empresa prestadora del servicio de aseo	Beta Spline 1
F ₂₇	Operadores del relleno	Beta Spline 1
F ₂₈	Recicladotes	Beta Spline 1
F ₂₉	Eficiencia en el recaudo	Lineal Creciente
F ₃₀	Rentabilidad alcanzada	Lineal Creciente
F ₃₁	Índice de productividad global	Lineal Creciente
F ₃₂	Excedente de productividad global	Lineal Creciente
F ₃₃	Excedente para la inversión	Lineal Creciente
F ₃₄	Productividad del trabajo de barrido	Lineal Creciente
F ₃₅	Cobertura de barrido de vías	Lineal Creciente
F ₃₆	Productividad del trabajo de Recolección y Transporte	Lineal Creciente
F ₃₇	Eficiencia laboral de recolección	Lineal Creciente
F ₃₈	Índice de Cobertura	Lineal Creciente
F ₃₉	Aumento de cobertura del servicio	Lineal Creciente
F ₄₀	Disposición en el Relleno Sanitario	Lineal Decreciente
F ₄₁	Disminución de quejas	Spline Cúbico
F ₄₂	Indicador de Solución de quejas a Usuarios	Spline Cúbico

Fuente: Los Autores