

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DEL
MUNICIPIO DE LA ARGENTINA HUILA

JESÚS FERNANDO RINCÓN GONZALEZ



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA, ENERO 2012

PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DEL
MUNICIPIO DE LA ARGENTINA HUILA

JESÚS FERNANDO RINCÓN GONZALEZ

Trabajo de grado presentado como requisito
para optar el título de Ingeniero Agrícola

Director:
M.Sc. EDUARDO VALENCIA GRANADA



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA, ENERO 2012

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Neiva (Huila), Enero de 2012

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios, a mis padres Ernesto Rincón y Melania González (Q.E.P.D.), mis hermanos y a mi Carito, personas que depositaron su fe y esperanza en el cumplimiento y desempeño de esta labor, a sabiendas de todo el sacrificio que he tenido para prepararme y cumplir mis metas; y a todas esas personas que estuvieron a mi lado en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A Dios por darme la vida y permitirme culminar este proyecto...

Al Profesor Eduardo Valencia, por haberme brindado la orientación y documentación para elaborar este escrito...

A los Profesores Rodrigo Pachón y Gilberto Álvarez por su asesoría y ayuda incondicional durante el proceso y la culminación de este estudio...

A Doña Gladys por ser tan servicial y preocuparse tanto para que sacara adelante este proyecto...

CONTENIDO

	Pág.
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO CONCEPTUAL	14
1.1. CONCEPTOS	14
1.2. ANTECEDENTES	18
1.3. REGLAMENTACIÓN	20
2. METODOLOGÍA.....	21
2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	21
2.2. METODOS	23
2.2.1. Fase 1. Diagnóstico	23
2.2.2. Fase 2. Cantidades y Caracterización	24
2.2.3. Fase 3. Plan de Manejo Integral	24
2.2.4. Fase 4. Planta de Manejo Integral de los Residuos Sólidos	25
3. RESULTADOS	26
3.1. DIAGNÓSTICO.....	26
3.1.1. Administración de los residuos sólidos del municipio de la Argentina Huila ..26	
3.1.2. Residuos sólidos del municipio de la Argentina	26
3.1.3. Manejo de los residuos sólidos generados en las viviendas.....	26
3.1.4. Recolección de los residuos sólidos	27
3.1.5. Manejo de los residuos sólidos en la planta	28
3.1.6. Cantidad de residuos sólidos	29
3.1.7. Caracterización de los residuos sólidos	30
3.1.8. Planta de residuos sólidos	30
3.1.9. Destino y disposición final de los subproductos	34
3.1.10. Apreciación del manejo de los residuos sólidos	34
3.2. CALCULOS E INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN	35
3.2.1. Población	35
3.2.2. Producción per cápita proyectada	35

3.2.3. Producción total de residuos sólidos proyectada.....	36
3.2.4. Caracterización de residuos sólidos.....	36
3.2.5. Proyección de cantidades en peso (kg/d) de residuos orgánicos e inorgánicos	38
3.3. PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	38
3.3.1. Conceptualización del plan.....	38
3.3.2. Estructura del plan	40
3.3.3. Programas y proyectos que conforman el plan.....	42
3.3.4. Descripción de los proyectos.....	42
3.4. PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	48
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de residuos en países de bajos, medios y altos ingresos	15
Tabla 2. Composición promedio de los residuos en Colombia	15
Tabla 3. Composición de los Residuos Sólidos a nivel nacional (%).....	15
Tabla 4. Producción per cápita de Residuos algunas ciudades de Colombia.....	16
Tabla 5. Valor nutritivo del compost.....	17
Tabla 6. Clasificación y composición de las basuras de Neiva.....	19
Tabla 7. Caracterización de los residuos sólidos de Neiva	19
Tabla 8. Residuos sólidos aprovechables de la ciudad Neiva	20
Tabla 9. Producción de residuos sólidos del municipio de La Argentina	29
Tabla 10. Proyección población cabecera municipal de La Argentina.....	35
Tabla 11. Proyección producción per cápita (Kg/hab-d) de residuos sólidos.....	36
Tabla 12. Proyección producción total unitaria (Kg/d) de residuos sólidos	36
Tabla 13. Caracterización de los residuos sólidos del Municipio de la Argentina Huila	37
Tabla 14. Proyección del porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos.....	37
Tabla 15. Proyección de cantidades (Kg/d) de residuos orgánicos e inorgánicos ..	38
Tabla 16. Metas proyectadas para el cumplimiento del Plan	41
Tabla 17. Programas y Proyectos del Plan de Manejo Integral de los Residuos Sólidos.....	42
Tabla 18. Proyecto: SENSIBILIZACION DE LA COMUNIDAD.....	43
Tabla 19. Proyecto: MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	43
Tabla 20. Proyecto: PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN.....	43
Tabla 21. Proyecto: ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA.....	44
Tabla 22. Proyecto: POLÍTICAS DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	44
Tabla 23. Proyecto: REGISTROS Y SISTEMATIZACIÓN.....	44
Tabla 24. Proyecto: CONVENIOS CON INSTITUCIONES EDUCATIVAS	45
Tabla 25. Proyecto: DESARROLLO DE PROYECTOS EN COLEGIOS	45
Tabla 26. Proyecto: UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS	45
Tabla 27. Proyecto: SEPARACIÓN EN LA FUENTE	46
Tabla 28. Proyecto: RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS	46

Tabla 29. Proyecto: REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	46
Tabla 30. Proyecto: EMPRESA DE ARTESANIAS	47
Tabla 31. Proyecto: COOPERATIVA DE RECICLAJE	47
Tabla 32. Proyecto: EMPRESA DE ECOPLASTICOS	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de La Argentina.....	21
Figura 2. Recipientes utilizados para sacar los residuos de las viviendas.....	27
Figura 3. Vehículo utilizado para la recolección de los residuos	28
Figura 4. Rampa y cobertizo para almacenamiento del compost y material reciclado	30
Figura 5. Esquema distribución componentes de la planta de tratamiento.....	32
Figura 6. Diagrama de flujo del manejo de los residuos sólidos.....	33
Figura 7. Concepciones sobre los residuos sólidos	39
Figura 8. Serie de medidas concepción del proyecto.....	40

RESUMEN

El municipio de La Argentina produce en el año 2011, 1360 Kg/d de residuos sólidos de los cuales el 35% son orgánicos y 65% inorgánicos, los residuos son manejados en la Planta de Tratamiento donde los orgánicos son compostados, de los inorgánicos el 3% son reciclados y el 62% considerados inservibles son enviados a Biorgánicos del Páez; la Planta de Tratamiento se encuentra en mal estado y los procesos se realizan con deficiencias. Como una alternativa de mejoramiento se propuso el siguiente proyecto, el cual mediante la elaboración de un diagnóstico presenta un Plan de Manejo Integral a 15 años bajo el concepto de Prevenir - Reducir - Reusar, compuesto de 5 Programas que se desarrollaran mediante Proyectos y actividades, cuyo resultado esperado es manejar en el año 2027, 2267 Kg/d de los cuales el 71% orgánicos mediante compostaje y lombricultura, el 24% inorgánicos mediante el reciclaje y disponer en relleno sanitario el 5% los inorgánicos inservibles. Para el desarrollo del Plan se considera muy importante la participación y capacitación comunitaria.

Palabras clave: residuos sólidos; planta de tratamiento; plan de manejo.

ABSTRACT

The municipality of La Argentina produced in 2011, 1360 kg/d of solid waste of which 35% are 65% organic and inorganic wastes are managed in the treatment plant where the organics are composted of the inorganic 3% are recycled and 62% considered unusable are sent to bioorganic of Paez Treatment Plant is in poor condition and processes are impaired. As an alternative to the following proposed improvement project, which through the development of a diagnosis presents a Comprehensive Management Plan 15 years on the concept of Prevention-Reduce-Reuse, composed of 5 programs that are developed through projects and activities, whose expected outcome is to manage in 2007, 2267 kg/d of which 71% through composting and worm farming organic, inorganic 24% through recycling and landfill available in 5% inorganic useless. To develop the plan is considered very important the participation and community empowerment.

Keywords: solid waste; treatment plant; management plan.

INTRODUCCIÓN

El planeta tierra viene presentando desde hace años, dificultades ambientales y de sanidad, debido al mal manejo y falta de conciencia del hombre referente a la debida disposición de los residuos sólidos generados en sus diferentes actividades.

El desarrollo tecnológico y socioeconómico del país ha traído como una de sus consecuencias la generación de volúmenes cada vez más crecientes de Residuos Sólidos Urbanos de naturaleza muy diferente a la tradicional doméstica, que era predominantemente orgánica y biodegradable.

El incremento del uso de plásticos, envases de comida, papel periódico y de revistas, latas, vidrios y cartón de bebidas, equipos y suministros de corta vida, exige cambios en la concepción del manejo de los Residuos Sólidos; la de hoy es el aprovechamiento de la mayor parte de dichos residuos, como insumos y materias primas para procesos de producción.

El manejo de los residuos sólidos, incluyendo la disposición en rellenos, debe cumplir con controles ambientales rigurosos; la no adecuada disposición de estos residuos genera molestias por contaminación visual, polvo, olores y problemas de salud pública. Los problemas anteriormente mencionados se esperan mitigar con lo dispuesto en el decreto 1713 de 2002, el cual regula y controla el manejo y disposición de los residuos sólidos.

En el Departamento del Huila, se inició el manejo de los residuos sólidos construyendo pequeñas plantas en los municipios, que realizaban el tratamiento a los residuos producidos en sus jurisdicciones. Después las políticas departamentales y del gobierno nacional se inclinaron al manejo de los residuos sólidos en plantas regionales ubicadas estratégicamente para cubrir todo el territorio del departamento; es así como se construyeron tres plantas regionales, una en la zona centro (Biorgánicos del Centro, ubicada en Garzón), una en el sur (Biorgánicos del Sur, ubicada en Pitalito) y la otra en el suroccidente (Biorgánicos del Páez, ubicada en la Plata). Debido a diferentes problemas de tipo técnico y administrativo, estas plantas regionales no han tenido buen funcionamiento ni han logrado la eficiencia esperada.

Sin embargo, algunos municipios del Departamento no disponen sus residuos en las Plantas Regionales, por lo tanto han tenido que construir sus propias plantas de manejo, es el caso de la Argentina; la cual a pesar de los beneficios evidentes en el manejo de los residuos sólidos producidos en el casco urbano, presenta algunas deficiencias que corregidas mejoraría el servicio, lo cual se reflejaría en el bienestar de la población y en el mejoramiento ambiental y estético de la región.

El presente trabajo, partiendo de un diagnóstico, desarrolla una propuesta para el manejo integral de los residuos sólidos del municipio de la Argentina - Huila, mediante un Plan que incluye el manejo desde la generación, la reutilización de la mayor parte de los residuos y la participación de la comunidad; teniendo como referente el mejoramiento de lo actualmente existente.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. CONCEPTOS

Residuo sólido se denomina a cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud. (Jaramillo, 2002)

Los residuos sólidos se pueden clasificar en: **Orgánicos**, es todo residuo de origen biológico que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo hojas, ramas, cáscaras y semillas de frutas, huesos y sobras de animales, constituyen la mayor parte de producción a nivel municipal; **Inorgánicos**, es todo residuo de origen no biológico, es decir de origen industrial o algún otro proceso no natural, por ejemplo plástico, telas sintéticas, su característica es su alto contenido de papel y cartón; y **Peligrosos**. es todo residuo, ya sea de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y por cuál debe ser tratado como tal, por ejemplo material médico infeccioso, material radioactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas, etc. (Araujo et al, 1998)

Los Residuos Sólidos municipales de no ser apropiadamente manejados pueden convertirse en un problema de salud pública y una fuente de contaminación ambiental. El hecho de que exista en los Residuos Sólidos una alta concentración de material orgánico, que se pudre con facilidad, es una de las principales causas de contaminación ambiental. Los impactos sobre la salud pública están ligados especialmente a la presencia de desechos infecciosos contaminados y a la presencia de sustancias tóxicas; y a la posibilidad de que los desechos mismos sirvan para la reproducción de insectos y animales transmisores de enfermedades como las moscas, mosquitos y ratas. (Giraldo, 1999)

En la tabla 1, se presentan las características promedios de los Residuos Sólidos de los países según los ingresos; en la tabla 2, la composición promedio de los residuos en Colombia; en la tabla 3, la composición promedio de los residuos Sólidos de algunas ciudades de Colombia; y en la tabla 4, la producción per cápita de Residuos Sólidos en algunas ciudades de Colombia.

Tabla 1. Características de residuos en países de bajos, medios y altos ingresos

Dato	Países con Ingresos Bajos	Países con Ingresos Medios	Países con ingresos altos
Residuos generados (Kg/hab - d)	0.4 - 0.6	0.5 - 0.9	0.7 - 1.8
Densidad de los Residuos (Kg/m ³)	250 - 500	170 - 330	100 - 170
Contenido de humedad	40 - 80	40 - 60	20 - 30
Composición (% del peso):			
Papel	1 - 10	15 - 40	15 - 40
Vidrio y cerámica	1 - 10	1 - 10	4 - 10
Metales	1 - 5	1 - 5	3 - 13
Plásticos	1 - 5	2 - 6	2 - 10
Cuero y caucho	1 - 5	-	-
Madera, huesos y paja	1 - 5	-	-
Textiles	1 - 5	2 - 10	2 - 10
Vegetales putrefacibles	40 - 85	20 - 65	20 - 50
Material inerte	1 - 40	1 - 30	1 - 20

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 1996.

Tabla 2. Composición promedio de los residuos en Colombia

Material	Porcentaje en peso
Materia Orgánica	74.0%
Papel y Cartón	12.7%
Plástico	5.0%
Chatarra	1.0%
Vidrio	4.0%
Hueso, Trapo, Madera	3.3%
Total	100.0%

Fuente: ACODAL, 2001.

Tabla 3. Composición de los Residuos Sólidos a nivel nacional (%)

Componente	Medellín	Cali	Bogotá	Cartagena	Aguazul
Papel, cartón	18.0	7.87	18.29	10.30	16.10
Vidrio, cerámica	3.0	1.64	4.62	2.00	7.56
Metales	5.0	0.14	1.64	3.50	0.75
Plásticos, caucho	7.0	2.60	14.19	10.30	8.83
Cueros	0,8	-	1.76	1.10	-
Madera	-	1.40	3.06	3.20	1.83
Textiles	-	0.80	3.82	1.43	2.26
Vegetales	57.0	82.36	52.31	64.40	58.87
putrescibles	8.0	3.20	0.30	3.77	0.77
Ladrillos, cenizas					

Fuente: Giraldo, 1999.

Tabla 4. Producción per cápita de Residuos algunas ciudades de Colombia

Ciudad	Departamento	PPC (Kg/hab - d)
Bogotá	Distrito Capital	0.74
Mosquera	Cundinamarca	1.00
Medellín	Antioquia	0.65
Cali	Valle	0.77
Buenaventura	Valle	0.96
Barranquilla	Atlántico	0.92
Cartagena	Bolívar	0.93
Santa Marta	Magdalena	1.10
Líbano	Tolima	0.55
Aguazul	Casanare	0.53

Fuente: Giraldo, 1999.

El manejo integral de los residuos sólidos es el proceso por medio del cual los elementos y materiales usados o de desecho se convierten en materia prima para la fabricación de nuevos productos, obteniendo menor cantidad de basuras y así disminuimos la contaminación del medio ambiente y el deterioro de los recursos naturales. (Cantanhede et al, 2000)

Muchas veces, sin embargo, el manejo integrado de los residuos sólidos aunque tenga programas de separación y recuperación, y/o incineración, siempre debe haber un sitio de disposición final de los residuos, el relleno sanitario. (Castro, 1993)

El aprovechamiento de los residuos sólidos para los diferentes usos, se da de la mejor forma si estos han sido separados. La separación de los residuos se puede lograr de varias formas que tienen diferentes grados de complejidad y de cooperación ciudadana. Por ejemplo, la separación se puede hacer en el sitio de generación de los residuos, bien sea en los hogares o en las instituciones, lo que se denomina separación en la fuente, en cuyo caso se requiere un alto grado de cooperación y una baja complejidad en la tecnología de separación y que sería de una enorme ayuda para los procesos; o la separación se puede hacer a partir de la basura mezclada, en estaciones especializadas para tal fin, que usualmente retardan demasiado el trabajo y a veces no se obtiene la mayor satisfacción. (Manrique et al, 1991)

Existe la posibilidad de hacer separación en la fuente a diferentes niveles como casa, oficina, comercio, industria y en diferentes fracciones, como residuos vegetales, papel, vidrios, metales, etc. para dejar el resto de la separación en una estación especializada. (Manrique et al, 1991)

Reciclaje, es el procedimiento por el cual las basuras se separan, recogen, se clasifican y se almacenan para finalmente ser reincorporadas como materia prima al ciclo productivo. (Giraldo, 1999)

El compostaje, es la descomposición controlada por acción biológica de los desechos orgánicos sólidos y que origina un producto denominado *COMPOST*; que es estable sin generación de malos olores, no deja vectores y es seguro como acondicionador de suelos. (Castro, 1993). La tabla 5, presenta el valor nutritivo del compost.

Tabla 5. Valor nutritivo del compost

Parámetro	Rango (%)
Contenido de agua	30-50 %
Sustancias orgánicas	20-40%
Nitrógeno	0.3-0.9%
P (P ₂ O ₅)	0.3%-0.9%
K (K ₂ O)	0.3%-0.6%
Mg (MgO)	0.3%-0.09%
Ca (CaO)	0.6%-0.09%

Fuente Jaramillo, 1991

Existen diferentes tipos de compost, uno se obtiene partiendo únicamente de basura biodegradable y el otro se produce con una mezcla entre la basura degradada y excrementos de animales; ambos pueden ser utilizados para cultivar Lombriz de tierra, la que del mismo modo provee un lombricompost o humus de superior calidad. (Acosta et al, 1992)

El compostaje contempla dos etapas: La primera es la de **remoción** manual o industrial del material reciclable (vidrio, madera, papel entre otros), ya que su presencia puede contribuir negativamente en la calidad del compost producido; la segunda es la **fermentación**, donde se transforman los desechos en abonos, mediante la descomposición de estos por parte de microorganismos que pueden ser aeróbicos o anaeróbicos, el tiempo de fermentación es de 10-16 días al cabo del cual entra en el proceso de **maduración** permitiendo la estabilización del compost en un tiempo promedio de seis semanas. (Acosta et al, 1992)

Existen varias técnicas para realizar el compostaje, la más conocida y utilizada es: *Compostaje en hilera*, el material orgánico se dispone en hileras de 2,5 a 3 m. de altura por 7 a 9 m. de ancho en la base, la descomposición puede tardar de 3 a 5 años. Un sistema rápido de compostaje en hilera de alto rendimiento es teniendo una sección transversal de 2 a 2,5 m de alto por 4,5 m de ancho, antes de formar dichas hileras el material orgánico ha sido sometido a un proceso de reducción de tamaño mediante la trituración y cribación hasta un tamaño aproximado de 2,5 a 7,5 cm y un contenido de

humedad entre el 50 y el 60%. Con el fin de obtener alto rendimiento el volteo debe efectuarse hasta dos veces por semana procurando mantener la temperatura en 55°C; la fermentación completa se logra a las 3 o 4 semanas más sin volteo, etapa en la cual los materiales orgánicos son reducidos por la acción de los hongos y los actinomicetos. (Acosta et al, 1992)

La lombricultura, es el recicle de los desechos orgánicos produciendo abono y proteína animal con lombrices de tierras especialmente adaptadas para vivir en alta densidad y que se alimentan de todo tipo de materiales biodegradables; se usa la *LOMBRIS ROJA CALIFORNIANA*. Las lombrices deben alimentarse con humus completamente descompuesto, no es aconsejable el uso de material en proceso de fermentación, pues podría causar intoxicación a las lombrices, La cantidad de alimento depende de la densidad de población, así, para un lecho con 20 mil lombrices por metro cuadrado, se pueden necesitar 20 kg de desechos vegetales cada ocho días, cuando se tiene poblaciones más altas los requerimientos de alimentos son mayores. Este animal terrestre de ambiente húmedo que le huye a la luz, se alimenta de restos orgánicos vegetales en descomposición, fundamenta la rápida formación de humus o abono para los cultivos mejorando las características físicas del suelo. (Cano et al, 1991)

La disposición final en rellenos sanitarios es la práctica más común, aceptada y permite disponer los distintos tipos de residuos que se encuentran en las ciudades pequeñas y poblados rurales; El relleno sanitario consiste en el enterramiento ordenado y sistemático de los residuos sólidos compactados en el menor espacio posible a fin de minimizar los potenciales impactos negativos en la salud y ambiente, de acuerdo a las características del área se puede construir tres tipos de relleno sanitario: de zanja, superficie y ladera. (Jaramillo, 2002)

1.2. ANTECEDENTES

En un estudio sobre el potencial económico de los residuos sólidos de la ciudad de Neiva - Huila, se encontró que es posible recuperar entre el 80 - 85 % del total de los residuos, de los cuales el mayor porcentaje mediante los procesos de compostaje y lombricultura generan un producto que puede ser utilizado para la recuperación de suelos y disminución del proceso de desertización y pérdida de fertilidad de los suelos, al mejorar sus propiedades físicas; y otra parte mediante el reciclaje, permite incorporar a las industrias materia prima a bajos precios y con menor gasto energético para su obtención. Así mismo que la producción per cápita de residuos sólidos en la ciudad de Neiva es de 0.58 kg/hab-d con Humedad en Base Húmeda del 46.27%, y la caracterización que aparece en la Tabla 6 (Roa et al, 1998)

Tabla 6. Clasificación y composición de las basuras de Neiva

Material	Peso húmedo (lb)	Peso (%)	Humedad (%)	Peso seco (%%)
Desechos orgánicos	67.25	46.97	70.0	14.09
Desechos de jardín	27.25	18.89	60.0	7.56
Papel y cartón	19.25	13.34	6.0	12.54
Textiles	10.50	7.28	10.0	6.55
Plásticos	10.50	7.28	0.2	7.20
Madera	2.75	1.91	20.0	1.53
Vidrios y cerámica	3.75	2.60	2.0	2.55
Latas y metales	2.50	1.73	5.0	1.65
TOTAL	144.25	100.00		52.73

Fuente: Roa et al, 1998.

En el Plan de Gestión Integral de los residuos sólidos del Municipio de Campoalegre Huila, en la caracterización de los residuos se encontró que la materia orgánica aprovechable representa el 58.7%, el papel y el cartón 14.25%, el plástico 11.2%, otros residuos aprovechables como el cuero y el metal entre otros un 7.87% y el vidrio un 5.8%; También se pudo establecer que el Municipio de Campoalegre es el segundo productor de residuos sólidos en la zona norte del Departamento del Huila. (Jalk et al, 2006).

Fierro (2009) en un estudio sobre el potencial económico de los residuos sólidos generados en la ciudad de Neiva, concluyó que se pueden obtener \$601.892.000.00 mensuales si se compostara el 40 % de los residuos y \$60.718.080.00 mensuales de la venta de los inorgánicos (vidrios, polímeros, papel y cartón metales, caucho, textiles y madera) que representa el 3.5% de los residuos sólidos. Y las caracterizaciones en porcentaje y peso que aparecen en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7. Caracterización de los residuos sólidos de Neiva

Material	Porcentaje (%)
Residuos de alimentos y jardín	80.24
Residuos de papel	0.78
Residuos de cartón	0.72
Plásticos	3.67
Textiles	0.99
Caucho y cuero	0.29
Madera	0.23
Vidrio	0.77
Metales ferrosos y no ferrosos	0.35
Huesos	0.13
Escombros	0.17
Otros	11.67

Fuente: Fierro. 2009

Tabla 8. Residuos sólidos aprovechables de la ciudad Neiva

Material	Porcentaje (% en peso)
Residuos orgánicos	75.91
Residuos inservibles (basura muerta)	19.08
Residuos comerciables (reciclaje)	5.01
Vidrio	1.55
Polímeros	0.59
Papel y cartón	1.97
Metales	0.40
Cauchos y Textiles	0.49

Fuente: Fierro, 2009.

1.3. REGLAMENTACIÓN

En Colombia existen disposiciones legales que regulan el manejo de los residuos sólidos, desde su separación en la fuente hasta su disposición final. Se mencionan las más importantes:

Decreto 2811 de 1974: En los Artículo 34 a 38 se regula todo lo relacionado con el manejo de los residuos sólidos.

Resolución 2309 de 1986: Esta norma regula lo relacionado con los residuos especiales.

Decreto 0605 de 1996: Contiene las normas sobre características y calidad de la prestación del servicio de aseo.

Decreto 1713 de 2002: 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.

Resolución 429 de 2007: Regula incentivos a la regionalización de los rellenos sanitarios por parte de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.

2. METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de La Argentina está ubicado a 1560 msnm en la zona sur occidente del Departamento del Huila, posee una extensión de 324.8 Km²; limita por el norte y oriente con los municipios de: La Plata, Pital, Agrado, Tarqui, Salado Blanco y Oporapa y por el sur occidente con el departamento del Cauca. Su vía de acceso desde la capital departamental tiene una extensión de 184 Km se encuentra pavimentada hasta el municipio de la Plata, quedando 25 km sin pavimentar hasta el área urbana del Municipio. (ver figura 1).

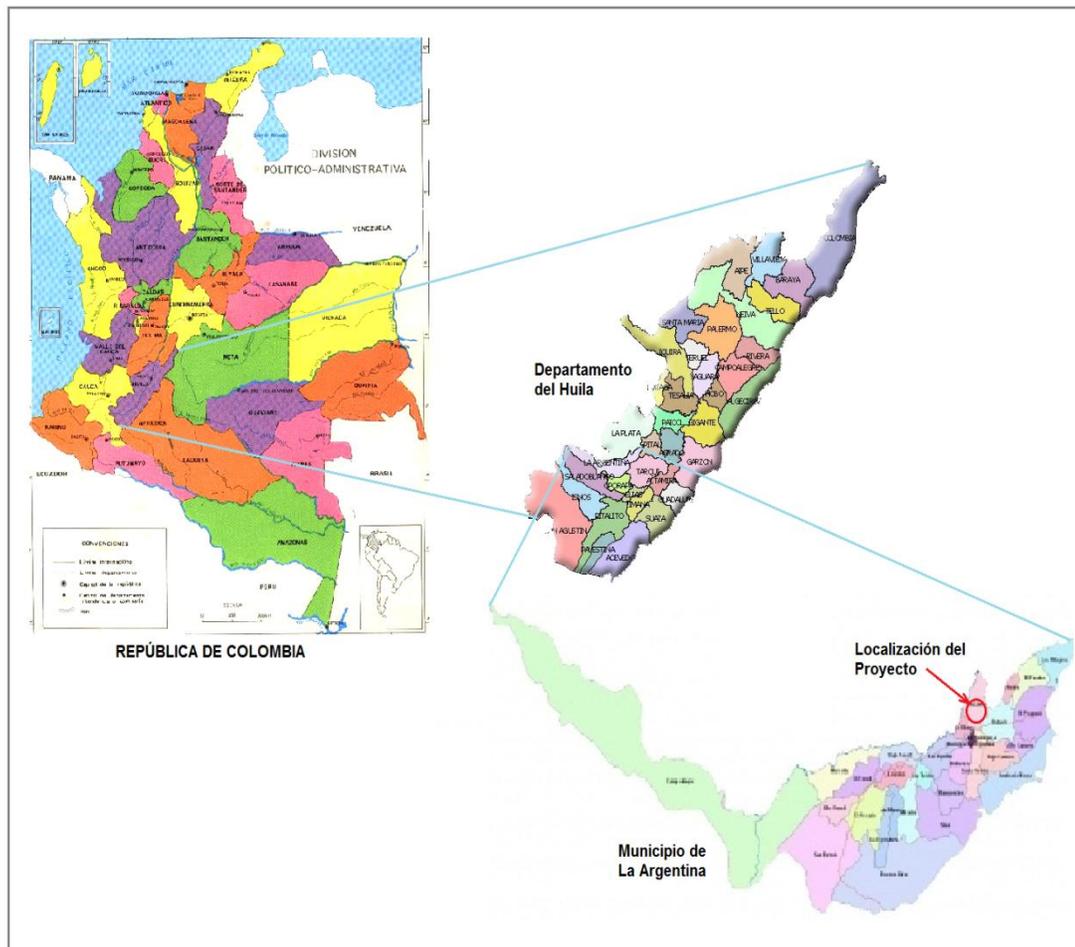


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de La Argentina

La Argentina, tiene diversidad de pisos térmicos y por ende posee climas que oscilan desde clima muy frío a clima medio húmedo; presenta una topografía que está caracterizada por grandes zonas montañosas, alternada por valles, mesetas, colinas y pequeños cañones; su temperatura promedio es de 18 °C.

El café es una de las principales actividades económicas del municipio con un área sembrada de 1653 ha de las cuales 1240 ha es café tecnificado, café en renovación 8.49, café tradicional 413.7 ha y un total de 1160 caficultores aproximadamente en 1178 fincas cafeteras; el tipo de café predominante es la variedad de caturra, con acomodos de plátano, yuca, caña y un promedio de producción de 10.4 cargas por año en café pergamino seco tipo Federación; otros cultivos de menor escala y que hacen parte del consumo familiar son repollo, cebolla, zanahoria, frijol y maíz.. Otras actividades económicas son el sector comercial, que se compone básicamente de: talleres, almacenes de repuestos, ferreterías, panaderías, restaurantes, papelerías, droguerías, cacharrerías, electrodomésticos y varias empresas transportadoras.

Entre las instituciones presentes en el municipio, se pueden mencionar: La Institución Educativa Elisa Borrero de Pastrana con cobertura desde el preescolar hasta el bachiller académico, Policía Nacional, Registraduría Nacional del Estado Civil, Cooperativa de Caficultores, Biblioteca, Telecom, Hogar Infantil ICBF, Banco Agrario de Colombia, Juzgado, Alcaldía Municipal, Hospital, Programa Geriátrico, Iglesias Católica y Protestante.

La Empresa de Servicios Públicos EMPUARG, es la encargada de prestar los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. La cabecera municipal cuenta con planta de tratamiento de agua potable PTAP, planta de tratamiento de aguas residuales PTAR y con Planta para el Manejo de los Residuos Sólidos. La empresa Electrohuila es la encargada de suministrar el servicio de energía eléctrica a toda la jurisdicción del municipio. SURGAS, es la empresa encargada de suministrar el servicio de gas domiciliario. La atención en salud es brindada por la E.S.E. Hospital Juan Ramón Núñez Palacios.

El municipio cuenta con planta de sacrificio de ganado vacuno y porcino en buen estado y con estructuras adecuadas para su buen funcionamiento. La plaza de mercado está localizada en el centro del área urbana, presenta buenas instalaciones, el mercado se realiza únicamente el día domingo.

2.2. METODOS

2.2.1. Fase 1. Diagnóstico

Su objetivo, conocer el estado actual del manejo de los residuos sólidos de la cabecera municipal y la apreciación de la comunidad sobre la calidad del servicio. Para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- **Estructura Administrativa de la Prestación del servicio Manejo de los Residuos Sólidos.** Visita a la EMPUARG para conocer el organigrama, funciones y planeación de la prestación del servicio.
- **Usuarios.** Consulta en la EMPUARG sobre cobertura y número de usuarios (viviendas).
- **Manejo de los residuos sólidos en las viviendas.** Visita a una muestra (10 viviendas) para conocer en sitio, la disposición de los residuos sólidos dentro de las viviendas y la forma como son sacados a las calles para su recolección.
- **Recolección de los residuos sólidos.** Seguimiento durante una semana a los carros recolectores y otros, para conocer en sitio la forma como son recolectados y transportados los residuos sólidos desde las viviendas hasta la Planta u otros sitios.
- **Manejo de los residuos sólidos en la Planta.** Visitas a la Planta de Manejo de Residuos de la cabecera municipal de La Argentina, para conocer en sitio el manejo de los residuos sólidos desde la llegada a la Planta hasta su disposición final.
- **Cantidad de residuos sólidos.** Consulta en EMPUARG y en la Planta sobre: producción per cápita, producción semanal y /o mensual.
- **Caracterización de los residuos sólidos.** Consulta en EMPUARG y en la Planta sobre: composición de los residuos sólidos de La Argentina.
- **Cantidades de residuos sólidos aprovechados fuera de la Planta.** Consultas sobre cantidades de residuos sólidos que son reciclados y/o compostados fuera de la planta, determinando: Personas o Entidades que lo hacen, productos obtenidos y destino final de los subproductos.
- **Administración de la Planta.** Estructura administrativa y personal de la Planta y sus funciones.

- **Planta de Residuos Sólidos.** Conocimiento de los diferentes componentes (estructuras) de la Planta, sus funciones y elaboración de un diagrama de flujo y un esquema de la misma.
- **Destino y disposición final.** Determinación de cantidades y destino final de los residuos sólidos recuperados y disposición final de lo no recuperado.
- **Apreciación del servicio.** Entrevistas con Directivos de la EMPUARG, empleados de la Planta, y Usuarios, para conocer su apreciación de la calidad del servicio, la disposición final y sugerencias para su mejoramiento.

2.2.2. Fase 2. Cantidades y Caracterización

Su objetivo, estimar la producción per cápita (PPC) y la composición de los residuos sólidos de la cabecera municipal de La Argentina, que permitió calcular las cantidades de residuos a recuperar. Para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- **Producción per cápita (PPC).** Mediante el pesaje diario de los residuos sólidos sacados a las calles de una muestra (10 viviendas) durante una semana. Los residuos de cada casa se pesaron en una balanza con precisión a gramos. Finalmente, mediante la media se estimó la PPC (kg/hab-d).
- **Caracterización.** Se realizó en la Planta, mediante la toma aleatoria de una muestra de 10 kg. de los residuos entregados en la rampa de la Planta, todos los días de recolección, durante una semana. Los residuos se clasificaron de acuerdo a las composiciones presentadas en el Marco Conceptual, luego pesados en una balanza con precisión a gramos, y finalmente mediante la media los resultados de cada material se dieron en kg/d y en porcentaje.
- **Cantidades.** Con los resultados de la PPC y la caracterización se estimaron las cantidades a recuperar y a disponer en el relleno sanitario por periodo.

2.2.3. Fase 3. Plan de Manejo Integral

Con los resultados de las dos fases anteriores se formuló un Plan a 15 años, organizado en Programas y Proyectos, con sus costos y respectivos indicadores.

2.2.4. Fase 4. Planta de Manejo Integral de los Residuos Sólidos

Tomando como referente la actual Planta, se formuló a manera de sugerencias y bosquejos las adecuaciones que son necesarias realizar a la actual Planta, para que cumpla con los objetivos propuestos en lo formulado en el Plan de Manejo Integral. Así mismo se sugieren otras alternativas de manejo, que también podrían contribuir al cumplimiento del Plan de Manejo Integral.

3. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO

3.1.1. Administración de los residuos sólidos del municipio de la Argentina Huila

En el municipio de La Argentina los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y residuos sólidos son manejados por la Empresas Públicas de La Argentina Huila EMPUARG, entidad descentralizada. La administración de la EMPUARG está compuesta por un Gerente, un Secretario Auxiliar Contable, un Contador Público, un Revisor Fiscal y un Asesor.

Para el manejo de los residuos sólidos el Municipio cuenta con una planta de tratamiento, la cual es administrada directamente por la EMPUARG; el Gerente de la misma es el encargado de la administración y toma de decisiones en todos los aspectos.

3.1.2. Residuos sólidos del municipio de la Argentina

Los residuos sólidos que se generan en la cabecera municipal y el centro poblado del Pensil del municipio de La Argentina son en un gran porcentaje residuos orgánicos derivados de su actividad económica predominante la agricultura y ganadería. Los principales generadores de residuos sólidos son las viviendas, la galería municipal, la E.S.E hospital Juan Ramón Núñez Palacios, las instituciones educativas, las entidades gubernamentales y el comercio. Todos los residuos antes mencionados son dispuestos en la planta de tratamiento a excepción de los residuos hospitalarios los cuales son recolectados cada 15 días por la empresa SERVIAMBIENTAL y transportados a Neiva donde son incinerados. De los residuos sólidos generados en el centro poblado del Pensil, solamente los residuos inorgánicos son recolectados y dispuestos en la planta de tratamiento.

3.1.3. Manejo de los residuos sólidos generados en las viviendas

La EMPUARG se ha propuesto como una de sus políticas la separación en la fuente, para lo cual ha desarrollado campañas de educación y controla sus resultados mediante la recolección. Los residuos son separados en las viviendas en orgánicos e inorgánicos y sacados al frente de sus casas en cajas de cartón, bolsas plásticas, tulas, costales y canecas de plástico (ver figura 2), donde son recogidos por los operarios de la planta y cargados en el vehículo recolector para después ser transportados hasta la planta de tratamiento.



Figura 2. Recipientes utilizados para sacar los residuos de las viviendas

3.1.4. Recolección de los residuos sólidos

La Recolección y transporte está programada en una ruta que cubre la totalidad del área urbana del municipio, la frecuencia de recolección es de tres veces por semana: lunes, miércoles y jueves; los días lunes y jueves se recolectan los residuos orgánicos, el día miércoles los inorgánicos.

El servicio es realizado por cuatro personas que son las encargadas de la recolección y de todas las actividades requeridas para el manejo de los residuos en la planta. El equipo utilizado para la recolección es una volqueta de 6 metros cúbicos de capacidad en buenas condiciones mecánicas; se realiza a baja velocidad para evitar el derrame de materiales y el levantamiento de partículas de polvo en las vías destapadas y como medida de prevención se evita la sobrecarga del vehículo recolector. (Ver figura 3)

Los residuos especiales identificados son: los de la plaza de mercado por el volumen de residuos resultantes, un funcionario del municipio los recolecta los días lunes en canecas y ese mismo día son recogidos por el carro recolector; los residuos producidos por el matadero municipal son manejados en una planta propia del matadero; y los de los establecimientos educativos, las oficinas públicas y los establecimientos comerciales son tratados como usuarios comunes y corrientes.



Figura 3. Vehículo utilizado para la recolección de los residuos

La administración municipal tiene contratado un funcionario que se encarga del aseo y mantenimiento del parque central, la plaza de mercado y la planta de sacrificio de bovinos y porcinos, este funcionario barre y recolecta los residuos que la comunidad deja abandonados en estos lugares públicos y los deposita en canecas para posteriormente ser recogidos por el vehículo recolector.

Una cantidad muy pequeña de residuos sólidos (metales, cartón, algunas botellas) es recolectada en las viviendas por recicladores que venden en una chatarrería local para posteriormente ser comercializadas en la ciudad de Neiva.

3.1.5. Manejo de los residuos sólidos en la planta

Los residuos sólidos orgánicos recolectados los días lunes y jueves son transportados hasta la planta de tratamiento donde son descargados sobre una rampa de recibo, la cual permite que estos se deslicen hacia un mesón de separación en el cual los operarios se encargan de seleccionar, clasificar y almacenar los residuos inorgánicos que lleguen. Los residuos orgánicos son transportados en buggies hasta el sitio destinado para realizar el compostaje.

Los residuos sólidos inorgánicos recolectados el día miércoles son descargados en la rampa de recibo donde una vez hayan pasado al mesón de separación, se separan los residuos orgánicos que hayan llegado los cuales son transportados a las pilas de compostaje. Los residuos inorgánicos son separados, clasificados y almacenados para posteriormente ser transportados hasta la ciudad de Neiva donde son comercializados.

El material inservible recolectado en estos tres días es empacado en tulas y transportado hasta biorganicos del Páez en la ciudad de la Plata Huila, el cual los recibe y dispone en un relleno sanitario a cambio de un pago económico por kilogramo que realiza la EMPUARG.

3.1.6. Cantidad de residuos sólidos

A pesar de realizar separación en la fuente, a la planta de tratamiento los residuos llegan mezclados. Los días lunes en promedio se recolecta una volquetada de orgánicos, el miércoles seis volquetadas de inorgánicos y el jueves media volquetada de orgánicos. De los orgánicos un 15% va a disposición a cielo abierto para su descomposición, un 84% va a las pilas de compostaje y un 1% de inorgánicos inservibles va para Biorgánicos del Páez; de los inorgánicos, el 5% se recicla (cartón limpio, metales, latas de cerveza y botellas de vidrio de valor) y el 95% restante los inservibles (pañales desechables, cartón contaminado, vidrio, tarros plásticos, colchones y ropa vieja) va para Biorgánicos del Páez.

La cantidad de residuos orgánicos semanales equivalen a un promedio en peso de 2250 kilogramos y el de inorgánicos a 4200 kilogramos para un total de 6450 kg/semana y 920 kg/día. La producción per cápita sería de 0.21 kg/hab-día y en promedio 0.78 kg/usuario-día.

Del total de residuos sólidos recolectados en peso el 35% son orgánicos y el 65% son inorgánicos. De los 320 kg/día de orgánicos 48 kg (5% del total de residuos) se disponen a cielo abierto, 269 kg (29% del total de residuos) va para compostaje y 3 kg (1% del total de residuos) son inorgánicos inservibles y van para Biorgánicos del Páez. De los 600 kg/día de inorgánicos 30 kg (3% del total de residuos) se reciclan y 570 kg (62 % del total de residuos) son inorgánicos inservibles y van para Biorgánicos del Páez. La tabla 9 resume la producción diaria de residuos sólidos del municipio de La Argentina.

La cabecera municipal de La Argentina cuenta con 4387 habitantes (2011) y 1176 usuarios del servicio de recolección de residuos sólidos, con una cobertura del 100%.

Tabla 9. Producción de residuos sólidos del municipio de La Argentina

Descripción	Unidades	Valor	%
Producción per cápita	Kg/hab-d	0.21	
Producción por usuario	Kg/usuario-d	0.78	
Producción total residuos	Kg/d	920	100
Producción total residuos orgánicos	Kg/d	320	35
Residuos orgánicos compostados	Kg/d	269	29
Residuos orgánicos dispuestos a cielo abierto	Kg/d	48	5
Residuos inorgánicos	Kg/d	3	1
Producción total residuos inorgánicos	Kg/d	600	65
Residuos inorgánicos reciclados	Kg/d	30	3
Residuos inorgánicos inservibles	Kg/d	570	62

3.1.7. Caracterización de los residuos sólidos

De los residuos sólidos del municipio de La Argentina, no se han realizado caracterizaciones. De la información recolectada se puede deducir que la parte inorgánica conforma el mayor porcentaje y los principales materiales son: pañales desechables, vidrio, madera, cartón, plásticos y metales.

3.1.8. Planta de residuos sólidos

La planta de tratamiento de residuos sólidos está ubicada en la finca Casa Loma en la vereda de Pescador con un área de 7 hectáreas de las cuales las instalaciones ocupan 1.5 hectáreas, distante a 3 kilómetros del casco urbano, dos kilómetros por la vía al municipio de La Plata pavimentados y se desvía un kilómetro a la derecha sin pavimentar.

El terreno que ocupa la planta es relativamente plano, considerándose adecuado para este fin, el cerramiento es en alambre de púas que permite el ingreso de animales; por no realizarle mantenimiento periódico presenta mal aspecto.

La planta está compuesta de un broche para su ingreso, una rampa de recibo, un mesón de separación, alberca de lavado, un cobertizo para compostaje y cuatro camas para lombricultivo, un cobertizo cuya mitad es utilizado para el manejo del material reciclado y la otra mitad para almacenamiento del compost, una bodega para almacenamiento de material reciclado y una casa de habitación.

La rampa de recibo tiene 8 metros de largo por 3 de ancho, construida en concreto, columnas de madera y techo en zinc; ahí llegan los residuos una vez son recolectados y transportados. (Ver figura 4)



Figura 4. Rampa y cobertizo para almacenamiento del compost y material reciclado

El mesón de separación mide 1.3 metros de largo por 3 de ancho con una altura de 80 centímetros, es el lugar donde se seleccionan, separan y clasifican los diferentes materiales que componen los residuos sólidos, para ser distribuidos en el lugar destinado para cada uno de ellos. Una alberca para lavar material inorgánico de 1 metro de largo por 3 metros de ancho. Construidos en un cobertizo con columnas y piso en concreto, estructura del techo en madera y tejas de zinc.

El cobertizo para compostaje y las camas para lombricultivo, tiene 15.5 metros de largo por 6 metros de ancho y 2.5 metros de altura, construido con columnas y piso en concreto, estructura del techo en madera y tejas de zinc. Las camas para lombricultivo, están construidas en ladrillo, con dimensiones de 3 metros de largo por 1 metro de ancho y 80 centímetros de altura.

EL cobertizo cuya mitad es utilizada para el manejo del material reciclado y la otra mitad para almacenamiento del compost, tiene 15.5 metros de largo por 6 metros de ancho y 2.5 metros de altura, construido con columnas y piso en concreto, estructura del techo en madera y tejas de zinc. Ver figura 4
La bodega para almacenamiento de material reciclado, tiene dimensiones de 6 metros de largo por 5 metros de ancho, construida con paredes en ladrillo, piso en concreto y techo de eternit.

La figura 5 presenta un esquema de la distribución de las diferentes estructuras que componen la planta de tratamiento y la figura 6 un Diagrama de flujo de las diferentes actividades realizadas en el manejo de los residuos sólidos del municipio de La Argentina.

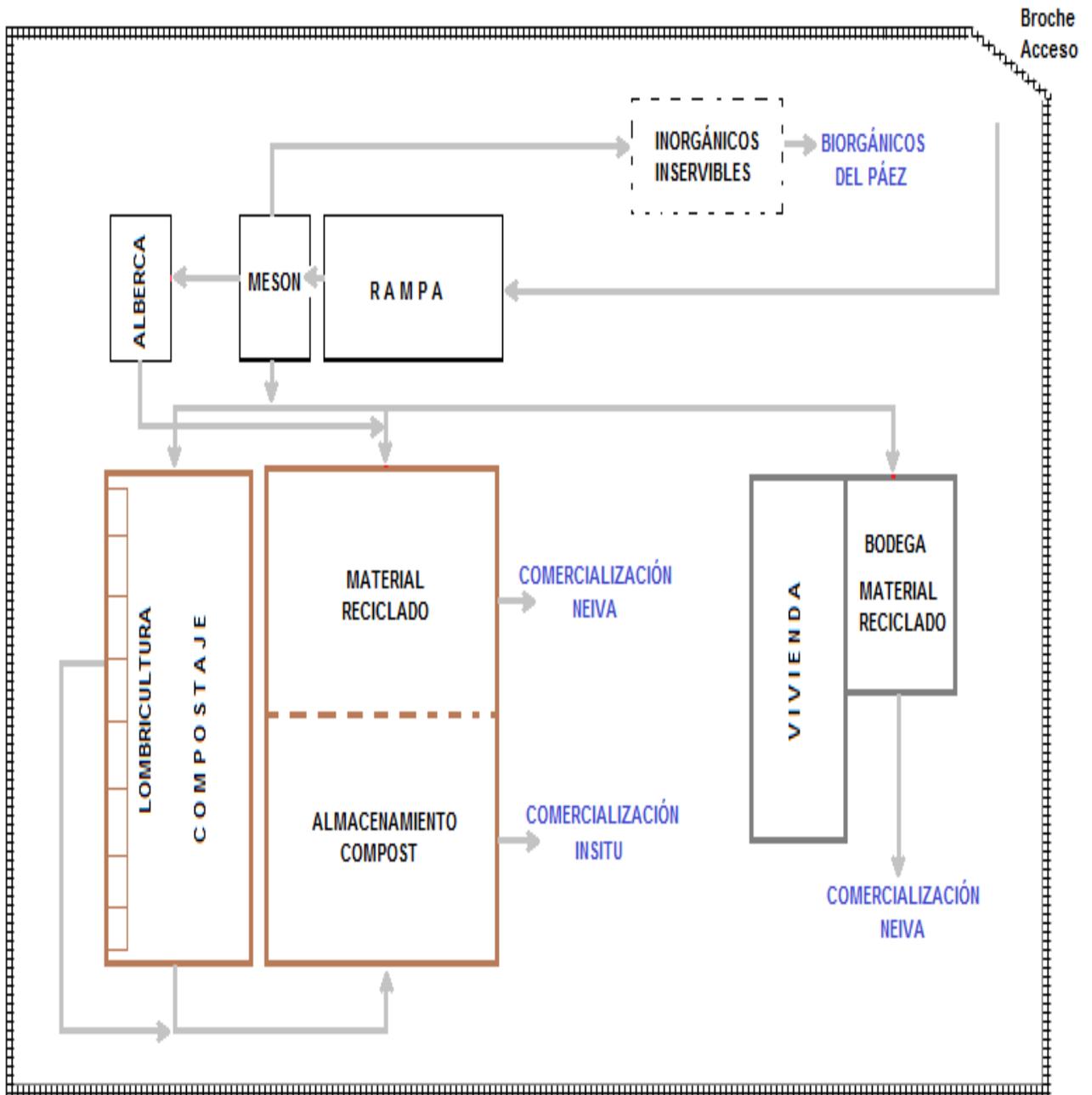


Figura 5. Esquema distribución componentes de la planta de tratamiento

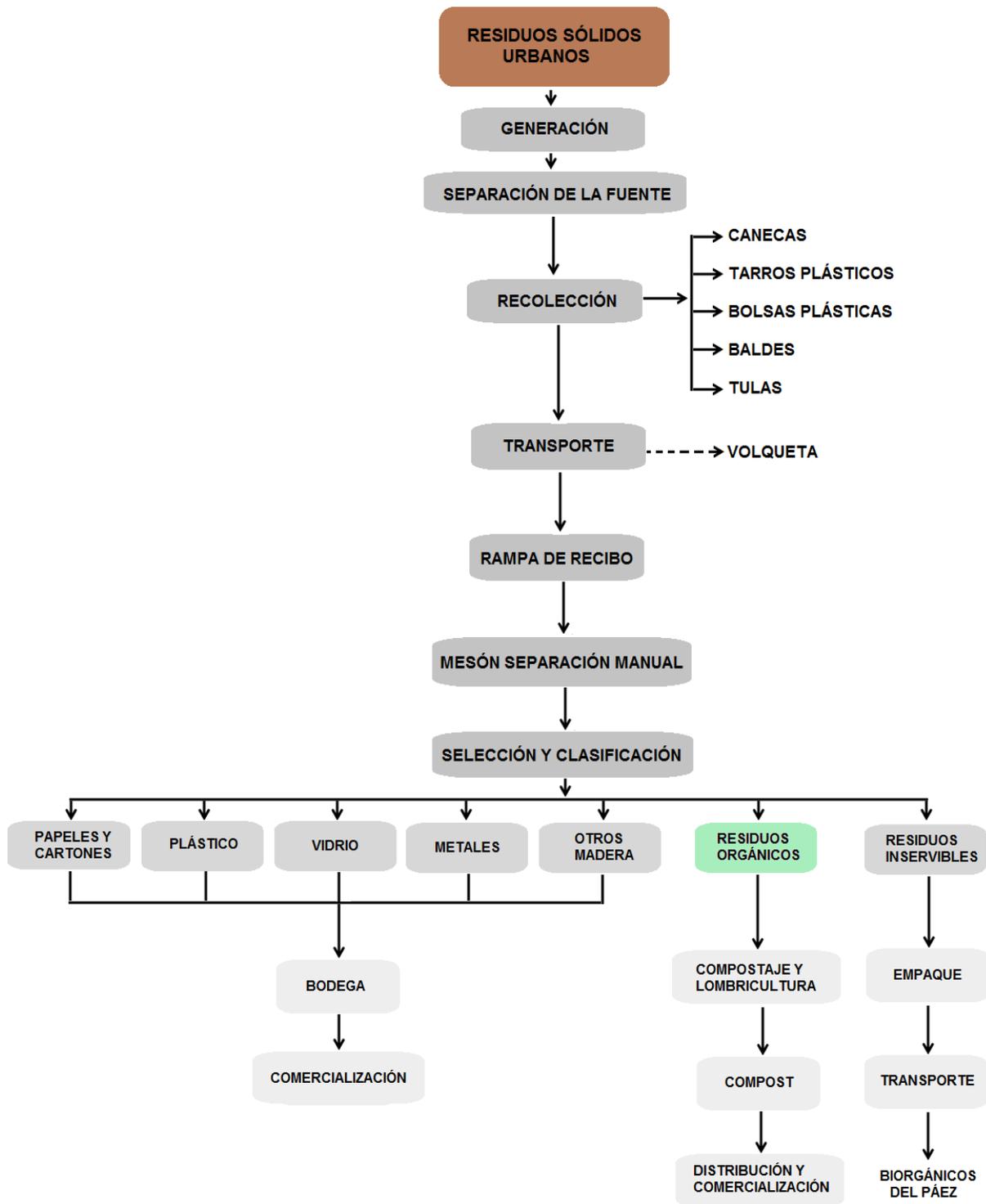


Figura 6. Diagrama de flujo del manejo de los residuos sólidos

3.1.9. Destino y disposición final de los subproductos

El material inorgánico inservible es enviado a Biorgánicos del Páez, el material recuperado mediante el reciclaje es comercializado en la ciudad de Neiva, el biocompost la mayor parte es donado a grupos organizados de campesinos y la otra parte vendida a particulares. No se llevan registros de cantidades de residuos sólidos recuperados mediante el reciclaje, ni del compost producido.

3.1.10. Apreciación del manejo de los residuos sólidos

- EMPUARG. Según funcionarios, recolectores y operarios de la planta, el servicio es bueno; pero se debe realizar campañas de capacitación a los usuarios en los temas separación en la fuente, uso de recipientes adecuados, sacar a tiempo los residuos a la calle; evitar sobrecargas en la volqueta durante la recolección para no derramar desperdicios; realizar un encerramiento del lote de la planta en malla eslabonada, arborizar los alrededores de la planta con arboles aromáticos, rediseñar la rampa, mejorar el control de vectores, controlar los malos olores para solucionar las constantes quejas de la comunidad vecina a la planta; mejorar las labores administrativas de la planta y capacitar a los operarios.
- Usuarios. Las apreciaciones de los usuarios sobre el manejo de los residuos sólidos es buena. Sin embargo los habitantes cercanos a la planta se quejan de malos olores y la extracción de material por parte de animales.
- Autor del proyecto. No se realiza una adecuada separación en la fuente, se utilizan recipientes inadecuados para sacar los residuos a la calle, la volqueta no es un vehículo adecuado para la recolección de residuos sólidos. El encerramiento de la planta en alambre de púas no es el adecuado; no cuenta con báscula para el pesaje de la volqueta recolectora a la entrada y a la salida, ni prensa para el material reciclado, el encerramiento y la puerta de ingreso no son apropiados. En general las estructuras que componen la planta están en un deficiente estado, las camas para realizar el lombricultivo no están operando. El aspecto general de la planta no es agradable, no se realiza un mantenimiento periódico a las estructuras y a los terrenos adyacentes, hay acumulación de inservibles, se están disponiendo algunos residuos a cielo abierto, se observa presencia de gallinazos, ratones, cucarachas y moscas. Falta una estructura administrativa que permita el mejor funcionamiento de la planta y no se cuenta con una oficina en la planta que permita llevar registros y archivos de los residuos sólidos recibidos y de los subproductos de los procesos, no se realizan capacitaciones a los operarios y a los usuarios.

3.2. CALCULOS E INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN

3.2.1. Población

El municipio de La Argentina se ha convertido en un centro comercial, de acopio y turístico lo que hace prever un aumento significativo de la población en los próximos años. Para este estudio se considera un crecimiento geométrico de la población y para su cálculo se utiliza para los próximos 15 años la siguiente expresión:

$$Pf = Pa (1+r)^n$$

Pf = Población futura

Pa = Población actual = 4387 (año 2011)

r = Tasa de crecimiento = 2.3% anual

n = Año de la población futura

Los resultados de los cálculos de población se resumen en la tabla 10.

Tabla 10. Proyección población cabecera municipal de La Argentina

Año	Población	Año	Población
2011	4387	2020	5384
2013	4591	2021	5508
2014	4697	2022	5635
2015	4805	2023	5765
2016	4916	2024	5898
2017	5029	2025	6034
2018	5145	2026	6173
2019	5263	2027	6315

Nota. El año 2011 se tomó como referencia

3.2.2. Producción per cápita proyectada

Realizado el muestreo, el promedio de la producción per cápita de residuos sólidos en la cabecera municipal es de 0.31 kg/hab/d para el año 2011. Al aumentar la población, la producción per cápita también debe aumentar; para este estudio se considero un aumento del 1% anual en la cantidad de residuos sólidos producidos. La tabla 11 resume los cálculos del aumento de la producción per cápita en los próximos 15 años.

Tabla 11. Proyección producción per cápita (Kg/hab-d) de residuos sólidos

Año	PPC	Año	PPC
2011	0.310	2020	0.337
2013	0.316	2021	0.340
2014	0.319	2022	0.343
2015	0.322	2023	0.346
2016	0.325	2024	0.349
2017	0.328	2025	0.352
2018	0.331	2026	0.355
2019	0.334	2027	0.359

Nota. El año 2011 se tomó como referencia

3.2.3. Producción total de residuos sólidos proyectada

Para el cálculo de la producción total unitaria (Kg/d), se utilizó la siguiente expresión:

$$PT_u = N^{\circ} \text{ hab} \times \text{PPC}$$

PT_u = Producción total unitaria (Kg/d).

La tabla 12 resume los cálculos de producción total unitaria de residuos sólidos proyectada a 15 años.

Tabla 12. Proyección producción total unitaria (Kg/d) de residuos sólidos

Año	PT_u	Año	PT_u
2011	1360	2020	1814
2013	1451	2021	1873
2014	1498	2022	1933
2015	1547	2023	1995
2016	1598	2024	2058
2017	1650	2025	2124
2018	1703	2026	2191
2019	1758	2027	2267

Nota. El año 2011 se tomó como referencia

3.2.4. Caracterización de residuos sólidos

De acuerdo al muestreo realizado en la planta de tratamiento de residuos sólidos (año 2011) a una muestra de 10 kilogramos se obtuvo en promedio la caracterización que aparece en la tabla 13.

Tabla 13. Caracterización de los residuos sólidos del Municipio de la Argentina Huila

Residuos	kg	% en peso
Residuos alimenticios	8.630	86.30
Otros (madera)	0.031	0.31
SUBTOTAL RSO	8.661	86.61
Papel y cartón	0.060	0.60
Vidrio	0.160	1.60
Plástico	0.550	5.50
Metales	0.030	0.30
SUBTOTAL RSIR	0.800	8.00
RSII	0.539	5.39
TOTAL	10.00	100.00

RSO = Residuos sólidos orgánicos (factibles de compostaje o lombricultura).

RSIR = Residuos sólidos inorgánicos reciclables (factibles de recuperar).

RSII = Residuos sólidos inorgánicos inservibles (a disponer en relleno sanitario).

De acuerdo a los resultados obtenidos para el año 2011 de los residuos sólidos producidos en la cabecera municipal de La Argentina el 87 % son orgánicos y el 13% son inorgánicos de los cuales el 8% son reciclables y el 5% es material inservible. Sin embargo se prevé que estos porcentajes cambiaran en el tiempo de acuerdo a la aceptación por parte de los usuarios de nuevos productos industrializados; para el presente estudio se adoptó una disminución anual de un 1% para los residuos orgánicos y un aumento del 1% anual para los inorgánicos reciclables y mantener constante el 5% de inorgánicos inservibles. La tabla 14 resume los cálculos de la proyección a 15 años de los residuos orgánicos e inorgánicos.

Tabla 14. Proyección del porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos

Año	% RSO	% RSIR	% RSII
2011	87	8	5
2013	85	10	5
2014	84	11	5
2015	83	12	5
2016	82	13	5
2017	81	14	5
2018	80	15	5
2019	79	16	5
2020	78	17	5
2021	77	18	5
2022	76	19	5
2023	75	20	5
2024	74	21	5
2025	73	22	5
2026	72	23	5
2027	71	24	5

Nota. El año 2011 se tomó como referencia

3.2.5. Proyección de cantidades en peso (kg/d) de residuos orgánicos e inorgánicos

Para los cálculos se utilizaron las siguientes formulas:

$$PRO_U = PT_U \times \%RSO \quad PRIR_U = PT_U \times \%RSIR \quad PRIU = PT_U \times \%RSII$$

PRO_U = Producción de residuos orgánicos unitario (Kg/d)

$PRIR_U$ = Producción de residuos inorgánicos reciclables unitario (Kg/d)

$PRIU$ = Producción de residuos inorgánicos inservibles unitario (Kg/d)

La tabla 15 resume los cálculos de las cantidades en peso de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos reciclables e inservibles.

Tabla 15. Proyección de cantidades (Kg/d) de residuos orgánicos e inorgánicos

Año	PRO_U	PRIR_U	PRIU
2011	1183	109	68
2013	1233	145	73
2014	1258	165	75
2015	1284	186	77
2016	1310	208	80
2017	1337	232	83
2018	1362	255	85
2019	1389	281	88
2020	1415	308	91
2021	1442	337	94
2022	1469	367	97
2023	1496	399	100
2024	1523	432	103
2025	1551	467	106
2026	1578	504	110
2027	1610	544	114

Nota. El año 2011 se tomó como referencia

3.3. PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

3.3.1. Conceptualización del plan

Los Residuos Sólidos tradicionalmente se han considerado BASURAS, de las cuales nos debemos deshacer y tirar lejos, su disposición final no nos interesa por cuanto no nos perjudica inmediatamente. Su resultado es la disposición en las afueras de los centros poblados a cielo abierto, en fuentes superficiales de agua, en rellenos sanitarios con deficiencias técnicas en su construcción y manejo o en plantas de manejo integral que no cumplen eficientemente la función para la cual se construyen; contaminando las aguas

superficiales, subterráneas y los suelos, causando deterioro del paisaje y produciendo malos olores y siendo la causa de múltiples enfermedades producidas directamente o transmitida a través de vectores generados por los mismos residuos.

El Proyecto propone como premisa que los Residuos Sólidos no son Basuras sino RESIDUOS que deben ser nuevamente aprovechados. La naturaleza para nuestra supervivencia nos provee una serie de recursos, los cuales utilizamos unos de forma directa y a otros les realizamos algunas transformaciones y después de aprovecharlos, una parte de ellos devolvemos en forma de residuos. La idea es devolver a la naturaleza esos residuos de la forma más parecida posible a su forma original, minimizando así la contaminación. La Figura 7 representa en esquema la concepción tradicional, la actual y la propuesta por el proyecto.

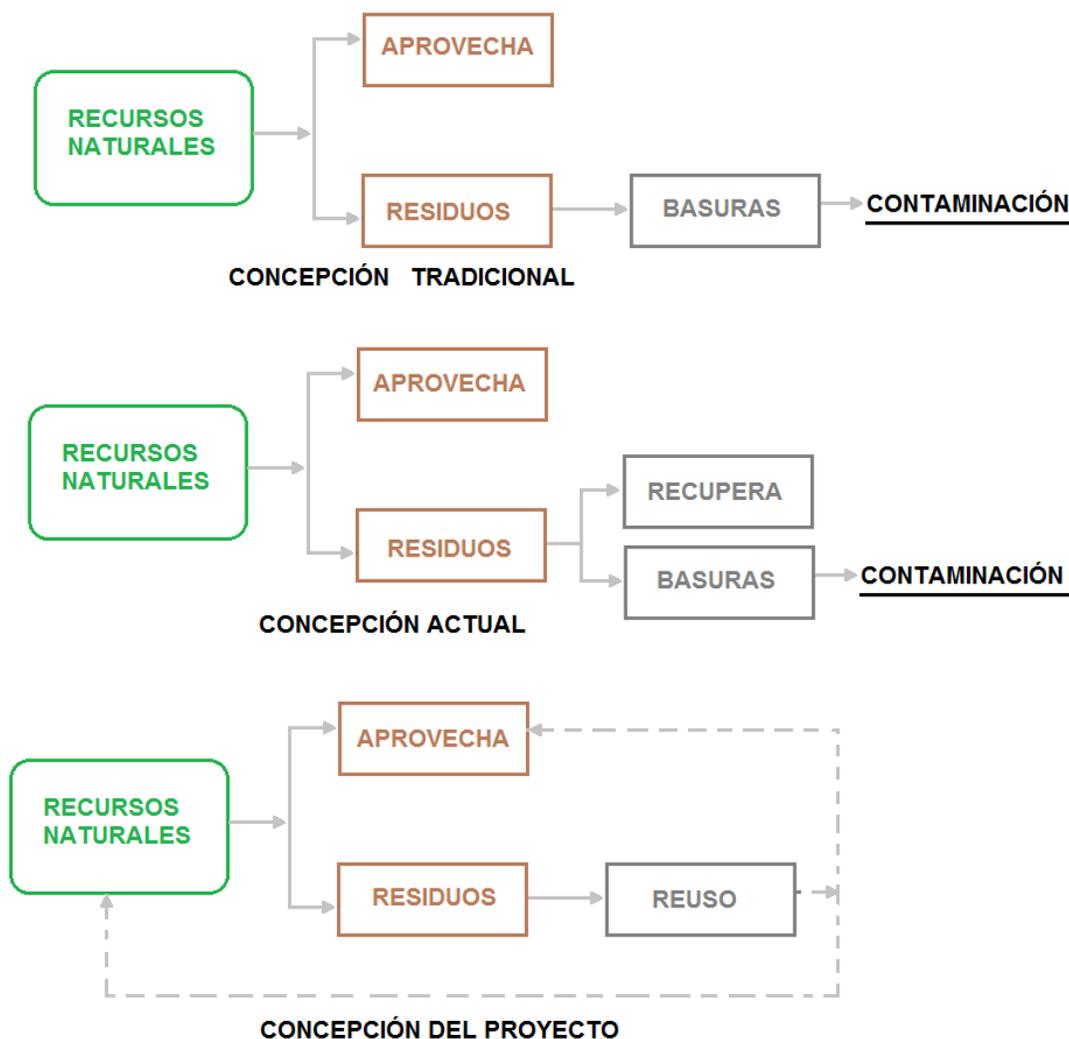


Figura 7. Concepciones sobre los residuos sólidos

Para viabilizar la concepción planteada para el proyecto se requiere desarrollar conjuntamente una serie de medidas que se pueden resumir en el siguiente esquema (figura 8):



Figura 8. Serie de medidas concepción del proyecto

Así mismo, se considera como un principio el planteamiento, que el problema es global y la solución es local, que implica el compromiso de dar solución al problema de los residuos sólidos en los lugares donde se generan y minimizar su transporte a la planta de tratamiento.

Lograr lo propuesto en el anterior esquema es algo muy difícil por cuanto choca con la cultura dominante, podría decirse que el 50% del problema es cultural y se resolvería mediante el cambio de hábitos y costumbres y el otro 50% mediante ajustes tecnológicos.

Sin embargo, no se puede desconocer que la población está aumentando y por lo tanto las cantidades de residuos sólidos, así mismo que cada día la industria produce nuevos productos que generan residuos cada vez más difíciles de manejar.

Las medidas que se propongan en el Plan deben ser a largo plazo y deben contemplar la capacitación, la adaptación y generación de nuevas tecnologías.

3.3.2. Estructura del plan

Con la implementación del Plan de Manejo Integral de los Residuos Sólidos del municipio de La Argentina, se pretende cumplir con la normatividad vigente de los ministerios del Medio Ambiente y Salud, y participar efectivamente en el Programa del Gobierno Departamental “Huila sin Basuras”. Su propósito fundamental es contribuir a la conservación del medio ambiente y a la preservación de la salud pública, de tal manera que contribuya al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de La Argentina.

El Plan se denominará “La Argentina sin Basuras” y tendrá como Objetivo General: Minimizar gradualmente en el tiempo los volúmenes de basuras producto de los residuos sólidos que se generan en el municipio de La Argentina Huila.

Y como objetivos específicos:

- Prevenir gradualmente en el tiempo la generación de residuos sólidos.
- Reducir gradualmente en el tiempo la generación de residuos sólidos.
- Reutilizar gradualmente en el tiempo los residuos sólidos que se generen.

Como indicador general del Plan se propone: volúmenes y porcentaje de residuos aprovechados en el tiempo y su efectividad se mide si estos indicadores aumentan.

El Plan está proyectado a 15 años (2013 - 2027) y considera proyectos y actividades a corto plazo (5 años: 2013 - 2018), mediano plazo (10 años: 2018 - 2023) y largo plazo (15 años: 2023 - 2027). Partiendo de la situación encontrada en el diagnóstico se propone en los 15 años llegar a la situación proyectada para el año 2027 en la tabla 14. La tabla 16 presenta las metas propuestas para el Plan.

Tabla 16. Metas proyectadas para el cumplimiento del Plan

Residuos	% año 2011	% corto plazo	% mediano plazo	% largo plazo
- Orgánicos.	35	50	60	71
- Inorgánicos Reciclables.	3	10	18	24
- Inorgánicos Inservibles.	62	45	20	5

En forma general para el cumplimiento de las metas inicialmente se propone el reuso de los orgánicos e inorgánicos reciclables y la disposición en rellenos de los inorgánicos inservibles. Para los residuos orgánicos se propone el compostaje y la lombricultura, para los residuos inorgánicos reciclables creación de empresas las cuales les den un valor agregado.

El Plan se desarrollará mediante Programas, Proyectos y Actividades; se contempla que sea dinámico en el tiempo, se evalúe y ajuste cada dos años; los Programas permanezcan en el tiempo, aparezcan nuevos Proyectos y se generen múltiples actividades.

En la práctica se propone Actividades pequeñas desarrolladas por la comunidad que conlleven a Actividades más grandes y al cumplimiento de los Proyectos; así como a la implementación de pequeños proyectos demostrativos.

3.3.3. Programas y proyectos que conforman el plan

En la tabla 17 se presentan los Programas y Proyectos que se proponen para estructurar el Plan de Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Municipio de La Argentina.

Tabla 17. Programas y Proyectos del Plan de Manejo Integral de los Residuos Sólidos

Programas	Proyectos
Educación	Sensibilización de la comunidad Manejo de los residuos sólidos Prevención y reducción
Desarrollo Institucional	Estructura Administrativa Políticas de manejo de los residuos sólidos Registros y sistematización
Ciencia e Innovación	Convenios con Instituciones Educativas Desarrollo de proyectos en Colegios Utilización de subproductos
Ajustes Tecnológicos	Separación en la fuente Recolección de los residuos Rediseño de la Planta de Tratamiento
Desarrollo Empresarial	Empresa de Artesanías Cooperativa de reciclaje Empresa de Ecoplásticos

3.3.4. Descripción de los proyectos

En las tablas 18, 19 y 20 se describen los proyectos del Programa: Educación; en las tablas 21, 22 y 23 se describen los proyectos del Programa: Desarrollo Institucional; en las tablas 24, 25 y 26 se describen los proyectos del Programa: Ciencia e Innovación; en las tablas 27, 28 y 29 se describen los proyectos del Programa: Ajustes Tecnológicos; en las tablas 30, 31 y 32 se describen los proyectos del Programa: Desarrollo Empresarial

- Proyectos del Programa EDUCACION

Tabla 18. Proyecto: SENSIBILIZACION DE LA COMUNIDAD

Objetivo: Lograr la organización de la comunidad y su participación en los diferentes proyectos de residuos sólidos

Actividades: .Talleres sobre organización y participación comunitaria .Talleres sobre problemática ambiental y de salud .Talleres sobre propuestas de solución a la problemática	Indicadores: . Número de talleres . Número de participantes . Documentos escritos con propuestas
Participantes: . Comunidad . SENA	Responsable: . EMPUARG
Plazo: Corto	Valor: \$ 20.000.000.oo

Tabla 19. Proyecto: MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Objetivo: Capacitar a la comunidad en temas relacionados con residuos sólidos y su manejo

Actividades: . Formación de líderes en el tema . Capacitación a los docentes de Instituciones Educativas . Capacitación a los operarios de la Planta	Indicadores: . Número de lideres . Número de docentes capacitados . Número de certificados de capacitación
Participantes: . Comunidad . Docentes . Operarios	Responsable: . EMPUARG
Plazo: Corto	Valor: \$ 50.000.000.oo

Tabla 20. Proyecto: PREVENCION Y REDUCCION

Objetivo: Lograr que la comunidad juegue un papel importante en el manejo de los residuos sólidos

Actividades: . Talleres sobre Prevención . Talleres sobre Reducción . Talleres sobre propuestas de Prevención y Reducción	Indicadores: . Número de talleres . Número de participantes . Documentos escritos con propuestas
Participantes: . Comunidad . SENA . EMPUARG	Responsable: . EMPUARG
Plazo: Corto	Valor: \$ 20.000.000.oo

- Proyectos del Programa DESARROLLO INSTITUCIONAL

Tabla 21. Proyecto: ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

Objetivo: Proponer la Estructura administrativa requerida para la ejecución del Plan	
Actividades:	Indicadores:
. Visita a municipios modelo	. Número de visitas e informes
. Talleres sobre Estructura Administrativa	. Propuesta de Estructura Administrativa
. Talleres sobre Funciones	. Propuesta de Manual de Funciones
Participantes:	Responsable:
. Gobierno Municipal	. Alcaldía Municipal
. EMPUARG	. EMPUARG
. Asesores	
Plazo: Corto	Valor: \$ 20.000.000.00

Tabla 22. Proyecto: POLITICAS DE MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Objetivo: Elaborar políticas del manejo de residuos sólidos acordes al Plan	
Actividades:	Indicadores:
. Visita a Municipios modelo	. Número de visitas e informes
. Talleres sobre elaboración de Políticas	. Propuesta de Políticas
. Elaboración de Acuerdos y Decretos	. Numero de Acuerdos y Decretos
Participantes:	Responsable:
. Gobierno Municipal	. Alcaldía
. Consejo Municipal	. EMPUARG
. EMPUARG	
Plazo: Corto	Valor: \$ 15.000.000.00

Tabla 23. Proyecto: REGISTROS Y SISTEMATIZACION

Objetivo: Elaborar la información requerida para el manejo de los residuos sólidos y el control de la ejecución del Plan	
Actividades:	Indicadores:
. Calculo de volúmenes y caracterización anual	. Registros de volúmenes y caracterizaciones
. Control de volúmenes recolectados	. Registros de volúmenes recolectados
. Control de volúmenes de orgánicos e inorgánicos	. Registros de residuos en peso
. Compra de equipos	. Número y tipo de equipos
Participantes:	Responsable:
. EMPUARG	. EMPUARG
Plazo: Corto	Valor: \$ 20.000.000.00

- Proyectos del Programa CIENCIA E INNOVACION

Tabla 24. Proyecto: CONVENIOS CON INSTITUCIONES EDUCATIVAS

Objetivo: Vincular Instituciones Educativas de nivel superior para la generación de conocimiento	
Actividades:	Indicadores:
. Elaboración de convenios	. Número de convenios
. Realización de pasantías de estudiantes	. Número de pasantías
. Realización de trabajos de grado	. Número de proyectos de grado
Participantes:	Responsable:
. Universidad Surcolombiana	. Alcaldía Municipal
. Universidad del Cauca	. EMPUARG
. SENA	
Plazo: Corto , mediano y largo	Valor: \$ 200.000.000.oo

Tabla 25. Proyecto: DESARROLLO DE PROYECTOS EN COLEGIOS

Objetivo: Elaborar propuestas sobre reuso y el desarrollo de las mismas en las escuelas y colegios del Municipio	
Actividades:	Indicadores:
. Elaboración de propuestas sobre reuso	. Número de propuestas
. Elaboración de huertas demostrativas	. Número y tipo de huertas
. Inventos con material reciclado	. Número de inventos
Participantes:	Responsable:
. Instituciones Educativas	. Instituciones Educativas
. Docentes	. Alcaldía Municipal
. Estudiantes	. EMPUARG
Plazo: Corto, mediano y largo	Valor: \$ 100.000.000.oo

Tabla 26. Proyecto: UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS

Objetivo: Reutilizar los orgánicos inservibles de los residuos sólidos	
Actividades:	Indicadores:
. Reutilización del papel y cartón	. Número de productos
. Reutilización de los plásticos	. Número de productos
. Reutilización de los metales	. Número de productos
Participantes:	Responsable:
. Comunidad organizada	. EMPUARG
. Pasantes	
Plazo: Corto, mediano y largo	Valor: \$ 50.000.000.oo

- Proyectos del Programa AJUSTES TECNOLOGICOS

Tabla 27. Proyecto: SEPARACION EN LA FUENTE

Objetivo: Lograr una adecuada separación en la fuente que permita cumplir con los objetivos del Plan	
Actividades:	Indicadores:
. Capacitación a la comunidad	. Número de personas capacitadas
. Donación de recipientes	. Número de recipientes donados
. Proyectos demostrativos focalizados	. Número de proyectos
. Control de las actividades de separación en la fuente	. Número de usuarios que cumplen
Participantes:	Responsable:
. Comunidad	. Comunidad
. Alcaldía Municipal	. Alcaldía Municipal
. EMPUARG	. EMPUARG
Plazo: Corto	Valor: \$ 100.000.000.00

Tabla 28. Proyecto: RECOLECCION DE LOS RESIDUOS

Objetivo: Optimizar las labores de recolección	
Actividades:	Indicadores:
. Capacitación de la comunidad	. Número de personas capacitadas
. Rediseño de rutas de recolección	. Propuesta de nueva ruta
. Compra de vehículo apropiado	. Vehículo adquirido
Participantes:	Responsable:
. Comunidad	. Comunidad
. Alcaldía Municipal	. Alcaldía Municipal
. EMPUARG	. EMPUARG
Plazo: Corto	Valor: \$ 250.000.000.00

Tabla 29. Proyecto: REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Objetivo: Rediseñar la Planta de tratamiento existente para que cumpla con los objetivos del Plan	
Actividades:	Indicadores:
. Elaboración de Diagnostico	. Diagnostico
. Elaboración de Diseño	. Memorias, planos y presupuesto
. Construcción	. Obras realizadas
Participantes:	Responsable:
. Alcaldía Municipal	. Alcaldía Municipal
. EMPUARG	. EMPUARG
. Profesionales Especializados	. Profesionales Especializados
Plazo: Corto y mediano	Valor: \$ 300.000.000.00

- Proyectos del Programa DESARROLLO EMPRESARIAL

Tabla 30. Proyecto: EMPRESA DE ARTESANIAS

Objetivo: Creación de empresas que transformen los residuos inorgánicos en artesanías	
Actividades:	Indicadores:
<ul style="list-style-type: none"> . Capacitación empresarial . Organización de empresas . Comercialización de los productos 	<ul style="list-style-type: none"> . Número de personas capacitadas . Número de empresas organizadas . Número de canales de comercialización
Participantes:	Responsable:
<ul style="list-style-type: none"> . Grupos y personas organizadas . Alcaldía Municipal . EMPUARG 	<ul style="list-style-type: none"> . Comunidad . Alcaldía Municipal . EMPUARG
Plazo: Corto y mediano	Valor: \$ 20.000.000.00

Tabla 31. Proyecto: COOPERATIVA DE RECICLAJE

Objetivo: Creación de cooperativas para el reciclaje de inorgánicos	
Actividades:	Indicadores:
<ul style="list-style-type: none"> . Capacitación de grupos organizados . Creación de cooperativas . Comercialización de los productos 	<ul style="list-style-type: none"> . Número de grupos capacitados . Numero de cooperativas . Número de canales de comercialización
Participantes:	Responsable:
<ul style="list-style-type: none"> . Grupos organizados . Alcaldía Municipal . EMPUARG 	<ul style="list-style-type: none"> . Grupos organizados . Alcaldía Municipal . EMPUARG
Plazo: Corto	Valor: \$ 10.000.000.00

Tabla 32. Proyecto: EMPRESA DE ECOPLASTICOS

Objetivo: Creación de una empresa que transforme los plásticos de los residuos sólidos en productos	
Actividades:	Indicadores:
<ul style="list-style-type: none"> . Capacitación empresarial . Capacitación en manejo de plásticos . Comercialización de los productos 	<ul style="list-style-type: none"> . Empresa creada . Numero de productos a elaborar . Número de canales de comercialización
Participantes:	Responsable:
<ul style="list-style-type: none"> . Compañía de máximo tres personas . Alcaldía Municipal . EMPUARG 	<ul style="list-style-type: none"> . Compañía de máximo tres personas . Alcaldía Municipal . EMPUARG
Plazo: Corto	Valor: \$ 30.000.000.00

El valor total del Plan de Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Municipio de La Argentina Huila propuesto para realizarse en un periodo de 15 años es de mil doscientos cinco millones de pesos (\$ 1.205.000.000.00). La financiación del Plan está prevista con recursos propios del Municipio y EMPUARG, recursos gestionados ante la Gobernación del Huila, Regalías, Gobierno Nacional a través de Planeación Nacional, mediante proyectos conjuntos con entidades internacionales y ONG's.

3.4. PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El Municipio de la Argentina cuenta actualmente con una Planta de Manejo de Residuos Sólidos, la cual dispone de una infraestructura para su manejo, que se encuentra en estado deficiente. Así mismo las actividades requeridas para el tratamiento de los residuos en la Planta no es el adecuado.

Sin embargo, el Plan contempla la utilización del lote y la infraestructura existente y el aprovechamiento al máximo de la misma, la cual debe irse adecuando de acuerdo a lo planteado en el Plan de Manejo Integral propuesto y que debe quedar plasmado en el rediseño.

Es necesario tener en cuenta que en el transcurso del tiempo cada vez llegaran menos residuos sólidos inorgánicos reciclables a la Planta, por cuanto estos serán aprovechados en la cabecera municipal; de igual manera los residuos inorgánicos inservibles en el tiempo, serán menores en cantidad trayendo como consecuencia cada vez menos volúmenes a enviar a Biorgánicos del Páez. Los residuos orgánicos que llegaran a la Planta serán cada vez mayores en cantidad, teniéndose previsto su manejo el compostaje y la lombricultura y su producción una parte comercializada y la otra utilizada en una granja experimental que se montará en el lote no utilizado actualmente de la finca Casa Loma.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Municipio de La Argentina cuenta con una Planta para el Manejo de los Residuos Sólidos de la cabecera municipal, que tiene deficiencias en sus instalaciones y en el manejo de los residuos.

Para que el Plan de Manejo Integral propuesto sea viable, es necesario realizar adecuadamente la separación en la fuente, reutilizar lo reciclable y compostar los residuos orgánicos.

Para la viabilidad del Plan es necesario la participación y capacitación de la comunidad y el compromiso de las autoridades municipales y de la empresa EMPUARG.

Para la implementación del Plan se requiere desarrollar los Programas, Proyectos y Actividades propuestos en este estudio. El Plan debe ser evaluado y ajustado cada dos años.

Para el rediseño de la actual Planta de Manejo de los Residuos Sólidos se requiere tener en cuenta los objetivos y propósitos del Plan.

La comunidad en general debe participar activamente en todas las actividades propuestas en el Plan, por cuanto es la generadora del problema y por lo tanto debe participar en la solución en el sitio donde se genera.

Se deben establecer propuestas de manejo en los que se aplique el principio de responsabilidad compartida de los diferentes sectores involucrados y estimular la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible y ambientalmente eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

- ACODAL, 2001. Curso taller manejo de residuos sólidos. Cali, Colombia.
- ACOSTA Luz Elena, BRAND Héctor, 1992. Lombricultura, La alternativa ecológica para el futuro. SENA. Bogotá D.C.
- ARAUJO Ancisar, GONZALEZ Lucy, ROMERO Jorge, 1998. Sistema de Manejo de los Residuos Sólidos del Municipio de San Gil, Santander. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- CANO Agnes, TIRADO Liliana, 1991. Aprovechamiento integral de la lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) en obtención de fertilizante orgánico y harina para dieta de mojarra plateada. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva
- CANTANHEDE Álvaro, SANDOVAL Leandro, 2000. Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. División de salud y Agencia Española de cooperación internacional. Ecuador.
- CASTRO Merizalde Boroshilov, 1993. Manejo de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Quito, Ecuador. CEPIS. Lima.
- FIERRO Gama, Carlos A. 2009. Potencial económico de los residuos sólidos urbanos generados en el municipio de Neiva. Trabajo de grado. Especialización en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva.
- GIRALDO Eugenio, 1999. Manejo Integrado de Residuos Sólidos Municipales, Saberlo Hacer. Editado por el Ministerio del Medio Ambiente, Universidad de los Andes. Bogotá D.C.
- JALK Erica, ORTIZ Misael y VALDERRAMA Eduardo, 2006. Plan de gestión integral de los residuos sólidos del municipio de Campoalegre Huila. Trabajo de grado. Especialización en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva.
- JARAMILLO Jorge, 2002. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios. Organización Mundial de la salud. Universidad de Antioquia. Medellín.
- MANRIQUE Carlos y GUERRERO Peregrino, 1991. Diseño de disposición final de basuras para el Municipio de Garzón Huila. Trabajo de Grado. Ingeniería Agrícola. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana. Neiva.

Ministerio del Medio Ambiente, 1996. Guía Ambiental rellenos sanitarios. Bogotá D.C.

ROA Javier y SALOMON María, 1998. Potencial económico del aprovechamiento de los desechos sólidos municipal, reciclaje, compostación y lombricultura, el caso Neiva. Trabajo de grado. Especialización en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana. Neiva.

Diagnóstico del Manejo de los Residuos Sólidos del municipio de La Argentina, Huila

Diagnosis of Management of Municipal Solid Waste Argentina, Huila

Eduardo Valencia Granada ¹ y Jesús Fernando Rincón González ²

Resumen

El presente artículo contiene los resultados de un diagnóstico del manejo de los residuos sólidos del Municipio de La Argentina Huila, para lo cual se recolectó información en diferentes entidades, con la comunidad y visitas a la Planta de Tratamiento referente al manejo de los residuos sólidos, se realizaron muestreos para determinar producciones per cápita y caracterización de los residuos. Como resultado se obtuvo para una población de 4387 habitantes de la cabecera municipal y cobertura del 100%, una generación de 1360 Kg/d; la deficiente selección en la fuente y manejo de los residuos en la Planta trae como consecuencia altos volúmenes de residuos sólidos inorgánicos que a altos costos deben ser enviados a Biorgánicos del Páez (La Plata Huila) para su disposición en rellenos sanitarios y que porcentajes bajos de residuos orgánicos son compostados. Así mismo que las instalaciones de la Planta de Tratamiento se encuentran en mal estado y con deficiencias en el manejo de los residuos. La producción per cápita calculada fue de 0.31 Kg/hab-d y la caracterización arrojó como resultados 87% de orgánicos que pueden ser manejados mediante compostaje y lombricultura, 8% de inorgánicos reciclables y solamente 5% de inorgánicos inservibles que deben ser dispuestos en rellenos sanitarios; demostrando que con capacitación a la comunidad y a los operarios, así como una debida separación en la fuente, los residuos sólidos se pueden convertir en recursos.

Palabras clave: residuos sólidos; diagnostico; planta de tratamiento.

Abstract

This article contains the results of a diagnosis of solid waste management in the municipality of La Argentina Huila, for which data were collected in different institutions, the community and visits to the Treatment Plant concerning the management of solid waste were sampled to determine per capita production and waste characterization. The result was a population of 4387 inhabitants of the municipal and 100% coverage, a generation of 1360 kg/d, the poor selection at source and waste management at the plant results in high volumes of solid waste inorganic high costs should be sent to bioorganic of Paez (La Plata, Huila) for disposal in landfills and low percentages of organic waste are composted. Also the facilities of the treatment plant are in poor condition and deficiencies in the management of waste. The calculated per capita production was 0.31 kg/cap-d and characterization results showed as 87% organic can be managed through composting and vermiculture, 8% of inorganic recyclable and only 5% of inorganic unusable must be disposed of in landfills health, demonstrating that training to the community and workers, as well as a proper source separation, solid waste can be converted into resources.

Keywords: solid waste; diagnosis; treatment plant.

¹ M.Sc. Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Carrera 55 No. 11 A-31 casa 2 Cali, Valle del Cauca. eduvale@usco.edu.co

² Ingeniero Agrícola. Calle 5 No. 1-07 La Argentina, Huila. frutivillamelania@yahoo.es

1. Introducción

Residuo sólido se denomina a cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud. (Jaramillo, 2002)

Los Residuos Sólidos municipales de no ser apropiadamente manejados pueden convertirse en un problema de salud pública y una fuente de contaminación ambiental. El hecho de que exista en los Residuos Sólidos una alta concentración de material orgánico, que se pudre con facilidad, es una de las principales causas de contaminación ambiental. Los impactos sobre la salud pública están ligados especialmente a la presencia de desechos infecciosos contaminados y a la presencia de sustancias tóxicas; y a la posibilidad de que los desechos mismos sirvan para la reproducción de insectos y animales transmisores de enfermedades como las moscas, mosquitos y ratas. (Giraldo, 1999). La tabla 1 presenta la composición promedio de los residuos sólidos en Colombia y la tabla 2 la producción per cápita PPC para algunas ciudades de Colombia.

Tabla 1. Composición de los Residuos Sólidos a nivel nacional (%)

Componente	Medellín	Cali	Bogotá	Cartagena	Aguazul
Papel, cartón	18.0	7.87	18.29	10.30	16.10
Vidrio, cerámica	3.0	1.64	4.62	2.00	7.56
Metales	5.0	0.14	1.64	3.50	0.75
Plásticos, caucho	7.0	2.60	14.19	10.30	8.83
Cueros	0,8	-	1.76	1.10	-
Madera	-	1.40	3.06	3.20	1.83
Textiles	-	0.80	3.82	1.43	2.26
Vegetales putrescibles	57.0 8.0	82.36 3.20	52.31 0.30	64.40 3.77	58.87 0.77
Ladrillos, cenizas					

Fuente: Giraldo, 1999.

Tabla 2. Producción per cápita de Residuos algunas ciudades de Colombia

Ciudad	Departamento	PPC (Kg/hab - d)
Bogotá	Distrito Capital	0.74
Mosquera	Cundinamarca	1.00
Medellín	Antioquia	0.65
Cali	Valle	0.77
Buenaventura	Valle	0.96
Barranquilla	Atlantico	0.92
Cartagena	Bolivar	0.93
Santa Marta	Magdalena	1.10
Libano	Tolima	0.55
Aguazul	Casanare	0.53

Fuente: Giraldo, 1999.

El manejo integral de los residuos sólidos es el proceso por medio del cual los elementos y materiales usados o de desecho se convierten en materia prima para la fabricación de nuevos productos, obteniendo menor cantidad de basuras y así disminuimos la contaminación del medio ambiente y el deterioro de los recursos naturales. (Cantanhede et al, 2000)

Muchas veces, sin embargo, el manejo integrado de los residuos sólidos aunque tenga programas de separación y recuperación, y/o incineración, siempre debe haber un sitio de disposición final de los residuos, el relleno sanitario. (Castro, 1993).

Existe la posibilidad de hacer separación en la fuente a diferentes niveles como casa, oficina, comercio, industria y en diferentes fracciones, como residuos vegetales, papel, vidrios, metales, etc. para dejar el resto de la separación en una estación especializada. (Manrique et al, 1991)

Reciclaje, es el procedimiento por el cual las basuras se separan, recogen, se clasifican y se almacenan para finalmente ser reincorporadas como materia prima al ciclo productivo. (Giraldo, 1999)

El compostaje, es la descomposición controlada por acción biológica de los desechos orgánicos sólidos y que origina un producto denominado *COMPOST*; que es estable sin generación de malos olores, no deja vectores y es seguro como acondicionador de suelos. (Castro, 1993).

Existen diferentes tipos de compost, uno se obtiene partiendo únicamente de basura biodegradable y el otro se produce con una mezcla entre la basura degradada y excrementos de animales; ambos pueden ser utilizados para cultivar Lombriz de tierra, la que del mismo modo provee un lombricompost o humus de superior calidad. (Acosta et al, 1992)

En un estudio sobre el potencial económico de los residuos sólidos de la ciudad de Neiva - Huila, se encontró que es posible recuperar entre el 80 - 85% del total de los residuos, de los cuales el mayor porcentaje mediante los procesos de compostaje y lombricultura generan un producto que puede ser utilizado para la recuperación de suelos y disminución del proceso de desertización y pérdida de fertilidad de los suelos, al mejorar sus propiedades físicas; y otra parte mediante el reciclaje, permite incorporar a las industrias materia prima a bajos precios y con menor gasto energético para su obtención. Así mismo que la producción per cápita de residuos sólidos en la ciudad de Neiva es de 0.58 kg/hab-d con Humedad en Base Húmeda del 46.27%, y la caracterización que aparece en la Tabla 6 (Roa et al, 1998). La tabla 3 presenta el porcentaje de los residuos sólidos que pueden ser aprovechados en la ciudad de Neiva.

Tabla 3. Residuos sólidos aprovechables de la ciudad Neiva

Material	Porcentaje (% en peso)
Residuos orgánicos	75.91
Residuos inservibles (basura muerta)	19.08
Residuos comerciables (reciclaje)	5.01
Vidrio	1.55
Polímeros	0.59
Papel y cartón	1.97
Metales	0.40
Cauchos y Textiles	0.49

Fuente: Fierro, 2009.

En el Plan de Gestión Integral de los residuos sólidos del Municipio de Campoalegre Huila, en la caracterización de los residuos se encontró que la materia orgánica aprovechable representa el 58.7%, el papel y el cartón 14.25%, el plástico 11.2%, otros residuos aprovechables como el cuero y el metal entre otros un 7.87% y el vidrio un 5.8%; También se pudo establecer que el Municipio de Campoalegre es el segundo productor de residuos sólidos en la zona norte del Departamento del Huila. (Jalk et al, 2006).

El presente artículo presenta los resultados de un diagnóstico realizado al manejo de los residuos sólidos del municipio de La Argentina Huila contemplando la generación, transporte, manejo en la planta de tratamiento, disposición y destino de los subproductos; sus resultados pueden ser utilizados para desarrollar actividades tendientes al mejoramiento del manejo de los residuos sólidos del Municipio de La Argentina.

2. Metodología

2.1 Localización

El municipio de La Argentina está ubicado a 1560 msnm en la zona sur occidente del Departamento del Huila, posee una extensión de 324.8 Km²; limita por el norte y oriente con los municipios de: La Plata, Pital, Agrado, Tarqui, Salado Blanco y Oporapa y por el sur occidente con el departamento del Cauca. Su vía de acceso desde la capital departamental tiene una extensión de 184 Km se encuentra pavimentada hasta el municipio de la Plata, quedando 25 km sin pavimentar hasta el área urbana del Municipio.

La Empresa de Servicios Públicos EMPUARG, es la encargada de prestar los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. La cabecera municipal cuenta con planta de tratamiento de agua potable PTAP, planta de tratamiento de aguas residuales PTAR y con Planta para el Manejo de los Residuos Sólidos.

La planta de tratamiento de residuos sólidos está ubicada en la finca Casa Loma en la vereda de Pescador con un área de 7 hectáreas de las cuales las instalaciones ocupan 1.5 hectáreas, distante a 3 kilómetros del casco urbano, dos kilómetros por la vía al municipio de La Plata pavimentados y se desvía un kilómetro a la derecha sin pavimentar.

2.2 Métodos

Fase 1. Recolección de información

Mediante visitas a la EMPUARG para conocer la Estructura Administrativa, datos de cobertura, número de usuarios, planeación y prestación del servicio; visitas a la Planta de Tratamiento de residuos sólidos, para conocer in situ el manejo de los residuos desde la llegada a la Planta hasta su disposición final, cantidades y caracterización de los residuos sólidos, producción per cápita, subproductos producidos y su destino final.

Fase 2. Manejo de los residuos sólidos en las viviendas y recolección de los mismos

Mediante visita a una muestra de 10 viviendas para conocer in situ, la disposición de los residuos sólidos dentro de las viviendas y la forma como son sacados a las calles para su recolección; y Seguimiento durante una semana a los carros recolectores y otros, para conocer in situ la forma como son recolectados y transportados los residuos sólidos desde las viviendas hasta la Planta u otros sitios.

Fase 3. Determinación de cantidades y caracterización

La determinación de la producción per cápita PPC (kg/hab-d) mediante el pesaje diario de los residuos sólidos sacados a la calle de una muestra de 10 viviendas durante una semana; los residuos de cada casa se pesaron en una balanza con precisión a gramos y finalmente se sacó el promedio. La caracterización, se realizó en la Planta,

mediante la toma aleatoria de una muestra de 10 kg de los residuos entregados en la rampa, durante una semana; los residuos se clasificaron de acuerdo a las composiciones presentadas en el Marco Conceptual, luego se pesaron en una balanza con precisión a gramos, y finalmente se calculó el promedio. Las cantidades se calcularon con los resultados de la PPC y la caracterización, se estimaron las cantidades a recuperar y a disponer en el relleno sanitario por periodo.

3. Resultados y Discusión

En el municipio de La Argentina el manejo de los residuos sólidos está a cargo de la Empresa de Servicios Públicos de La Argentina EMPUARG, entidad descentralizada; el Gerente de la misma es el encargado de la administración y toma de decisiones en todos los aspectos. La cabecera municipal de La Argentina cuenta con 4387 habitantes (2011) y 1176 usuarios del servicio de recolección de residuos sólidos, con una cobertura del 100%.

Los residuos sólidos son separados en las viviendas en orgánicos e inorgánicos y sacados al frente de sus casas en cajas de cartón, bolsas plásticas, tulas, costales y canecas de plástico, son recogidos y cargados en el vehículo recolector para después ser transportados hasta la planta de tratamiento. Para el mejoramiento de la separación en la fuente se debe capacitar a la comunidad y realizar la separación en dos recipientes plásticos diferenciados por color y regularizar el sacado a la calle para su recolección.

La recolección y transporte de los residuos, están programados en una ruta que cubre la totalidad del área urbana del municipio, la frecuencia es de tres veces por semana: los días lunes y jueves se recolectan los residuos orgánicos y el día miércoles los inorgánicos. El servicio es realizado por cuatro operarios que son los encargados de la recolección y además de todas las actividades requeridas para el manejo de los residuos en la Planta. El equipo utilizado para la recolección es una volqueta de 6 metros cúbicos de capacidad en buenas condiciones mecánicas; se realiza a baja velocidad para evitar el derrame de materiales y como medida de prevención se evita la sobrecarga del vehículo recolector.

Para mejorar el servicio de recolección es indispensable que la EMPUARG adquiera un vehículo apropiado para esta labor, dotar de implementos de seguridad a los operarios y controlar la debida separación en la fuente y la sacada oportuna de los residuos a la calle.

Los residuos sólidos son transportados hasta la Planta de Tratamiento donde son descargados sobre una rampa de recibo, la cual permite que estos se deslicen hacia un mesón de separación en el cual los operarios se encargan de seleccionar, clasificar y almacenar los residuos. Los orgánicos son transportados hasta el cobertizo de compostaje. Los inorgánicos reciclables son almacenados para posteriormente ser transportados hasta la ciudad de Neiva donde se comercializan. Los inorgánicos inservibles son enviados a Biorgánicos del Páez en la ciudad de la Plata, el cual los dispone en un relleno sanitario a cambio de una retribución económica que realiza la EMPUARG. De los subproductos producidos en la Planta, el material recuperado mediante el reciclaje es comercializado en la ciudad de Neiva, el biocompost la mayor parte es donado a grupos organizados de campesinos y la otra parte vendida a particulares.

Del manejo de los residuos sólidos no se lleva ningún registro, ni de las cantidades producidas, ni de las cantidades recuperadas mediante el reciclaje, ni del compost producido, ni de las cantidades enviadas a Biorgánicos del Páez.

El terreno que ocupa la Planta es relativamente plano considerándose adecuado para este fin, tiene 7 ha de las cuales 1.5 son utilizadas por las instalaciones; el cerramiento es en alambre de púas que permite el ingreso de animales, por no realizarle mantenimiento periódico presenta mal aspecto. La planta está compuesta de un broche para el ingreso del vehículo recolector, una rampa de recibo, un mesón de separación, una alberca de lavado de materiales, un cobertizo para compostaje con cuatro camas para lombricultura, un cobertizo cuya mitad es utilizado

para el manejo del material reciclado y la otra mitad para almacenamiento del compost, una bodega para almacenamiento de material reciclado y una casa de habitación.

Las estructuras de la Planta están construidas en pisos y columnas de concreto, estructuras del techo en madera y techadas con tejas de zinc; se encuentran deterioradas y por la acumulación de residuos inservibles algunas de estas estructuras no están operando.

Para el mejoramiento de la Planta es necesario, realizar un encerramiento del lote con malla eslabonada, arborizar los alrededores de la planta con arboles aromáticos, instalar un portón de ingreso y una báscula para el pesaje de la volqueta recolectora, rediseñar la rampa, reparar los cobertizos y las camas para lombricultura, instalar una prensa para el material a reciclar, mejorar el control de vectores y los malos olores. Construir una oficina para la administración, elaborar y sistematizar registros, capacitar a los operarios.

La información recolectada en la Planta de Tratamiento sobre las cantidades de residuos sólidos se resume en la tabla 4.

Tabla 4. Producción de residuos sólidos de La Argentina (con datos de la Planta)

Descripción	Unidades	Valor	%
Producción per cápita	Kg/hab-d	0.21	
Producción por usuario	Kg/usuario-d	0.78	
Producción total residuos	Kg/d	920	100
Producción total residuos orgánicos	Kg/d	320	35
Residuos orgánicos compostados	Kg/d	269	29
Residuos orgánicos dispuestos a cielo abierto	Kg/d	48	5
Residuos inorgánicos	Kg/d	3	1
Producción total residuos inorgánicos	Kg/d	600	65
Residuos inorgánicos reciclados	Kg/d	30	3
Residuos inorgánicos inservibles	Kg/d	570	62

Realizado el muestreo, el promedio de la producción per cápita de residuos sólidos en la cabecera municipal es de 0.31 kg/hab/d para el año 2011. Este valor difiere significativamente del reportado por la Planta de 0.21 Kg/hab-d. Los cálculos de producción de residuos sólidos proyectados a 15 años, se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Proyección producción total PT (Kg/d) de residuos sólidos.

Año	PT	Año	PT
2011	1360	2019	1758
2012	1405	2020	1814
2013	1451	2021	1873
2014	1498	2022	1933
2015	1547	2023	1995
2016	1598	2024	2058
2017	1650	2025	2124
2018	1703	2026	2191

De acuerdo al muestreo realizado en la planta de tratamiento de residuos sólidos (año 2011) a una muestra de 10 kilogramos se obtuvo en promedio la caracterización que aparece en la tabla 6.

Tabla 6. Caracterización de los residuos sólidos del Municipio de la Argentina Huila

Residuos	kg	% en peso
Residuos alimenticios	8.630	86.30
Otros (madera)	0.031	0.31
SUBTOTAL RSO	8.661	86.61
Papel y cartón	0.060	0.60
Vidrio	0.160	1.60
Plástico	0.550	5.50
Metales	0.030	0.30
SUBTOTAL RSIR	0.800	8.00
RSII	0.539	5.39
TOTAL	10.00	100.00

RSO = Residuos sólidos orgánicos (factibles de compostaje o lombricultura).

RSIR = Residuos sólidos inorgánicos reciclables (factibles de recuperar).

RSII = Residuos sólidos inorgánicos inservibles (a disponer en relleno sanitario).

Los valores obtenidos de 87% de orgánicos difieren significativamente de los reportados por la Planta de 35%, así mismo los valores de inorgánicos de 13% respecto al reportado por la Planta del 65%; de lo cual puede deducirse que existen serias deficiencias en la separación en la fuente y en la selección y clasificación en la Planta y trae consigo el problema actual de las grandes cantidades de residuos inservibles que deben ser enviados a Biorregeneración del Páez y que por su acumulación en la Planta ocasiona traumatismo en algunas labores que se deben realizar en la Planta.

La tabla 7 resume los cálculos de las cantidades en peso de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos reciclables e inservibles proyectado a un periodo de 15 años.

Tabla 7. Proyección de cantidades (Kg/d) de residuos orgánicos e inorgánicos

Año	PRO	PRIR	PRII
2011	1183	109	68
2012	1209	126	70
2013	1233	145	73
2014	1258	165	75
2015	1284	186	77
2016	1310	208	80
2017	1337	232	83
2018	1362	255	85
2019	1389	281	88
2020	1415	308	91
2021	1442	337	94
2022	1469	367	97
2023	1496	399	100
2024	1523	432	103
2025	1551	467	106
2026	1578	504	110

PROU = Producción de residuos orgánicos unitario (Kg/d)

PRIR = Producción de residuos inorgánicos reciclables unitario (Kg/d)

PRII = Producción de residuos inorgánicos inservibles unitario (Kg/d)

De los resultados de la tabla 7 se puede deducir que los residuos tanto orgánicos como inorgánicos aumentan con el tiempo y si no se adoptan medidas de manejo integral se convierte en un problema insostenible económico, social y ambiental en el tiempo. Los orgánicos que son los generados en mayor cantidad, pueden ser manejados mediante el compostaje y la lombricultura, obteniéndose como producto biocompost y lombricompost que puede ser comercializado como mejorador de suelos reemplazando agroquímicos. Los inorgánicos reciclables pueden ser separados y comercializados para incorporarlos nuevamente a ciclos productivos o generar empresas que generen nuevos productos. Los inorgánicos inservibles deben ser dispuestos en rellenos sanitarios, o realizar estudios para su aprovechamiento y así disminuir sus cantidades a disponer en los rellenos.

4. Conclusiones

Los altos porcentajes de residuos inorgánicos inservibles que son enviados a Biorgánicos del Páez son debido a una deficiente separación en la fuente e inadecuada selección en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos. Se recomienda capacitar a la comunidad y dotarla de recipientes adecuados para realizar una debida separación en la fuente.

La Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos presenta deficiencias en sus instalaciones actuales, le faltan algunas instalaciones y equipos básicos, así mismo las labores de manejo de los residuos es deficiente y no se lleva ningún tipo de registros. Se recomienda realizar un rediseño de la Planta.

Los residuos sólidos generados en el municipio de La Argentina que ahora son un problema pueden convertirse en recursos mediante el compostaje de los orgánicos y el reciclaje de los inorgánicos. Se recomienda capacitar a la comunidad y a los operarios en la utilización de los residuos y realizar por parte de la administración municipal esfuerzos que permitan el manejo Integral de los mismos.

5. Referencias Bibliográficas

1. Acosta, L.E. y Brand, H. 1992. Lombricultura, la alternativa ecológica para el futuro. SENA. Bogotá.
2. Cantanhede, Á., Sandoval, L. 2000. Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. División de salud y Agencia Española de cooperación internacional. Ecuador.
3. Castro, M. B. 1993. Manejo de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Quito, Ecuador. CEPIS. Lima.
4. Fierro, C.A. 2009. Potencial económico de los residuos sólidos urbanos generados en el municipio de Neiva. Trabajo de grado. Especialización en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana.
5. Giraldo, E. 1999. Manejo Integrado de Residuos Sólidos Municipales, Saberlo Hacer. Editado por el Ministerio del Medio Ambiente. Universidad de los Andes. Bogotá.
6. Jalk, E, Ortiz, M. y Valderrama, E. 2006. Plan de gestión integral de los residuos sólidos del municipio de Campoalegre Huila. Trabajo de grado. Especialización en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva.
7. Jaramillo, J. 2002. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios. Organización Mundial de la salud. Universidad de Antioquia. Medellín.
8. Manrique, C. y Guerrero, P. 1991. Diseño de disposición final de basuras para el Municipio de Garzón Huila. Trabajo de Grado. Ingeniería Agrícola. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana. Neiva.
9. Roa, J. y Salomon, M. 1998. Potencial económico del aprovechamiento de los desechos sólidos municipal, reciclaje, compostación y lombricultura, el caso Neiva. Trabajo de grado. Especialización en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana. Neiva.