



EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN LA CIUDAD DE MANIZALES

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES.FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA. INGENIERÍA AMBIENTAL



2016

TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN LA CIUDAD
DE MANIZALES**

**KATHERINE MONTOYA CAMARGO & KELLY LIZZETH RONCANCIO
CARDONA.
MAYO 2016**

TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN LA
CIUDAD DE MANIZALES**

**TRABAJO DE GRADO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERAS AMBIENTALES**

PRESENTADO POR:

**KATHERINE MONTOYA CAMARGO & KELLY LIZZETH RONCANCIO
CARDONA.**

***DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO:*
DOC JAVIER MAURICIO NARANJO VASCO**

Ingeniero Química

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
MANIZALES**

2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIAS

A Dios y a nuestras familias...

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestras familias

Por ser nuestro principal apoyo y motivación.

A nuestros maestros

Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional.

Al Ing. Javier Mauricio Naranjo Vasco

Por ser un excelente guía no solo en el desarrollo del presente proyecto, sino durante todo el transcurso de nuestro proceso universitario; además de brindarnos su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de este proyecto de investigación.

A la Universidad Católica Manizales y en especial al Programa de Ingeniería Ambiental

Por permitirnos ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

RESUMEN

Colombia es un país con una economía en crecimiento y esto se ve reflejado tanto en el consumo de energía, materiales y servicios, como en la generación de residuos. Los materiales plásticos son usados en muchas aplicaciones hoy en día debido a sus propiedades físico-químicas y bajo costo. Sin embargo, a lo largo del ciclo de vida de este tipo de materiales se generan unos impactos ambientales negativos tales como producción de gases efecto invernadero y contaminación de suelos y cuerpos de agua por su no biodegradabilidad, entre otros. Para poder entender esta problemática y generar alternativas para su mitigación es importante conocer la cantidad de productos plásticos generados, transformados, consumidos y desechados, para deducir cuáles son las fortalezas y retos de este importante sector de la economía. Al igual es necesario conocer qué programas, tecnologías y políticas se han desarrollado para la valorización y aprovechamiento de los residuos generados. Así se podrá evaluar la viabilidad tecnoeconómica de implementar diversas tecnologías, modelos y políticas que en otros países se han desarrollado con resultados exitosos en la disminución de los impactos ambientales negativos generados por la producción y uso de este tipo de material.

En esta primera fase del proyecto se tomará como caso de estudio la ciudad de Manizales, se evaluará la gestión de los residuos plásticos a través del estudio del tipo de producto plástico más demandado en la ciudad, determinando un estimado de la cantidad de residuos generados de este material y los impactos ambientales que provoca. Finalmente se identificarán los programas, políticas y tecnologías que se han implementado o se implementan actualmente con miras a la disminución de los impactos ambientales negativos.

ABSTRACT

Colombia is a country with a growing economy and this is reflected in the energy consumption, materials and services, and even in the waste generation. Plastic materials are used in many applications today due to their physico-chemical properties and low cost. However, throughout the lifecycle of these materials some negative environmental impacts are generated, such as the production of greenhouse gases and the pollution of soil and bodies of water because of their non-biodegradability, among others. In order to understand this problem and generate alternatives for its mitigation, it is important to know the amount of plastic products produced, processed, consumed and discarded, to infer the strengths and challenges of this important sector of the economy. It's also important to know what programs, technologies and policies have been developed for the recovery and operation of the waste generated. This way, we can evaluate the techno-economic feasibility of implementing various technologies, models and policies that have been developed in other countries with successful results in reducing the negative environmental impacts generated by the production and use of this type of material.

In this first phase of the project, the city of Manizales will be taken as the case study; evaluating the management of plastic waste by studying the type of plastic product with the most demanded in the city, determining an estimate of the amount of waste generated by this material and environmental impacts it causes. Finally, programs, policies and technologies that have been implemented or are currently implemented with a view to reduce the negative environmental impacts will be identified.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO 1	1
CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	8
1.4. OBJETIVOS	9
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
CAPITULO 2.....	10
METODOLOGÍA.....	10
DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGIA	11
2.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE PLÁSTICO	11
2.2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DEL MATERIAL PLÁSTICO SELECCIONADO Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS GENERADOS POR ESTE.	14
2.3. DETERMINACIÓN DE PROGRAMAS, PLANES Y TECNOLOGIAS IMPLEMENTADAS ACTUALMENTE EN LA CIUDAD DE MANIZALES.....	15
CAPITULO 3.....	16
MARCO DE REFERENCIA.....	16
3.1. INCREMENTO DEL USO DEL PLÁSTICO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS	16
3.2. ORIGEN DEL PLÁSTICO.....	17
3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS.....	18
3.4. PRINCIPALES PRODUCTOS PLÁSTICOS	22
3.5. APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS SINTETICOS	26
3.6. RESIDUOS SÓLIDOS	29
3.7. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	30

3.7.1. RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLES	31
3.7.2. RESIDUOS SÓLIDOS NO APROVECHABLES	31
3.8. NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	32
3.9. MUNICIPIO DE MANIZALES	44
3.9.1 ACTORES ENCARGADOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE MANIZALES	47
3.9.1.1 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS CORPOCALDAS ..	47
3.9.1.2 ALCALDÍA DE MANIZALES-SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE.....	49
3.9.1.3 FUNDACIÓN FESCO	50
3.9.1.4 EMPRESA METROPOLITANA DE ASEO EMAS	53
CAPÍTULO 4.....	57
RESULTADOS.....	57
4.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE PLÁSTICO A ESTUDIAR.....	57
4.2. CICLO DE VIDA POLIETILENO TEREFTALATO (PET)	63
4.2.1. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	65
4.2.2. PRODUCCIÓN.....	65
4.2.3. TRANSFORMACIÓN	68
4.2.4. PRODUCCIÓN DE CRUDO EN COLOMBIA.....	70
4.2.5. EMPRESAS PRODUCTORAS Y TRANSFORMADORAS DE PET	71
4.2.6. USOS DEL PET	73
4.2.7. DISPOSICIÓN FINAL DEL PET	75
4.3. IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS GENERADOS DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS PET.....	86
4.3.1. MATERIA PRIMA EMPLEADA	86
4.3.2. PRODUCCIÓN DE PET	93
4.3.3. TRANSPORTE DE PET	95
4.3.4. DISPOSICIÓN FINAL DEL PET	96

4.4. PLANES Y PROGRAMAS APLICADOS EN LA CIUDAD DE MANIZALES	100
4.5. CANTIDAD ESTIMADA DE MATERIAL APROVECHABLE Y APROVECHADO DE PET EN LA CIUDAD DE MANIZALES	107
CAPITULO 5	116
CONCLUSIONES	116
SUGERENCIAS	121
REFERENCIAS.....	122

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Producción Mundial de Plásticos	4
Figura 2 Países con mayor producción de materiales plásticos en el mundo	5
Figura 3 Países con mayor demanda en Europa	6
Figura 4 Proceso Metodologico	11
Figura 5 Formato Registro de Muestreo	13
Figura 6 Clasificación de los Polimeros según su Origen	18
Figura 7 Clasificación de los Polimeros según su Resistencia al Calor	19
Figura 8 Clasificación de los Polimeros según su Biodegradabiliad	21
Figura 9 Estructura molecular del PET	23
Figura 10 Estructura molecular del PEAD	23
Figura 11 Estructura molecular PP	24
Figura 12 Estructura molecular del PS	24
Figura 13 Estructura molecular del PVC	25
Figura 14 Clasificación de los residuos Plásticos	30
Figura 15 Evolución normativa Colombiana sobre Residuos Sólidos.....	32
Figura 16 Ubicación Nacional del Departamento de Caldas	44
Figura 17 Ubicación departamental del Municipio de Manizales	45
Figura 18 Clasificación de residuos sólidos relleno sanitario La Esmeralda.....	54
Figura 19 Relleno Sanitario La Esmeralda Municipio de Manizales	56
Figura 20 Fases Método por Conglomerados	58
Figura 21 Fases del Metodo por Conglomerados Aplicado al caso de Estudio.....	59
Figura 22 Analisis Porcentual de la Unidad Poblacional.....	62
Figura 23 Ciclo de Vida del Producto plástico PET	64
Figura 24 Materias Primas derivadas del Petroleo	65
Figura 25 Obtención de la Resina PET.....	65

Figura 26 Estructura molecular del ácido tereftálico	67
Figura 27 Estructura molecular del Monoetilén Glicol	67
Figura 28 Proceso Producción de PET	69
Figura 29 Usos del PET en la Industria	74
Figura 30 Tipos de Disposición Final del PET	76
Figura 31 Distribución de Municipios por tipo de disposición final 2013	77
Figura 32 Proceso disposición de residuos Relleno La Esmeralda.....	81
Figura 33 Zona de pesaje	83
Figura 34 Franja de Trabajo.....	84
Figura 35 Vista aérea Relleno Sanitario	85
Figura 36 Impactos ambientales negativos fase de extracción de materias primas	92
Figura 37 Impactos ambientales negativos fase de producción del PET	94
Figura 38 Impactos ambientales negativos fase de transporte del PET	95
Figura 39 Impactos ambientales negativos fase de disposición final del PET	99
Figura 40 Proyecto Reciclemos y áreas de intervención	103
Figura 41 Sistema de compra de material recuperado	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Materiales plásticos y su simbología	25
Tabla 2 Principales Aplicaciones de los Plásticos	27
Tabla 3 Conglomerados representados por cadenas de supermercados	58
Tabla 4 Muestra representativa por Conglomerados	60
Tabla 5 Resultados obtenidos por el muestreo	61
Tabla 6 Empresas Productoras de PET	72
Tabla 7 Productos obtenidos de la Pirólisis	106
Tabla 8 Datos generales	109
Tabla 9 Clasificación Centrales de Acopio Manizales	111
Tabla 10 Material aprovechado y comercializado de PET, Año 2014	111
Tabla 11 cantidad de material aprovechado año 2015-2016	113
Tabla 12 Material comprado a la entidad encargada del PGIRS	114

CAPITULO 1

CONTEXTUALIZACIÓN

1.1.INTRODUCCIÓN

Los plásticos le brindan innegables beneficios a la humanidad ya que son un material que debido a su composición, resistencia y durabilidad, proporcionan variadas posibilidades de utilización. Adicionalmente, sus bajos costos de producción con relación a otros materiales conllevan a una extensa oferta de productos plásticos convirtiéndose en un material prácticamente indispensable en el desarrollo de algunas actividades humanas. Sin embargo, el uso intensivo de este material representa un problema ambiental creciente de gran preocupación.

Esta problemática ambiental nace en todo el ciclo de vida de los plásticos desde la producción y materia prima empleada hasta la disposición final. En el proceso de producción se generan gases de efecto invernadero por lo cual se altera significativamente la temperatura de todo el planeta. Esto se debe principalmente a que en los procesos de producción de monómeros, hay altos consumos energéticos, esta demanda de energía depende de la situación local y de si la unidad de polimerización está integrada en un complejo más grande en el cual se disponga de vapor a baja o alta presión (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009). Adicional a esto, el tiempo de descomposición de estos productos es lento debido a que en su mayoría son fabricados con derivados del petróleo, un material no biodegradable, lo que conlleva a que permanezcan de 100 a 1000 años en rellenos sanitarios y cuerpos de agua, perjudicando de una forma negativa la vida de miles de especies. A su vez, durante la fase de disposición final se generan gases como el dióxido de carbono, óxidos de azufre

y de nitrógeno perjudiciales para la atmosfera (ASIPLA , 2010). En los últimos años, la acumulación de residuos plásticos en los sitios de disposición ha aumentado notoriamente, debido a las malas técnicas empleadas para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de estos residuos sólidos. Esta acumulación genera grandes volúmenes de basura que contaminan y afectan la calidad del medio ambiente. Partiendo de dicha premisa, se hace necesario estudiar como las ciudades de Colombia afrontan este tipo de problemáticas. En esta investigación, se tomará como caso de estudio el Municipio de Manizales, identificando cuáles son las entidades encargadas de la gestión de los residuos plásticos y si estas son suficientes para manejar la cantidad de residuos que se generan en la ciudad.

Teniendo en cuenta que para el año 2012, de acuerdo a las cifras presentadas por el CIE (Centro de información y estadística), la población de Manizales es de aproximadamente 391.640 habitantes, y su extensión es de 571,8 km² en el desarrollo de este análisis se estimara la cantidad de residuos plásticos (caso de estudio) generados en la ciudad y se identificarán cuáles son los impactos ambientales negativos que estos generan, de esta manera se concluirá la situación actual frente a los procesos de valorización y disposición final de estos residuos en el Municipio.

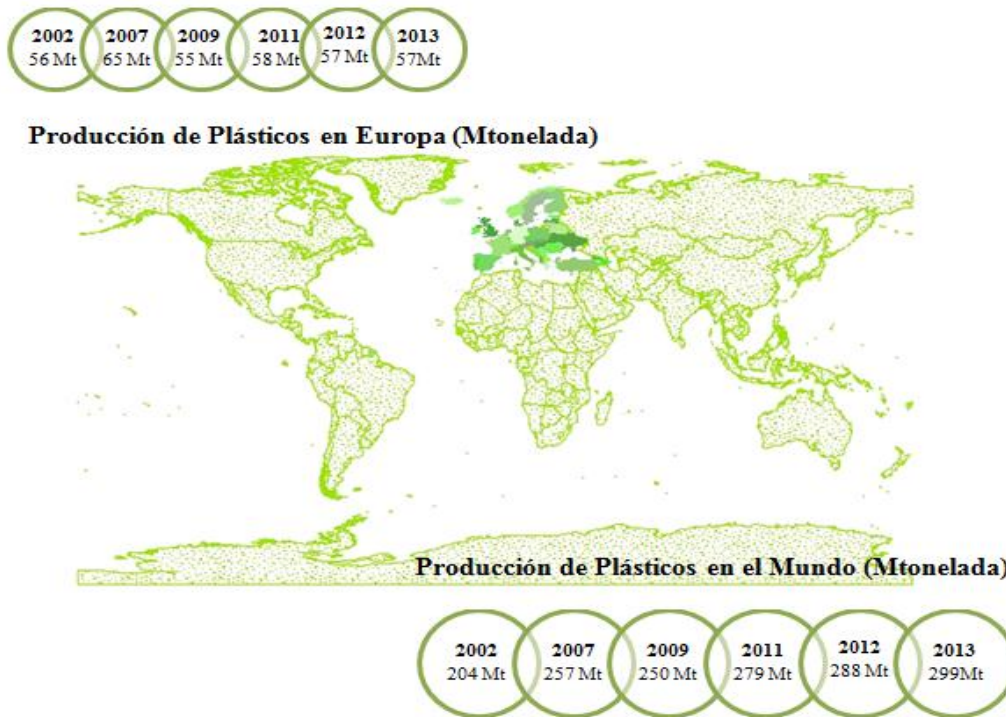
1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El plástico es la tercera aplicación más extendida del petróleo después de la energía y el transporte. Sin embargo los polímeros o plásticos sintéticos derivados del petróleo, llamados también polímeros sintéticos, presentan diferentes problemáticas ambientales a lo largo de su ciclo de vida. Durante su producción consumen gran cantidad de energía, su materia prima es una fuente de carbono no renovable y genera gases de efecto invernadero. Aunque durante su transformación y uso no se tiene muy claros los impactos ambientales generados, es importante determinar cómo las aplicaciones de los plásticos y la cultura de consumo en Colombia impactan el medio ambiente. En la disposición final de estos materiales plásticos se tiene como dificultad el hecho de que no son biodegradables, convirtiéndose en un problema de gestión de residuos sólidos por su acumulación en los centros de disposición final como rellenos sanitarios y botaderos de basura a cielo abierto. Actualmente el plástico es el material de mayor consumo en el mundo (en cuanto a volumen) y sus aplicaciones se han extendido en todos los aspectos de la vida diaria del ser humano. Los países que tienen economías más sólidas como Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y Francia reportan mayor producción y un mayor consumo de estos materiales, y por lo tanto requieren de una gestión adecuada de los residuos.

Según un estudio realizado por la asociación “Plastics Europe” para el periodo 2014-2015, titulado “An analysis of European plastics production, demand and waste data”, la producción de plásticos crece a nivel mundial con un crecimiento continuo durante más de 50 años, de esta forma en 2013 se elevó a 299 millones de toneladas, lo que significa un aumento del 3,9 % en comparación con 2012. En el caso de Europa la

producción de plástico se estabilizó en 2013 después de que el 2009 fue baja y en la actualidad los niveles reales son similares a los alcanzados en el 2002 (Association of Plastics Manufacturers, 2015).

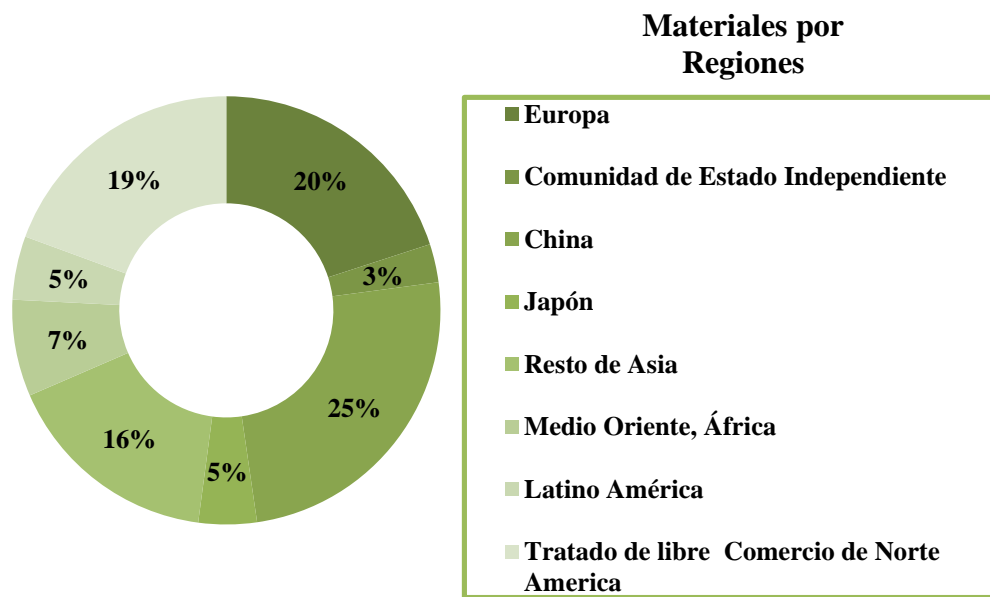
Figura 1 Producción Mundial de Plásticos



Modificado de: Association of Plastics Manufacturers 2015

Este análisis establece que los países con mayor producción de materiales plásticos en el mundo son China y Europa, destacándose la producción de termoplásticos y poliuretanos.

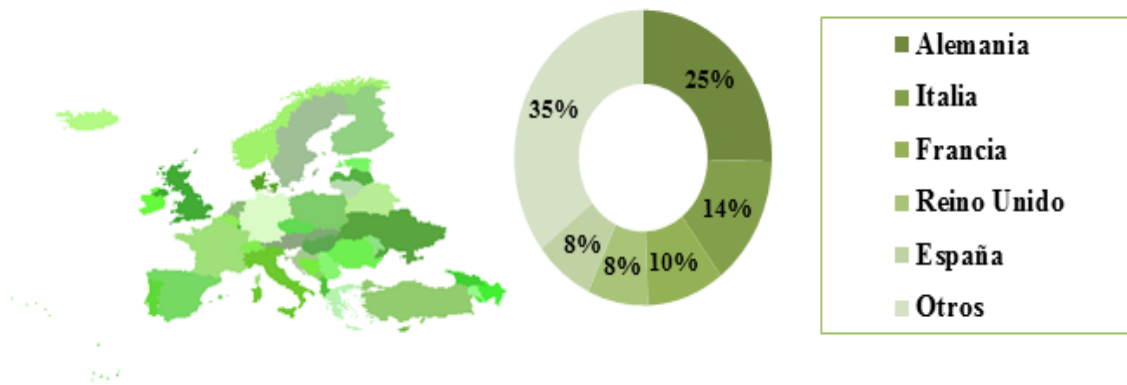
Figura 2 Países con mayor producción de materiales plásticos en el mundo



Modificado de: Association of Plastics Manufacturers 2015

A su vez dos tercios de la demanda de plásticos en Europa se concentra en cinco países, destacándose Alemania, Italia y Francia.

Figura 3 Países con mayor demanda en Europa



Modificado de: Association of Plastics Manufacturers 2015

Con relación a América Latina en la actualidad no se cuenta con cifras representativas que evidencien el aumento de la producción de plásticos en la industria, pero se destacan los países de México, Brasil, Colombia, Argentina y Venezuela como los que encabezan esta actividad productiva comparado con otros países de la región.

En el caso de Colombia, según el Presidente de la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas (Acoplasticos), Carlos Alberto Garay Salamanca para el año 2011, el crecimiento en la producción de artículos plásticos fue del 7,8 %, y estimo la disminución de 2,8% para el año 2012.

En contraste el informe de Industria de enero de 2014 realizado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo muestra que la producción de plásticos para los años 2010 y 2011 creció 9,5% y 7,8%, respectivamente por el buen comportamiento de la demanda final interna y de las exportaciones del subsector; con respecto al año 2012 en el informe se afirmó que el subsector se contrajo 6,4% en su producción, como consecuencia de la menor demanda interna como externa, y el bajo crecimiento de sus exportaciones. En febrero de 2013-2014, la tendencia continuo y su producción real disminuyo 3,2 % (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2014)

Partiendo de las estadísticas mencionadas anteriormente, es posible afirmar que para que las ciudades y países puedan determinar sus planes de gestión de residuos se hace necesario tener un diagnóstico de cuál es la situación de gestión posconsumo de este tipo de material. Para ello, en este proyecto se tomo como objeto de estudio la ciudad de Manizales.

En Manizales no se conocen antecedentes o registros de cuál es la cantidad generada de residuos plásticos y si estos son manejados adecuadamente por el plan de gestión integral de residuos sólidos de la ciudad en función de un mejor aprovechamiento. Por esta razón, es pertinente determinar la cantidad de residuos plásticos que se generan, los impactos negativos que producen y si Manizales cuenta en la actualidad con programas y tecnologías de valorización y disposición final para un manejo adecuado y aprovechamiento de estos residuos, generando una evaluación óptima de la gestión de residuos plásticos de la ciudad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El consumo de materiales plásticos hoy en día ha alcanzado niveles nunca antes vistos, siendo utilizados para casi todo tipo de usos, reinventándose con el tiempo, y mejorando propiedades químicas, mecánicas y físicas para aumentar su espectro de aplicación. Es por esto que seguirán creciendo en consumo ya que además del mercado propio que tienen, están abarcando aplicaciones antes exclusivas de otros materiales como el vidrio, papel y metales debido a sus buenas propiedades y su relación costo-beneficio (Naranjo Vasco, 2010).

Países como los de la Unión Europea o Estados Unidos, tienen en sus políticas de gestión de residuos alternativas para la valorización y correcta disposición final de los residuos plásticos. Sin embargo, en Colombia hasta el momento apenas se están generando políticas en este aspecto y dándose a conocer investigaciones a la comunidad académica, empresarial y sociedad en general sobre los impactos ambientales generados durante todo el ciclo de vida de los materiales plásticos en Colombia.

Es por esta razón que se hace necesario entender los modelos y dinámicas de la gestión post-consumo de los plásticos en Colombia, tomando como referencia ciudades representativas, para así evaluar alternativas nuevas y posibilidades de mejora.

Manizales es una Ciudad, que a pesar de que culturalmente es reconocida por tener buenos hábitos con relación al manejo de los residuos, en la actualidad, no cuenta con una relación holística, entre los actores y entidades que como deber tienen a cargo el sistema de gestión integral de residuos de la Ciudad, además de la vinculación de la comunidad. Por este motivo, presenta características que la hacen un caso interesante para desarrollar la siguiente investigación.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar a través de un caso de estudio la gestión de residuos plásticos en la ciudad de Manizales.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar un tipo de plástico sintético como caso de estudio
- Analizar el ciclo de vida del producto plástico seleccionado previamente: producción, transformación, valorización y disposición final.
- Evaluar los principales impactos ambientales negativos generados en el ciclo de vida del producto plástico e identificar aquellos que más afectan a la ciudad.
- Determinar los planes, programas, prácticas y/o tecnologías implementadas actualmente en la ciudad de Manizales en pro del reciclaje, transformación y valorización de los residuos del producto plástico de análisis.

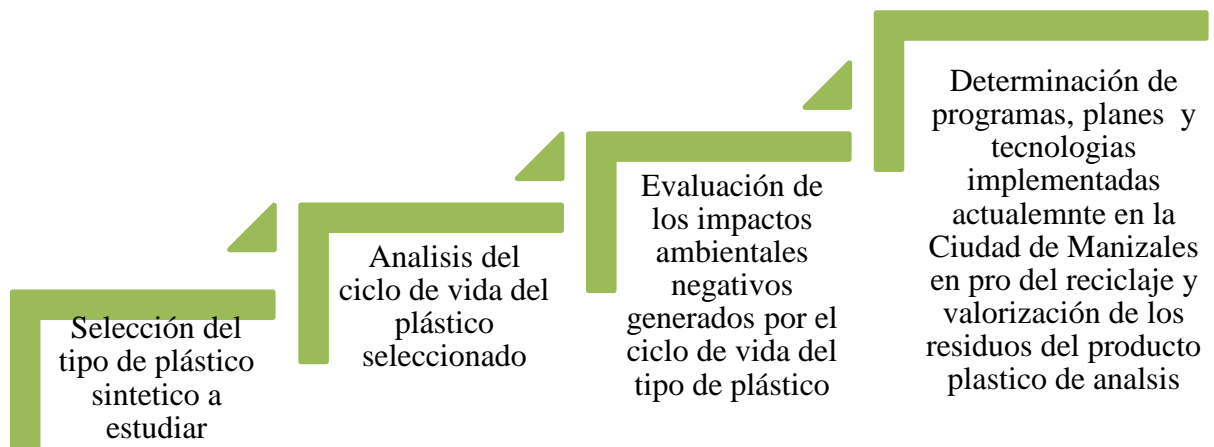
CAPITULO 2

METODOLOGÍA

Como se pudo observar en el capítulo anterior, los plásticos dada su composición, estructura y características tienen variadas aplicaciones en la actualidad, lo que los convierte en un material indispensable para el desarrollo de gran cantidad de actividades humanas, incrementando su consumo cada vez más pero a su vez con un efecto negativo, ya que genera un volumen importante de residuos, que dada su naturaleza, conlleva a importantes problemáticas a nivel ambiental, por lo cual surge la necesidad de realizar una gestión eficaz de dichos materiales. Teniendo en cuenta que en Colombia, se tiene establecida una normativa ambiental en función de la gestión integral de los residuos sólidos, dentro de los cuales se encuentran los plásticos, como uno de los materiales de mayor volumen en residuos y conociendo los actores encargados de dicha gestión en el Municipio de Manizales y sus obligaciones, para determinar el estado actual de la Ciudad con relación a la generación de residuos plásticos (un tipo de plástico como caso de estudio) y conocer las alternativas tecnológicas implementadas en su gestión, se aplicó en el desarrollo de la investigación la siguiente metodología.

La metodología que se aplicó se describe en la siguiente figura:

Figura 4 Proceso Metodologico



DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGIA

2.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE PLÁSTICO

Para seleccionar el tipo de plástico a estudiar, se aplicó un método estadístico de muestreo, en el cual se realizó un pilotaje basado el método por conglomerados, este es utilizado para analizar características específicas, de agrupamientos “naturales” relativamente homogéneos en una población.

El parámetro inicial para determinar el tipo de plástico a estudiar, se basó en seleccionar un producto plástico de consumo masivo, de manera que se facilitara determinar la cantidad producida de este material en el consumo directo del producto y en el post consumo.

Partiendo del consumo directo como medida para determinar la cantidad producida de residuos, se eligieron los supermercados como la fuente de información primaria que permitiría identificar, los diferentes tipos de materiales plásticos en los cuales los productos están envasados y la proporción en la que estos se encuentran.

Este proceso se llevó a cabo en cinco pasos:

- a Selección de los grupos o Conglomerados: Partiendo de que la población analizada son la totalidad de los supermercados en Manizales, los conglomerados, se determinaron por las cadenas de supermercados más representativas de la Ciudad, llevándose a cabo dicha actividad en el mes de febrero del año 2015.
- b Selección de muestra representativa: De cada uno de los Conglomerados, se escogió una muestra aleatoria representativa de la cadena de supermercado, es decir, un supermercado por cada cadena.

- c Selección de la unidad muestral: Teniendo en cuenta que la unidad muestral u objeto de estudio, es el tipo de plástico en el cual se envasan los productos sean de aseo o de alimentos.

- d Compilación de información: En este paso se llevó a cabo un trabajo de campo, en cada una de las muestras representativas de cada cadena, en el cual se seleccionaron 30 productos de diferentes marcas, para identificar el tipo de plástico en el cual estaban contenidas y finalmente ser registradas en el siguiente formato

Figura 5 Formato Registro de Muestreo

Dicha investigación se basó inicialmente en la compilación de información procedente de revistas y trabajos de investigación, fuentes bibliográficas, bases de datos, herramientas informáticas e información proporcionada por empresas de la región.

Las bases de datos más representativas para el estudio fueron las siguientes:

- Scielo
- redalyc.org
- american chemical society.com (acs.org)
- sciencedirect.com

De igual forma se identificaron los impactos ambientales negativos, generados en cada una de las etapas analizadas del ciclo de vida, desde la extracción y producción hasta el post consumo del material plástico seleccionado, todo ello basado en las referencias bibliográficas e información documentada mencionada anteriormente.

2.3. DETERMINACIÓN DE PROGRAMAS, PLANES Y TECNOLOGIAS IMPLEMENTADAS ACTUALMENTE EN LA CIUDAD DE MANIZALES

El desarrollo de este objetivo se llevó a cabo, por medio del análisis del capítulo del Programa de aprovechamiento del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos formulado para el periodo 2015-2027 de la ciudad de Manizales. Se basó en este documento, debido a que cumple con lo establecido en la Resolución 754 del 2014, en lo relacionado a la responsabilidad que tienen los Municipios en cuanto a la adopción de la metodología de formulación, implementación, evaluación y actualización del PGIRS.

CAPITULO 3

MARCO DE REFERENCIA

Los plásticos son materiales compuestos por distintas sustancias de variadas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición, por lo cual son fáciles de moldear y pueden modificar su forma de manera permanente a partir de cierta presión y temperatura, motivo por el cual es un material adaptable a diferentes aplicaciones.

Sin embargo, el uso intensivo de este material conlleva a que en la actualidad se genere gran cantidad de residuos que termina llegando a los rellenos sanitarios, ocupando gran cantidad de espacio, reduciendo la vida útil del relleno y generando impactos ambientales significativos, por lo cual la principal preocupación gira en torno a la gestión y manejo que se le dan a dichos residuos. En especial a los residuos plásticos como uno de los materiales de mayor complejidad en su disposición, debido a su estructura, composición, volumen y materia prima empleada.

Por esta razón es pertinente estudiar el origen de los materiales plásticos, su composición, clasificación y usos habituales. Además de la normativa Colombiana aplicable a la gestión de residuos sólidos y los actores encargados del manejo de estos en la Ciudad de Manizales.

3.1. INCREMENTO DEL USO DEL PLÁSTICO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Los plásticos en las últimas cinco décadas se han convertido en los nuevos materiales más usados del mundo. En países con alto grado de desarrollo del primer mundo, los

polímeros sobrepasan al aluminio y al vidrio en términos de volúmenes usados. Un estudio realizado por PRO BIP (Product overview and market projection of emerging biobased plastics) en el 2009, reporta que la producción de plásticos en la Unión Europea creció un 4,6% por año entre 1971 y 2006, mientras que la producción total de materiales creció un 0.7% por año entre 1971 y 2004. En el mundo la velocidad de crecimiento de la producción de plásticos es aún más alta: 5.9% entre 1971 y 2006. En 2006, la producción anual global de plásticos fue de 45 Megatoneladas. De igual forma, se estimó que para esa época se producían alrededor de 100 millones de toneladas de plásticos por año y que el consumo de plástico per cápita era de 80 kg en Estados Unidos y 60 kg en los países europeos y entre estas dos regiones se consumían cerca del 50% del plástico mundial (Li Shen, 2009).

Estas cifras se ven reflejadas debido a las características y propiedades de los materiales plásticos, lo cual lo convierten en un material de fácil implementación en diferentes actividades humanas, por esta razón es pertinente conocer su origen y clasificación.

3.2. ORIGEN DEL PLÁSTICO

Plástico es una palabra que deriva del griego "Plastikos" que significa "Capaz de ser Moldeado". Estos son parte de la gran familia de los Polímeros. Polímero es una palabra de origen latín que significa Poli=muchas y Meros=partes. Los polímeros son macromoléculas orgánicas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros, por lo cual técnicamente se puede decir que los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente (Naranjo Vasco, 2010)

Los plásticos se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural y dados sus componentes, permiten ser moldeados a diferentes temperaturas y presiones por medio de diferentes procesos de transformación.

Algunas ventajas de los materiales plásticos respecto a otros son:

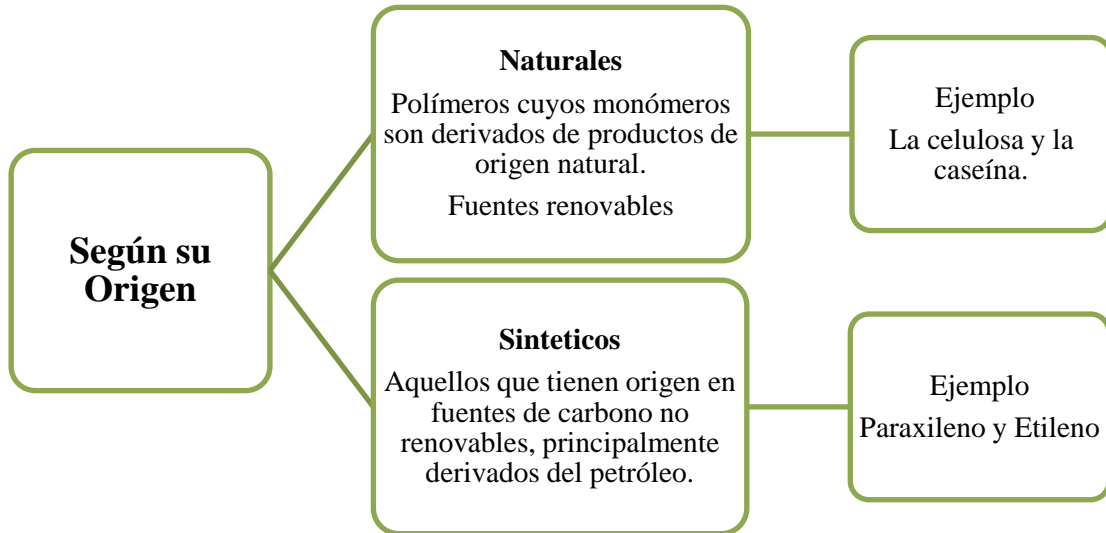
- Plasticidad
- Baja densidad
- Resistencia a la corrosión y Oxidación
- Permeabilidad e impermeabilidad
- Facilidad de moldeo
- Aislantes eléctricos
- Bajos costos de producción

3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

Los materiales plásticos o poliméricos se pueden clasificar en varias categorías, de la siguiente forma:

- **Según el origen del monómero base**

Figura 6 Clasificación de los Polimeros según su Origen

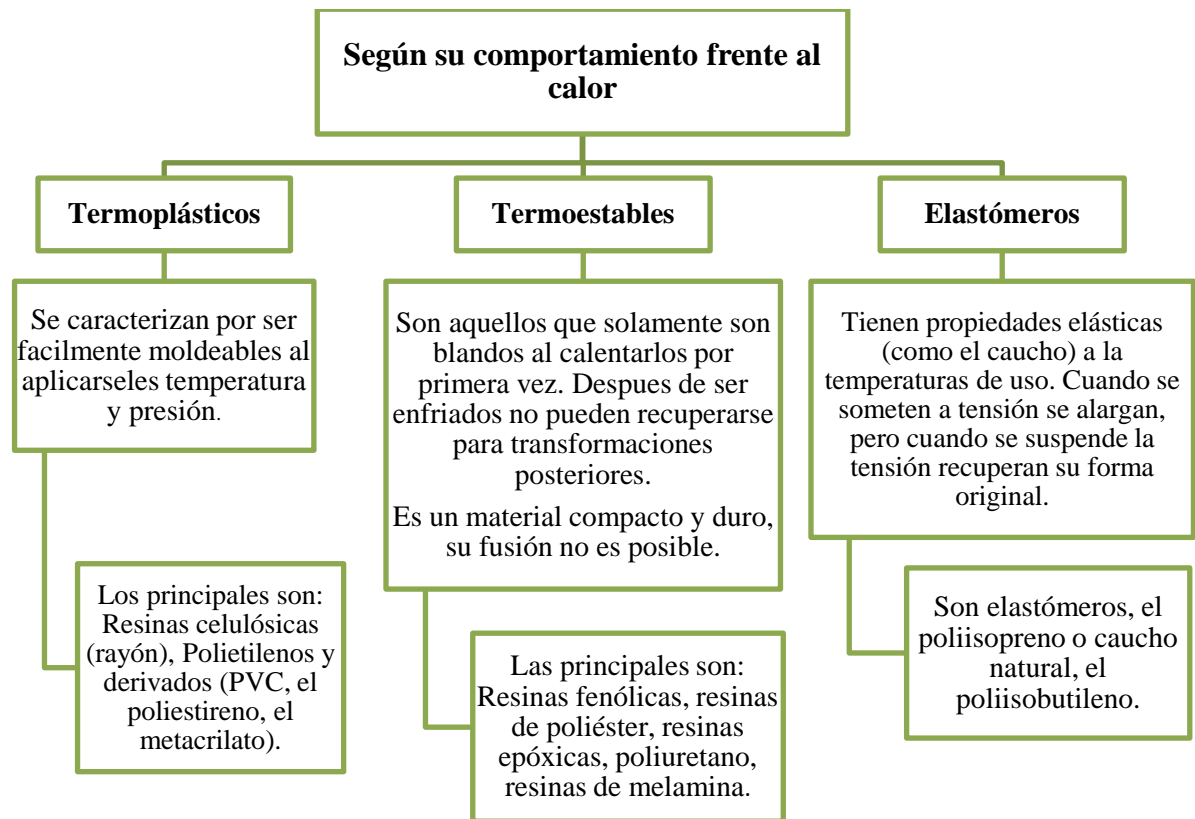


Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial, Laboratorio de Producción, Edición 2007-2

- **Según su comportamiento frente al calor**

Según a su estructura y comportamiento al calor los polímeros se clasifican de la siguiente forma

Figura 7 Clasificación de los Polimeros segun su Resistencia al Calor



Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial, Laboratorio de Producción, Edición 2007-2

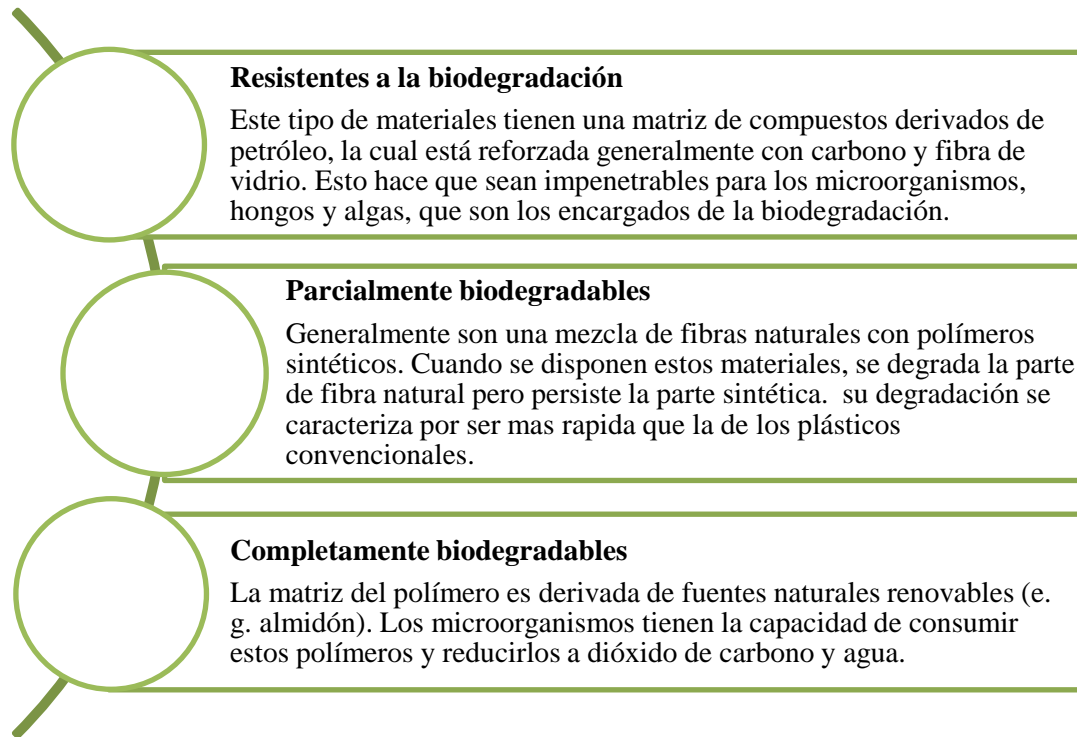
- **Según su Biodegradabilidad**

La ISO (International Standards Organization) define a los plásticos biodegradables, como aquellos plásticos que se degradan por la acción de microorganismos (bacterias, hongos y algas). Sus orígenes se remontan a 1926, cuando científicos del Instituto Pasteur de Francia lograron producir poliéster a partir de la bacteria *Bacillus megaterium*. Sin embargo, el auge de la producción

de productos derivados del petróleo relegó al olvido a estos materiales, y no fue hasta 1973, en plena crisis petrolera, cuando se volvió a recuperar la idea de utilizar sustitutos plásticos que no dependieran del “oro negro” y que fueran más ecológicos (Muerza, 2006).

A continuación se mostraran las tres clases principales de materiales poliméricos de acuerdo a su biodegradabilidad:

Figura 8 Clasificación de los Polimeros según su Biodegradabiliad



Fuente: Producción de Polihidroxibutirato a partir de residuos Agroindustriales, Javier Mauricio Naranjo Vasco, 2010

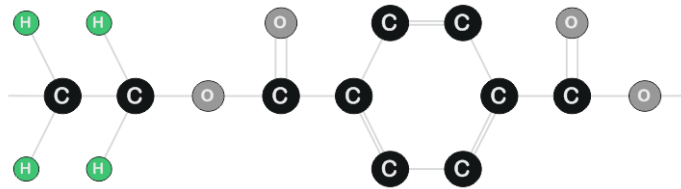
3.4. PRINCIPALES PRODUCTOS PLÁSTICOS

Las principales resinas utilizadas en Colombia según la Guía Ambiental del Sector Plástico son las siguientes:

- **Polietileno Tereftalato (PET):** El PET está constituido de petróleo crudo, gas y aire. Un kilogramo de PET es 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para obtener ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene principalmente a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para

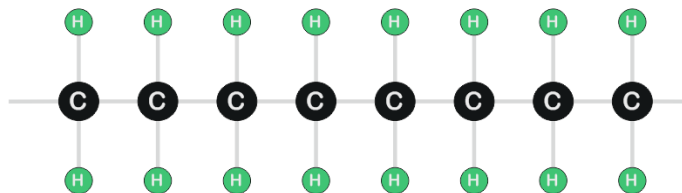
formar el etilenglicol. La combinación del ácido tereftálico y el etilenglicol produce como resultado el PET (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

Figura 9 Estructura molecular del PET



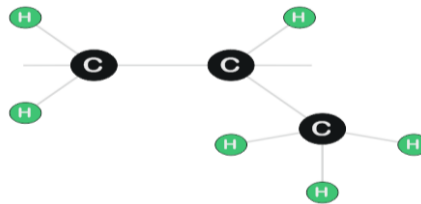
- **Polietileno (PEAD-PEBD):** El polietileno se produce a partir del etileno derivado del petróleo o gas natural. El etileno se somete en un reactor a un proceso de polimerización. Este se realiza en presencia de un catalizador, en condiciones de presión y temperatura que posibilitan la formación de polímeros, que en el producto final tienen la forma de gránulos, denominados pellets. Dependiendo de las condiciones del proceso de fabricación existen variedades de polietileno. Las más conocidas son: el polietileno de alta densidad PEAD y el polietileno de baja densidad (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

Figura 10 Estructura molecular del PEAD



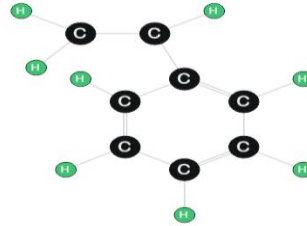
- **Polipropileno (PP):** El polipropileno es un hidrocarburo que pertenece a la familia de las poliolefinas y es producido a través de la polimerización del propileno (el cual es un gas resultante como subproducto de la industria petroquímica), utilizando catalizadores de tipo Ziegler Natta o Metallocenos para su reacción. Su estructura molecular consiste de un grupo metilo (CH_3) unido a un grupo vinilo (CH_2). El polipropileno también puede ser copolimerizado con etileno para formar los copolímeros random (mejor transparencia y brillo) y los copolímeros de impacto (buena resistencia al impacto a temperatura ambiente y bajas temperaturas) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

Figura 11 Estructura molecular PP



- **Poliestireno (PS):** El poliestireno es el polímero resultante de la síntesis orgánica entre el etileno y el benceno (hidrocarburos derivados del petróleo) para formar el monómero del estireno que se polimeriza a poliestireno. Los tipos principales de PS son el poliestireno uso general y el poliestireno de alto impacto (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004)

Figura 12 Estructura molecular del PS










- Cloruro de polivinilo (PVC):** El PVC es considerado el termoplástico más versátil. En su composición están presentes tres elementos naturales: carbono e hidrógeno, en forma de etileno, derivado del petróleo o gas, y cloro, obtenido a partir de la sal común. Mediante la combinación del etileno y el cloro se obtiene el monómero cloruro de vinilo, que a su vez se polimeriza mediante procesos de suspensión, emulsión o masa, para obtener como resultado el PVC en su estado de resina virgen. En una etapa siguiente la resina se mezcla con diversos aditivos para obtener compuestos que incorporan así todas las propiedades requeridas para su procesamiento y uso. Dependiendo de los aditivos seleccionados, los productos de PVC pueden ser totalmente rígidos o flexibles, transparentes u opacos y adquirir cualquier forma, textura o color (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

Figura 13 Estructura molecular del PVC



En la siguiente tabla se ilustran los códigos respectivos de los principales tipos de plásticos.

Tabla 1 Materiales plásticos y su simbología

Tipo de Plástico	Código
Polietileno Tereftalato (PET)	
Polietileno de alta densidad (PEAD)	
Cloruro de polivinilo PVC	
Polietileno de baja densidad (PE-BD, PE-LBD)	
Polipropileno (PP)	
Poliestireno (PS)	
Otros	

Fuente: Sector Plástico, Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo, Guías ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, Colombia. Julio de 2004.

3.5. APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS SINTÉTICOS

Los plásticos tienen cada vez más aplicaciones en los sectores industriales y de consumo, debido a sus bajos costos y propiedades, se caracterizan por ser versátiles, duraderos, seguros, ligeros y tienen buena relación costo/beneficio. De esta forma los plásticos están presentes en todos los ámbitos de la sociedad y son fundamentales en

sectores como la agricultura, la industria, alimentos, la medicina y las telecomunicaciones. A continuación se describen las aplicaciones más comunes de los diferentes tipos de plásticos de acuerdo a las propiedades físico-Químicas descritas anteriormente.

Tabla 2 Principales Aplicaciones de los Plásticos

Plásticos	Aplicaciones típicas
Polietileno Tereftalato (PET)	Botellas de gaseosas, agua, aceite y vinos; envases farmacéuticos; tejas; películas para el empaque de alimentos; cuerdas, cintas de grabación; alfombras; zuncho; rafia y fibras.
Polietileno de alta densidad (PEAD)	Tuberías; embalajes y láminas industriales; tanques, bidones, canastas o cubetas para leche, cerveza, refrescos, transporte de frutas; botellas; recubrimiento de cables; contenedores para transporte; vajillas plásticas; letrinas; cuñetes para pintura; bañeras; cerramientos; juguetes; barreras viales; conos de señalización.
Cloruro de polivinilo PVC Suspensión – Rígido	Tuberías y accesorios para sistemas de suministro de agua potable, riego y alcantarillado; ductos, canaletas de

	drenaje y bajantes; componentes para la construcción, tales como: perfiles y paneles para revestimientos exteriores, ventanas, puertas, cielorasos y barandas; tejas y tabletas para pisos; partes de electrodomésticos y computadores; vallas publicitarias, tarjetas bancarias y otros elementos de artes gráficas; envases de alimentos, detergentes y lubricantes; empaques tipo blíster
Polietileno de baja densidad (PE-BD, PE-LBD)	Películas para envolver productos, películas para uso agrícola y de invernadero; láminas adhesivas; botellas y recipientes varios; tuberías de irrigación y mangueras de conducción de agua; bolsas y sacos, tapas, juguetes; revestimientos; contenedores flexible
Polipropileno (PP)	Película para empaques flexibles, confitería, pasabocas, bolsa de empaque, laminaciones, bolsas en general. Rafia, cuerda industrial, fibra textil, zuncho, muebles plásticos, utensilios domésticos, geotextiles, mallas plásticas, carcasas de baterías, vasos desechables, vasos plásticos, tarrinas, empaques para detergentes, tubería, botellas, botellones, juguetería
Poliestireno (PS) Espumado Expandido	Su principal aplicación es la fabricación de envases y empaques tanto de uso permanente como de un solo uso (desechables). Aplicaciones dirigidas a la industria, como elementos para equipos eléctricos y electrodomésticos; carcazas; gabinetes interiores;

	contrapuertas de neveras; estuches para casetes de audio y video. Aplicaciones en la industria farmacéutica y accesorios médicos. Juguetería y recipientes de cosméticos.
--	---

Fuente: Sector Plástico, Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo, Guías ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, Colombia. Julio de 2004

El material plástico resultante del consumo o uso de actividades domésticas, industriales, comerciales o de servicios que el consumidor abandona, rechaza o entrega, una vez ha cumplido su ciclo de vida útil, es considerado inservible para ese uso y se denomina residuo. A continuación se describirá, de acuerdo a la normativa colombiana qué son los residuos sólidos y como se clasifican.

3.6. RESIDUOS SÓLIDOS

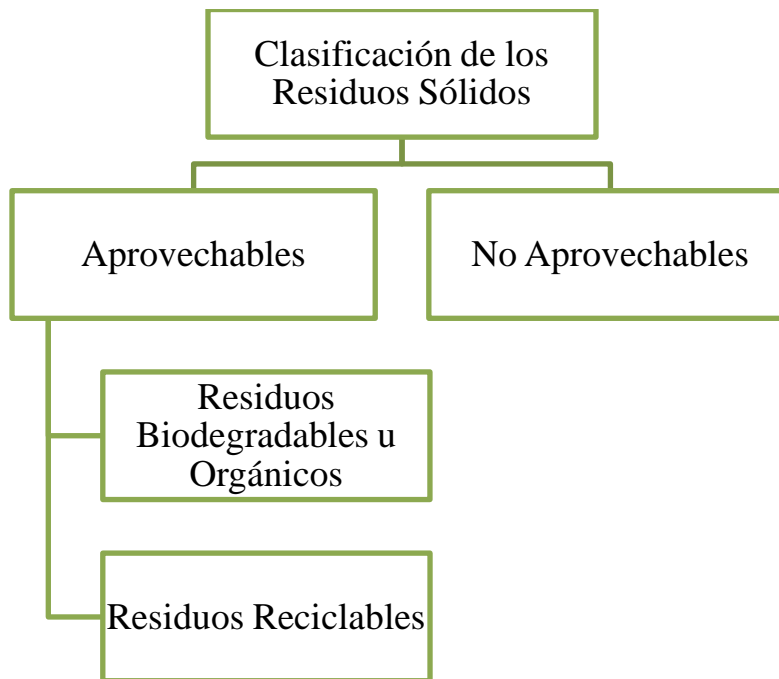
El Decreto 2981 de 2013 quien deroga el decreto 1713 de 2002 define a los residuos sólidos como “cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles”, y establece los aspectos generales de la prestación de servicio de aseo aplicable para las empresas que prestan este servicio, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, la Comisión de Regulación de

Agua Potable y Saneamiento Básico, entidades territoriales y demás entidades en función de este servicio; con la salvedad de que no aplica a las actividades de disposición final, las cuales en la actualidad se rigen por lo dispuesto en el Decreto 838 de 2005.

Ambos decretos establecen la importancia de identificar las características propias de cada residuo, ya que para establecer los planes y programas de manejo de estos se requiere no solo de conocer la cantidad de residuos generados sino también su procedencia y clasificación para apoyar la toma de decisiones en lo que se refiere al diseño, implementación de planes de acción y de limpieza pública. De esta forma se clasifica a los residuos sólidos como aprovechables y no aprovechables.

3.7. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Figura 14 Clasificación de los residuos Plásticos



3.7.1. RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLES

Cualquier material, objeto, sustancia o elemento en estado sólido, semisólido o líquido que ha sido descartado por la actividad que lo generó, pero que es susceptible de recuperar su valor remanente a través de su recuperación, reutilización, transformación, reciclado o regeneración (**Decreto 2981 de 2013**)

Los residuos aprovechables a su vez pueden clasificarse como:

- **Residuos Biodegradables u Orgánicos:** residuos que pueden ser transformados por microorganismos como bacterias, hongos y otros agentes biológicos. Se incluyen restos vegetales, frutas, residuos de comidas, verduras, restos de podas y residuos de jardinería.
- **Residuos Reciclables:** son aquellos tipos de residuos que después de haber sido utilizados pueden ser la materia prima o parte de esta para la fabricación de nuevos elementos. Dentro de estos tenemos el papel, cartón, vidrio, plástico, aluminio, textiles y aceites usados.

3.7.2. RESIDUOS SÓLIDOS NO APROVECHABLES

Acorde con la normatividad ambiental colombiana (Decreto 1713 de 2002, Art.1 modificado por el decreto 838 de 2005 y derogado por el decreto 2981 de 2013) se definen como “todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son

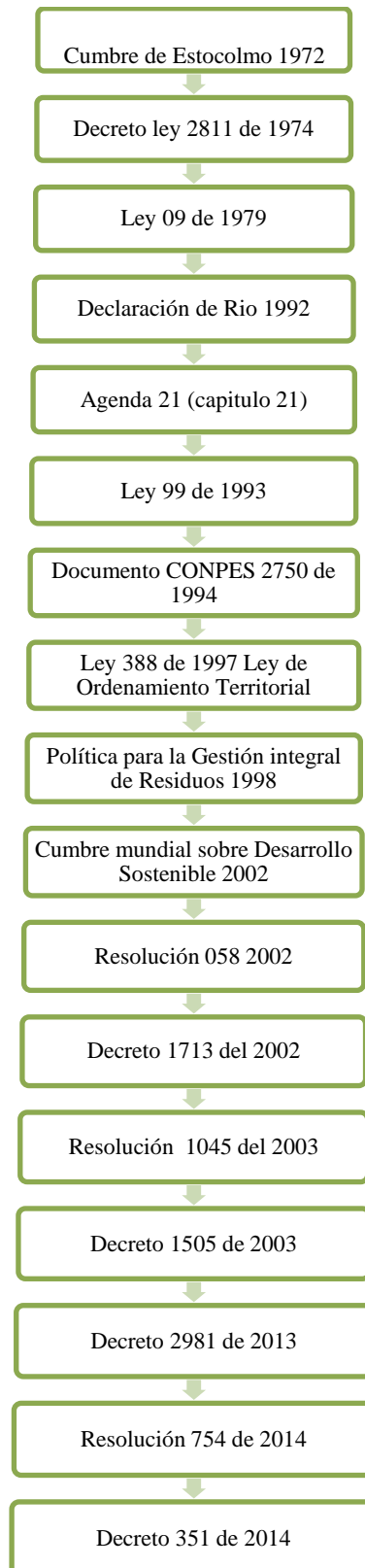
residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición”.

Teniendo en cuenta la información descrita anteriormente y la clasificación de los residuos sólidos de acuerdo a su origen, comportamiento frente al calor y biodegradabilidad, a continuación se describirá la normativa Nacional existente en función del manejo y gestión adecuada de los residuos sólidos, con el fin de proteger la salud humana y la del ambiente de los efectos que la acumulación y las malas técnicas empleadas para su gestión generan actualmente. Adicional a esto, se incluirá en orden cronológico las cumbres internacionales y políticas establecidas a lo largo del tiempo, aplicadas a Colombia, que han sido desarrolladas con el fin de garantizar la conservación de los recursos y la protección del ambiente con relación especialmente al manejo de los residuos sólidos.

3.8. NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

En el siguiente gráfico se muestra la línea del tiempo con relación a la evolución de la normativa establecida en Colombia para la gestión integral de residuos sólidos.

Figura 15 Evolución normativa Colombiana sobre Residuos Sólidos



Cumbre de ESTOCOLMO 1972: Aprobada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano, introdujo en la agenda política internacional la dimensión ambiental como limitante del modelo tradicional de crecimiento económico y del uso de los recursos naturales.

Se basó en los siguientes principios

- Los recursos naturales de la Tierra, incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna, y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga.
- Debe mantenerse y siempre que sea posible, restaurarse o mejorarse la capacidad de la Tierra para producir recursos vitales renovables.
- Los recursos no renovables de la Tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su futuro agotamiento y se asegure que toda la humanidad comparte los beneficios de tal empleo.

Decreto ley 2811 de 1974: Dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Este Decreto establece:

El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.

- Artículo 3° El presente Código regula:

1. El manejo de los recursos naturales renovables dentro de los cuales se encuentran los recursos del paisaje
 2. La defensa del ambiente y de los recursos naturales renovables contra la acción nociva de fenómenos naturales.
 3. Los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en él denominados en este Código de elementos ambientales, como: Los residuos, basuras, desechos y desperdicios, el ruido, las condiciones de vida resultantes de asentamiento humano urbano o rural y los bienes producidos por el hombre, o cuya producción sea inducida o cultivada por él, en cuanto incidan o puedan incidir sensiblemente en el deterioro ambiental.
- Artículo 34° En el manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios, se deben considerar las siguientes reglas:
 1. Se utilizarán los mejores métodos, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, para la recolección, tratamiento, procesamiento o disposición final de residuos, basuras, desperdicios y, en general, de desechos de cualquier clase.
 2. La investigación científica y técnica se fomentará para:
 - (a) Desarrollar los métodos más adecuados para la defensa del ambiente, del hombre y de los demás seres vivientes.

- (b) Reintegrar al proceso natural y económico los desperdicios sólidos, líquidos y gaseosos, provenientes de industrias, actividades domésticas o de núcleos humanos en general.
 - (c) Sustituir la producción o importación de productos de difícil eliminación o reincorporación al proceso productivo.
 - (d) Perfeccionar y desarrollar nuevos métodos para el tratamiento, recolección, depósito, y disposición final de los residuos sólidos, líquidos o gaseosos no susceptibles de nueva utilización.
 - (e) Se señalarán medios adecuados para eliminar y controlar los focos productores del mal olor.
- Artículo 35° Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios, y en general, de desechos que deterioren los suelos o, causen daño o molestia al individuo o núcleos humanos
 - Artículo 36° Para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán preferiblemente los medios que permita:
 1. Evitar el deterioro del ambiente y de la salud humana
 2. Reutilizar sus componentes
 3. Producir nuevos bienes

4. Restaurar o mejorar los suelos.

- Artículo 37° Los municipios deberán organizar servicios adecuados de recolección transporte y disposición final de basuras.

Ley 09 de 1979: Para la protección del Medio Ambiente la Ley establece:

- Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana.
- Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.

En lo relacionado con residuos sólidos

- Artículo 25° Solamente se podrán utilizar como sitios de disposición de basuras los predios autorizados expresamente por el Ministerio de Salud o la entidad delegada.
- Artículo 27° Las empresas de aseo deberán ejecutar la recolección de las basuras con una frecuencia tal que impida la acumulación o descomposición en el lugar.

- Artículo 34° Queda prohibido utilizar el sistema de quemas al aire libre como método de eliminación de basuras, sin previa autorización del Ministerio de Salud.

Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo 1992: La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, reafirmando la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, establece una alianza mundial en la cual se acuerda respetar los intereses de todos y de proteger la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, como nuestro hogar.

Se basó en los siguientes principios

- Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
- Los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.
- A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

Agenda 21 (capítulo 21): Establece las bases para un manejo integral de los residuos sólidos municipales como parte del desarrollo sostenible.

Se establece que el manejo de los residuos debe contemplar:

- La minimización de la producción
- El reciclaje
- La recolección y tratamiento
- La disposición final adecuada

Ley 99 de 1993: Adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones, Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Reforma el sector Público encargado de la gestión ambiental. Exige la Planificación de la gestión ambiental de proyectos.

Documento CONPES 2750 de 1994: Políticas sobre manejo de residuos sólidos

Ley 388 de 1997 Ley de Ordenamiento Territorial: La presente ley tiene como objetivos:

- El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.

- Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres.

En cuanto a las acciones urbanísticas declara:

La función pública del ordenamiento del territorio municipal o distrital se ejerce mediante la acción urbanística de las entidades distritales y municipales, referida a las decisiones administrativas y a las actuaciones urbanísticas que les son propias, relacionadas con el ordenamiento del territorio y la intervención en los usos del suelo.

Son acciones urbanísticas:

- Clasificar el territorio en suelo urbano, rural y de expansión urbana.
- Localizar y señalar las características de la infraestructura para el transporte, los servicios públicos domiciliarios, la disposición y tratamiento de los residuos sólidos, líquidos, tóxicos y peligrosos y los equipamientos de servicios de interés público y social, tales como centros docentes y hospitalarios, aeropuertos y otros.

Política para la Gestión integral de Residuos 1998: La política Nacional para la Gestión de los Residuos Sólidos se fundamenta principalmente en la constitución política, las leyes 99 de 1993 y 142 de 1994 y el documento CONPES 2750 MINAMBIENTE-DNP-UPA (Ministerio del Medio Ambiente, 1998)

La política está orientada a dos ejes temáticos:

- Es obligación del Estado a orientar y establecer un marco de acción para las entidades públicas con responsabilidades de la gestión de residuos sólidos, desde el punto de vista del saneamiento ambiental. Comprende los aspectos técnicos, económicos, administrativos, ambientales y sociales involucrando la prestación del servicio de aseo.
- La vinculación del sector privado en cuanto a la generación de residuos, en especial a la temática que concierne la Producción más limpia.

Cumbre mundial sobre Desarrollo Sostenible 2002: Ratificándose el desarrollo sostenible como elemento central de la agenda internacional y destacándose la importancia de luchar contra la pobreza y proteger el ambiente.

Los gobiernos mundiales acordaron y reafirmaron una serie de compromisos y metas concretas para lograr los objetivos del desarrollo sostenible expresados en la agenda 21. Muchas de tales metas reafirmaron la declaración del milenio de la organización de las naciones unidas. (ONU, 2002).

Se acordó para el 2015 reducir a la mitad la proporción de personas que no tienen acceso a un saneamiento básico. También se habló de prevenir y reducir al mínimo los desechos y aumentar en la medida de lo posible la reutilización y el reciclaje de materiales alternativos que no dañen el medio ambiente, con participación de los gobiernos y todos los interesados.

Resolución 058 2002: Expedida por el Ministerio de Medio Ambiente, establece normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos

Decreto 1713 del 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.

Decreto 605 de 1996. Reglamenta la ley 142 de 1994. En cuanto al manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos. Derogado por decreto 1713 2002

Definiciones

- **Aprovechamiento:** Derogada por el artículo 10, decreto Nacional 1505 de 2003. Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje u otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios.

Este decreto fue modificado por el Decreto Nacional 838 de 2005, Derogado por el art. 120, Decreto Nacional 2981 de 2013.

Resolución 1045 del 2003: Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.

Decreto 1505 de 2003: Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

- Con relación al Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólido, PGIRS. Los Municipios y Distritos, deben elaborar y mantener actualizado un Plan Municipal o Distrital para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Sólidos en el ámbito local y/o regional según el caso, en el marco de la política para la Gestión Integral de los Residuos, el cual será enviado a las autoridades ambientales competentes, para su conocimiento, control y seguimiento.

Decreto 2981 de 2013: Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Define el servicio público de aseo como "El servicio de recolección municipal de residuos principalmente sólidos. También aplica esta ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos. Igualmente incluye, entre otras, las actividades complementarias de corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas; de lavado de estas áreas, transferencia, tratamiento y aprovechamiento.

Resolución 754 de 2014: Establece la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de residuos sólidos (PGIRS). Establece actores encargados del PGIRS, obligaciones, articulación de los PGIRS con los Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial, factores tomados en cuenta para la adopción de programas de aprovechamiento y seguimiento al plan.

Decreto 351 de 2014: Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades.

Guía Técnica GTC 24: Guía técnica Colombiana Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Da lineamientos sobre la separación en la fuente y el Código de Colores para residuos reciclables y no reciclables.

Guía Técnica GTC 35: Guía Técnica Colombiana Gestión Ambiental. Residuos. Guía Para la Recolección Selectiva de Residuos Sólido

3.9. MUNICIPIO DE MANIZALES

El municipio de Manizales se encuentra ubicado en el llamado Triángulo del café en la región Andina de Colombia. Es conocida a nivel nacional como la ciudad de las puertas abiertas y es la capital del departamento de Caldas. El territorio municipal está ubicado en la cordillera Central, muy cerca del emblemático Nevado del Ruiz. Cuenta con una población aproximada de 396.075 personas y una extensión de 571,8 km²

Figura 16 Ubicación Nacional del Departamento de Caldas



Figura 17 Ubicación departamental del Municipio de Manizales



En la actualidad es uno de los principales núcleos económicos de la región central del país. Su desarrollo industrial se concentra en el procesamiento del grano de café, principal producto agrícola y dinamizante del desarrollo de la ciudad a lo largo de su historia. También existen industrias de alimentos, servicios públicos y construcción, pero su principal renglón económico es el de la producción de bienes y servicios.

Ambientalmente es reconocida por la calidad de sus fuentes hídricas, la diversidad de sus parques, eco parques y reservas naturales protegidas, pero dado que las actividades económicas de la ciudad están en constante cambio y crecimiento, es posible observar cómo estas prácticas repercuten negativamente generando grandes cantidades de residuos que alteran paisajísticamente la ciudad y afectan de forma directa o indirecta la calidad de los recursos naturales propios de la región

Dada esta problemática ambiental y en conformidad con el Decreto 2981 del 20 de diciembre de 2013 quien establece que "los municipios y distritos, deberán elaborar, implementar y mantener actualizado un plan municipal o distrital para la gestión integral de residuos o desechos sólidos (PGIRS) en el ámbito local y/o regional según el caso, en el marco de la gestión integral de los residuos", en la ciudad de Manizales se adelanta el plan de gestión integral de residuos sólidos según la metodología establecida por la Resolución No. 0754 del 25 de noviembre del 2014 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en conjunto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Vivienda, 2015).

Esta metodología determina quienes son los actores encargados de la gestión integral de los residuos sólidos generados en la Ciudad, de manera que hace una distinción entre las obligaciones y responsabilidades que debe cumplir cada entidad. A

continuación se mencionan las entidades que en la Ciudad de Manizales realizan dicha gestión y el papel que cumple cada una de ellas en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

3.9.1 ACTORES ENCARGADOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE MANIZALES

3.9.1.1 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS CORPOCALDAS

A nivel regional la Corporación Autónoma de Caldas, es un ente corporativo de carácter público, encargada por la ley de administrar dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible en conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio ambiente.

En la consolidación de un plan estratégico que fortalezca el accionar del Departamento desde la visión de la gestión ambiental estratégica, la Corporación Autónoma Regional de Caldas, viene estructurando procesos y herramientas de planificación y ordenación ambiental en atención a las nuevas problemáticas y realidades del departamento de Caldas.

En articulación con los lineamientos de política pública de la nación, Corpocaldas consolida el Plan de Acción 2013-2015 conformando un proceso dinámico que permite orientar de manera coordinada y concertada el manejo, administración y aprovechamiento de los recursos naturales, en relación con los proyectos de desarrollo municipal y departamental con el fin de asegurar un desarrollo sostenible para la región. Dicho Plan de Acción cuenta con el Programa de Gestión Ambiental Sectorial, el cual

tiene como objetivo apoyar el desempeño ambiental de los sectores productivos, los planes de residuos y el control del ruido en los entes territoriales del departamento de Caldas.

Este programa se orienta hacia la minimización de los impactos de los residuos generados, con efectos no deseables en el suelo, el agua, el aire, los bosques, el paisaje y los espacios públicos. Por lo cual la corporación relaciona los Planes de Gestión integral de Residuos Sólidos a nivel departamental brindando apoyo y generando planes de gestión para el departamento y las empresas con diferentes actividades productivas de la región, de esta forma le apunta a la mitigación de estos impactos implementando estrategias de producción más limpia en beneficio de la Ciudad. (Corporación Autónoma Regional de Caldas. CORPOCALDAS, 2015).

Los Planes de Gestión Integral de Residuos sólidos, deben armonizar con los instrumentos de Planificación Municipal, dentro de los cuales se encuentran los Planes de Desarrollo Municipales, Planes de Ordenamiento Territorial y el programa de prestación del Servicio Público de Aseo.

De acuerdo a lo establecido por el Decreto 2981 de 2014, en el título 3, relacionado con la Gestión Integral de Residuos Sólidos, en el artículo 91, la participación de las autoridades ambientales, está destinada a ejercer control y seguimiento en la ejecución del PGIRS, exclusivamente en lo relacionado con las metas de aprovechamiento. De esta forma se hace claridad en que la Corporación es quien realiza un seguimiento al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio pero no es como tal la responsable de su formulación.

3.9.1.2 ALCALDÍA DE MANIZALES-SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE

La secretaria de Medio Ambiente tiene dentro de sus objetivos Coordinar, orientar y liderar la formulación y aplicación de la política ambiental del municipio, a través de procesos de coordinación interinstitucional e intersectorial, con el propósito de disminuir el impacto ambiental del desarrollo y fomentar propuestas de desarrollo sostenible. Además, promueve, elabora y gestiona proyectos que mejoran el sistema de gestión ambiental del Municipio, realizando acciones de control ambiental en el marco de las competencias dadas a los municipios, y mejora las condiciones ambientales a través de actividades de control tendientes a la protección y defensa del patrimonio natural, espacio público y la comunidad.

En el marco de la política ambiental del Municipio tiene como función orientar y brindar apoyo en proyectos de potabilización de agua y saneamiento básico, entre los que se incluyen el Plan de Gestión de Residuos Sólidos y el plan de Manejo de Escombreras. De esta forma lidera el proceso y Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio (PGIRS), incluyendo la administración de los recursos del comparendo ambiental (Alcaldía de Manizales, 2015).

El PGIRS según el Decreto 2981 de 2013 es un instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos.

Los programas que se incluyen dentro del Plan de Gestión integral de Residuos Sólidos son 13, de los cuales dos de ellos están a cargo de la Fundación FESCO, Fundación para el Desarrollo Integral de la Niñez, la Juventud y la Familia. Estos programas son el de aprovechamiento y el programa de inclusión de recuperadores

ambientales de oficio; los otros programas están a cargo de la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS S.A E.S.P a excepción del programa de escombreras.

3.9.1.3 FUNDACIÓN FESCO

Dentro del marco del PGIRS, formulado en el año 2004, el Municipio ha adelantado un convenio con la Fundación FESCO, Fundación para el Desarrollo Integral de la Niñez, la Juventud y la Familia. En el cual se establece la responsabilidad de la Fundación FESCO no solo con el desarrollo de dos de los programas del PGIRS (Plan de gestión integral de residuos sólidos) sino también con la capacitación de 90 recuperadores y sus familias.

Algunas de las obligaciones adquiridas por FESCO una vez se realizó el convenio fueron las siguientes:

- Educación para la separación en la fuente y disposición diferenciada de residuos
- Presentación del recuperador organizado en los sectores donde se ejecuta la ruta de recolección selectiva
- Montaje institucional del “punto limpio” de recolección de residuos RAEE el día segunda sábado de cada mes, previa campaña de difusión
- Fortalecimiento de la estructura operativa para la aplicación y sanción educativa a infractores del comparendo ambiental

- Sostener condiciones básicas, aumentar las rutas de recolección selectiva actual y ampliar rutas de recolección de grandes generadores articulando administración y manejo en planta de aprovechamiento, enfocados a la cobertura enmarcada en el Plan de Desarrollo.
- Fortalecimiento del perfil del gremio de recuperadores para asumir sus responsabilidades legales frente a su proceso como asociación y capacitación en el manejo integral de RAEE
- Mantener el sistema operativo y de comercialización que responda a la dinámica de ejecución y asignación de recursos para la ejecución del plan de aprovechamiento de residuos (Alcaldía de Manizales, 2004).

En lo relacionado con las actividades de aprovechamiento, el convenio con la fundación FESCO, se realizó para desarrollar el programa Reciclemos, el cual está orientado a generar cultura ciudadana y movilizar hábitos para el adecuado manejo de los residuos sólidos, gestionar la estructura operativa para el aprovechamiento de estos residuos, educar a los generadores de residuos en su adecuado manejo, asesorar la construcción de planes ambientales, movilizar procesos organizacionales en el gremio de recuperadores, implementar la ruta de recolección selectiva de residuos aprovechables de la ciudad, liderar la estructura logística para la educación del comparendo ambiental, y atender y gestionar las acciones relacionadas con el mal manejo de residuos (Alcaldía de Manizales, Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Obras Públicas, Secretaría de Planeación , 2015).

La Fundación FESCO, creada en el año 1985, se orientó inicialmente a liderar el Programa de Estimulación Adecuada, llevando a cabo una importante labor en la promoción del desarrollo infantil desde la gestación hasta los siete años y la capacitación

de profesionales de diferentes regiones del país interesados en implementar este programa, pero desde su creación sus campos de acción se han ido ampliando considerado de manera progresiva otras esferas de influencia en sus proyectos: el contexto social, económico, cultural y ambiental. Además de estos cambios, ha ampliado la cobertura de sus proyectos, incluyendo poblaciones rurales, consolidando su presencia regional y afianzando alianzas estratégicas y la participación activa en la formulación de políticas públicas.

De esta forma ha establecido, desde su creación, importantes alianzas estratégicas con entidades públicas y privadas de carácter nacional y con entidades de cooperación internacional. Dentro de las cuales se encuentra el convenio con la Alcaldía de Manizales para manejar el plan de gestión integral de residuos sólidos de la ciudad y proyectos en común con instituciones como el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, la Fundación Luker, Fe y Alegría y la Fundación Terpel.

Según lo expuesto por el artículo 4 de la resolución 754 del 25 de noviembre de 2014 la formulación o actualización del PGIRS debe realizarse con la participación de los actores involucrados en la gestión integral de los residuos sólidos, pero en ningún caso el municipio podrá delegar esta responsabilidad a la empresa prestadora del servicio público de aseo. Sin embargo la disposición de los residuos sólidos se encuentra estrechamente asociada a la reglamentación sobre el servicio público de aseo que comprende las actividades de recolección, transporte, barrido, limpieza de vías y áreas públicas, la transferencia, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de dichos residuos (Decreto 2981 de 2013- Decreto 838 de 2005). De esta forma la gestión integral de estos residuos, en el Municipio de Manizales, corresponde casi en su totalidad al prestador del servicio de aseo, es decir, la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS.

3.9.1.4 EMPRESA METROPOLITANA DE ASEO EMAS

Los residuos de la zona urbana del Municipio de Manizales, antes de 1991, eran depositados sobre la quebrada Olivarez, pero en vista de las problemáticas sociambientales que se presentaban en la zona, desde ese mismo año, Empresas Públicas de Manizales, se hizo responsable de la gestión y manejo de la mitad de los residuos que llegaban a la quebrada.

Hasta el año 1994, Empresas Públicas de Manizales, actuó en la gestión de dichos residuos, incorporando la participación de gran cantidad de recuperadores, este proyecto se denominó inicialmente como “Ciudad Verde” y permitió dar empleo a muchos recuperadores y sus familias en un lugar más digno. Pero en ese mismo año, cambió la administración del Relleno Sanitario y fue Emas quien desde 1994 surgió como respuesta a la necesidad de establecer un servicio de aseo más eficiente y organizado en la ciudad. Desde el año 1995 opera bajo los componentes de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos ordinarios, barrido y limpieza de vías.

Tomando como herramienta fundamental la promulgación de la Ley 142 de junio de 1994, se generó un proceso de participación ciudadana para la creación de una sociedad conformada por capital público y privado, generando como resultado lo que hoy se conoce como la Empresa Metropolitana de Aseo S.A. E.S.P. EMAS.

En la actualidad cuenta con el centro de tecnología ambiental La Esmeralda, conocido como el relleno de la ciudad de Manizales, su funcionamiento empezó en el año 1991 en el predio conocido como La Esmeralda, ubicado en el km 2 vía a Neira, como una alternativa para el buen manejo de los residuos sólidos del municipio de Manizales. Antes de su operación, los residuos eran depositados sobre el cauce de la quebrada Olivares, generando considerables impactos ambientales negativos sobre este afluente y

las comunidades que habitaban sus alrededores. Este Relleno Sanitario La Esmeralda fue entregado en condición de comodato a La Empresa Metropolitana de Aseo S.A. E.S.P. – EMAS en el año 1995.

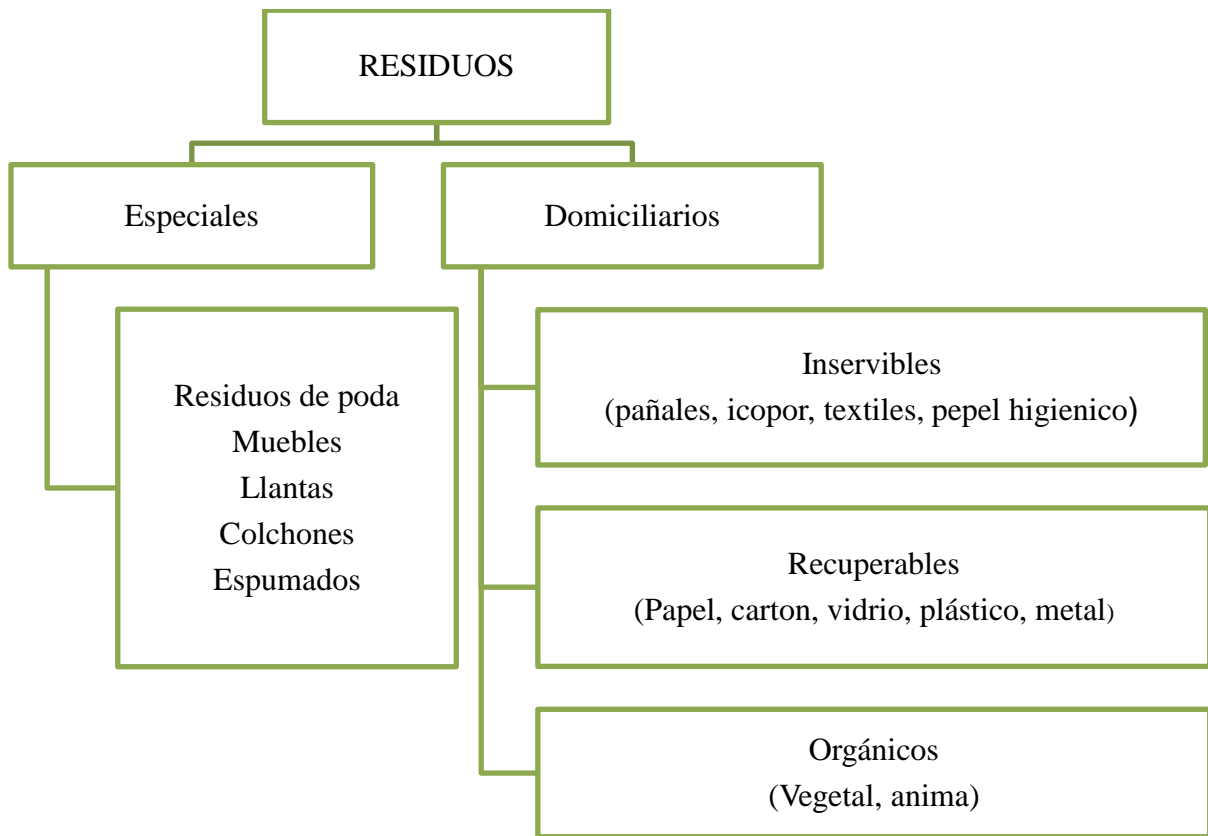
La Esmeralda cuenta con 54 hectáreas, de las cuales 12 se utilizan para la disposición final de residuos sólidos ordinarios, que dan una vida útil al relleno hasta aproximadamente el año 2021. (Empresa Metropolitana de Aseo S.A E.S.P, 2015)

Algunos de los servicios que ofrece la empresa metropolitana de aseo en función de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos son los siguientes:

- Recolección y transporte
- Barrido manual y mecánico.
- Disposición final en el Relleno Sanitario La Esmeralda.
- Corte de césped, poda, tratamiento de árboles y plantación de especies.
-

Los residuos de los cuales se encarga principalmente el relleno sanitario, son los residuos ordinarios, los cuales se clasifican en especiales y domiciliarios de la siguiente manera:

Figura 18 Clasificación de residuos sólidos relleno sanitario La Esmeralda



Actualmente, además de los residuos del municipio de Manizales (los cuales constituyen un 60,34% del total dispuesto en 2014), se disponen también residuos provenientes de Chinchiná, Villamaría, Arauca, Risaralda, San José, Anserma, Belalcázar, Riosucio, Marmato, Supía, Salamina, Aranzazu, Filadelfia, La Merced, Marulanda, Fresno, Herveo, Murillo, Calarcá y Santa Rosa de Cabal.

De acuerdo con la estimación realizada por EMAS S.A. E.S.P, el relleno sanitario tiene una vida útil hasta el año 2021; lo cual indica que sólo se dispone de cinco (5) años más a partir de la fecha para continuar realizando la actividad de disposición en este lugar, aunque ya se están adelantando gestiones para la compra de predios y para pedir a la corporación una extensión de tiempo para prolongar la vida del relleno, esta es una

situación que obliga a quienes dirigen al relleno a tomar medidas de carácter prioritario a fin de garantizar la disposición final en el mediano y largo plazo de los residuos generados, no sólo del municipio de Manizales, también de aquellos a los que en la actualidad están adscritos al servicio.

Figura 19 Relleno Sanitario La Esmeralda Municipio de Manizales



Fuente: Empresa Metropolitana de Aseo EMAS S.A E.S.P Manizales

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

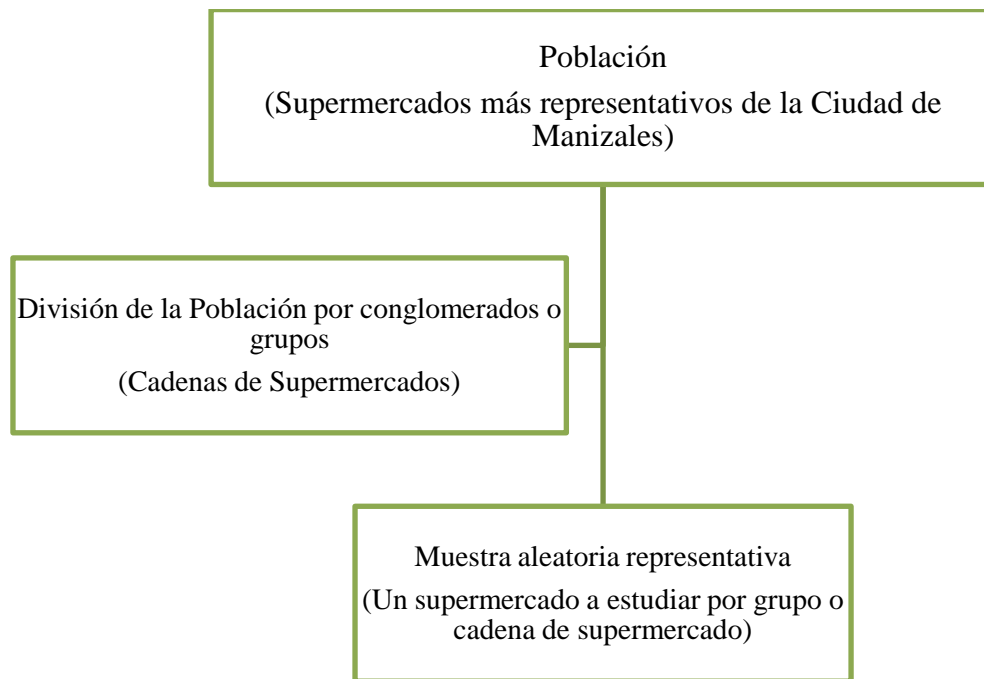
4.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE PLÁSTICO A ESTUDIAR

El método estadístico de muestreo, utilizado para determinar el tipo de plástico a estudiar, se realizó por medio de un pilotaje basado en el método por conglomerados, el cual es utilizado para analizar características específicas, de agrupamientos “naturales” relativamente homogéneos en una población.

Esta técnica se aplicó, teniendo en cuenta que la población a estudiar eran los supermercados más representativos de la Ciudad y la Unidad muestral, los envases hechos de diferentes tipos de plástico.

El pilotaje o sondeo para estimar cual es el tipo de plástico más utilizado en la zona comercial, se efectuó, dividiendo la población total, es decir, tomando cada cadena de supermercado existente en la ciudad de Manizales como un grupo. A continuación se obtuvo una muestra aleatoria de cada uno de los grupos divididos anteriormente, es decir, un supermercado como muestra representativa de cada cadena.

Figura 20 Fases Método por Conglomerados



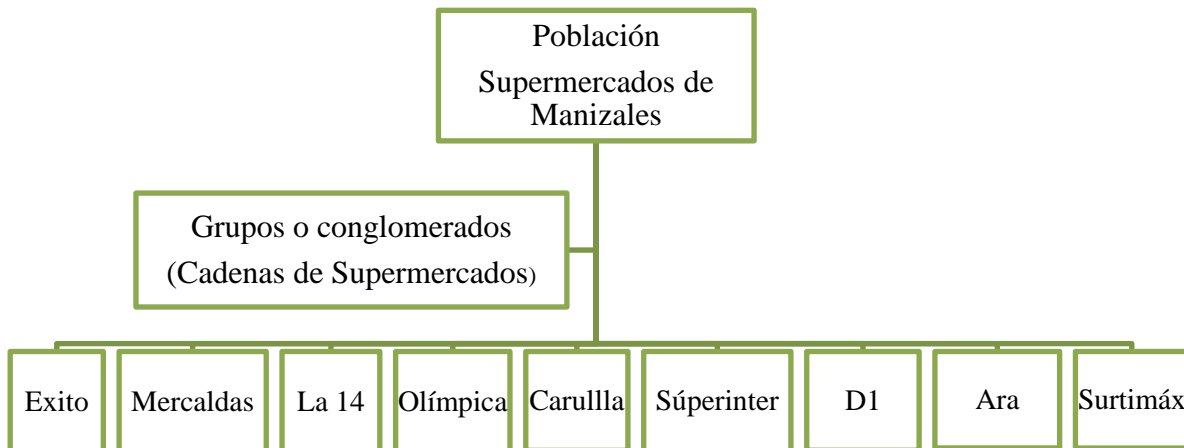
Las cadenas de supermercados o grupos fueron las siguientes

Tabla 3 Conglomerados representados por cadenas de supermercados

CADENA DE SUPERMERCADOS	NUMERO DE SUPERMERCADOS POR CADENA
Éxito	3
Mercaldas	14

La 14	1
Olímpica	4
Carulla	1
Súperinter	1
D1	10
Ara	12
Surtimáx	6

Figura 21 Fases del Metodo por Conglomerados Aplicado al caso de Estudio



De cada una de estas cadenas, se tomó un supermercado como muestra aleatoria y representativa de cada uno de los grupos.

La muestra representativa de cada grupo se indica en la siguiente tabla.

Tabla 4 Muestra representativa por Conglomerados

CADENA DE SUPERMERCADOS (Grupos)	MUESTRA REPRESENTATIVA
Éxito	Éxito Centro Comercial Fundadores
Mercaldas	Mercaldas de Las Palmas
La 14	Centro Comercial Parque Caldas, zona centro
Olímpica	Plaza 51
Carulla	Centro Comercial Cable Plaza
Súperinter	Galería Manizales
D1	Avenida Santander Carrera 23
Ara	Ara de la 50
Surtimáx	Surtimáx La Carola

A cada uno de los supermercados seleccionados, es decir, a cada muestra escogida como representación de cada cadena, se le analizaron dos tipos de productos envasados en materiales plásticos: Producto de aseo y de alimentos.

En cada uno de los supermercados se tomaron 30 unidades (unidades poblacionales) de diferentes marcas, de las cuales 15 eran de productos de aseo y 15 de alimentos, representados en distintas marcas. Todo ello con el fin de determinar el tipo de plástico en el cual estaban contenidos dichos productos.

El trabajo de campo, realizado en las últimas tres semanas del mes de febrero del año 2015, se llevó a cabo con una frecuencia de tres veces por semana, de manera que se registrara la información por semana de tres supermercados; estos registros se ejecutaron, empleando un formato que facilitara y asegurara el muestreo que se llevaba a cabo y el análisis de la información.

De los registros realizados se obtuvo la siguiente información:

Tabla 5 Resultados obtenidos por el muestreo

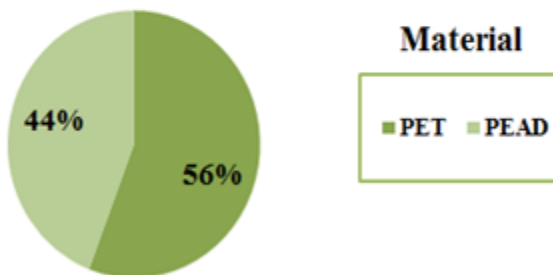
TIPO DE PRODUCTO	TIPO DE PLÁSTICO	CANTIDAD
ASEO	PET	40
	PEAD	95
ALIMENTOS	PET	110
	PEAD	25

Partiendo de los resultados obtenidos es posible concluir que de los productos y marcas seleccionadas en el muestreo, el tipo de plástico que sobresale en este estudio es el PET con una cantidad de 150 unidades, distribuidas en 40 productos de aseo y 110 de alimentos.

En menor proporción se observa el PEAD con una cantidad total en el muestreo de 120 unidades, 95 en productos de aseo y 25 de alimentos.

Figura 22 Analisis Porcentual de la Unidad Poblacional

Analisis Porcentual de la Unidad Poblacional



La grafica de análisis porcentual de la unidad poblacional, es decir, de los envases de diferente material plástico, corrobora la información tabulada anteriormente, destacando al PET con un 56% sobre el PEAD con un 44%.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a raíz del pilotaje realizado por medio del método por Conglomerados, es posible concluir que el tipo de plástico a estudiar en esta investigación, “Evaluación de la gestión de residuos plásticos y análisis de alternativas tecnológicas para su valorización y disposición final en la ciudad de Manizales”, es el PET, Tereftalato de Polietileno.

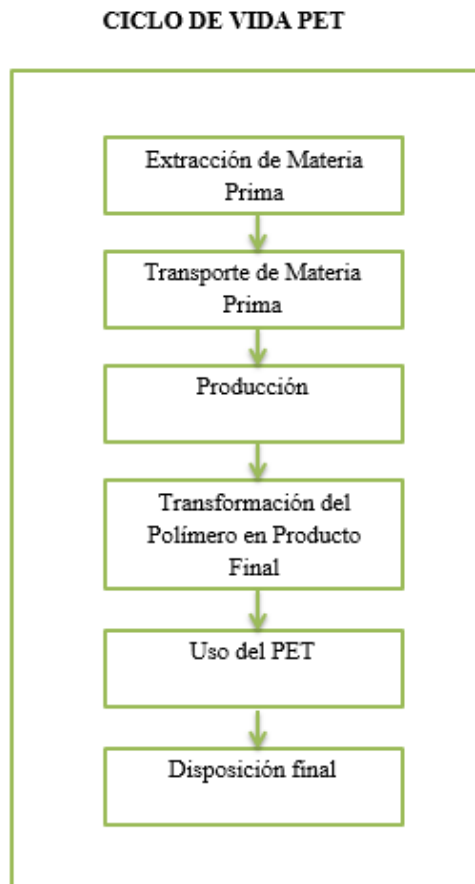
4.2. CICLO DE VIDA POLIETILENO TEREF TALATO (PET)

El estudio del Ciclo de Vida se lleva a cabo para estimar y evaluar los impactos medioambientales atribuibles a un producto o servicio durante todas las etapas de su vida. Esta herramienta tiene como propósito la descripción e identificación de todas las etapas del ciclo de vida de los productos; comenzando con la extracción y retratamiento de las materias primas, continuando con la producción, la distribución y uso del producto final e incluso su posible reutilización, reciclaje o disposición final de estos. (Ecointeligencia, 2013)

En esta ocasión se identificaron los procesos asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de los materiales plásticos de tipo PET, desde la extracción de sus materias primas, producción, transformación, usos y en especial en la disposición final de dichos materiales en Colombia

Las etapas asociadas al ciclo de vida de los productos plásticos de tipo PET se describe a continuación:

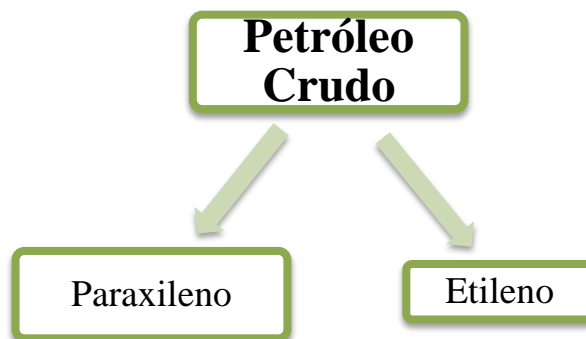
Figura 23 Ciclo de Vida del Producto plástico PET



4.2.1. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El PET se forma a partir del petróleo crudo, gas y aire. Un kilogramo de PET está constituido por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para obtener ácido tereftálico. A su vez, el etileno, que se obtiene principalmente de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar el etilen glicol. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004)

Figura 24 Materias Primas derivadas del Petróleo



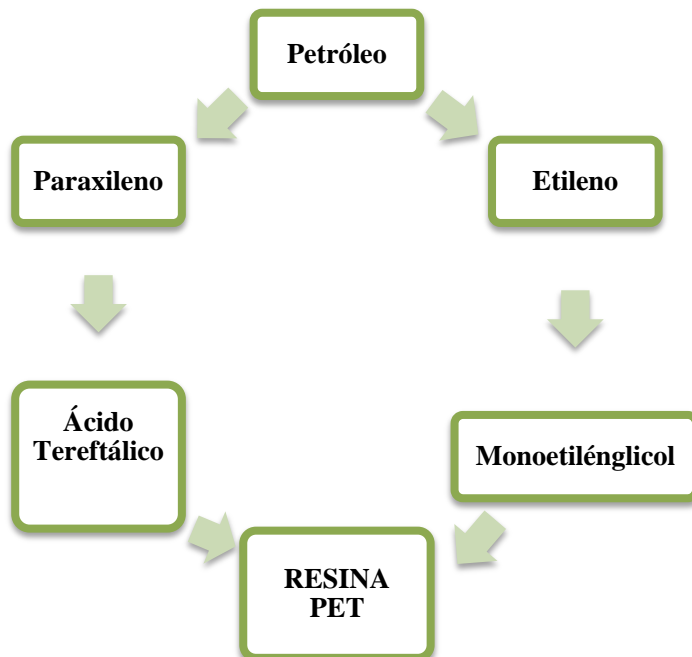
4.2.2. PRODUCCIÓN

Los derivados del paraxileno y del etileno, son el ácido tereftálico y el Etilen glicol, estos son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo.

Figura 25 Obtención de la Resina PET

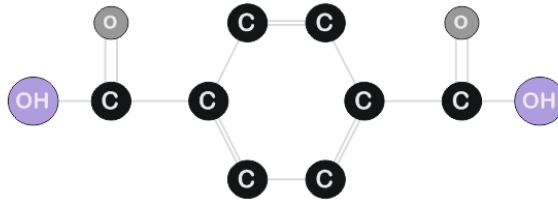
Los compuestos a reaccionar presentan las siguientes características:

- **Ácido tereftálico:** También llamado ácido paraftálico o ácido benceno-p-dicarboxílico, es del tipo aromático donde los radicales carboxilos se encuentran en posición para, en lados opuestos. En el siguiente diagrama se muestra la



producción del ácido tereftálico a partir del Paraxileno por medio de una oxidación.

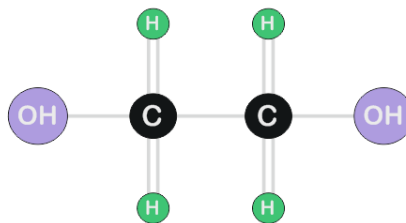
Figura 26 Estructura molecular del ácido tereftálico



Se presenta en forma de cristales o polvo blanco, es insoluble en agua, cloroformo, éter y ácido acético, ligeramente soluble en alcohol y soluble en álcalis, es poco combustible y tóxico. Sublima a temperaturas entre 300 y 425°C (Javier Fuentes Granados, 2009)

- **Monoetilén glicol:** La obtención del etilenglicol parte del etileno, que se obtiene de la refinación del petróleo. Posteriormente, se lleva a cabo una oxidación para obtener el óxido de etileno y finalmente, a través de hidrólisis se obtiene el etilenglicol. Conocido también con el nombre de alcohol etilénico, glicol o 1, 2-etanodiol. Es el glicol más simple, tiene dos radicales oxidrilos, uno en cada átomo de carbono como se puede observar en su estructura.

Figura 27 Estructura molecular del Monoetilén Glicol



Es un líquido transparente, incoloro de sabor dulce, higroscópico y poco volátil.
Es soluble en agua, alcohol y éter. (Javier Fuentes Granados, 2009)

La obtención del PET se lleva a cabo por medio de una reacción directa (esterificación) del ácido tereftálico con el etilen glicol formando un “monómero” (bis-B-hidroxietil tereftalato) el cual se somete a una policondensación para obtener un polímero de cadena larga que contiene cerca de 100 unidades repetidas.

Adicionalmente la reacción de esterificación tiene lugar, con la eliminación del agua como subproducto, la fase de policondensación que se efectúa en condiciones de alto vacío, libera una molécula de glicol cada vez que la cadena se alarga por unidad repetida. Conforme la cadena va alargándose, existe un aumento en el peso molecular, el cual va acompañado por un aumento en la viscosidad de la masa y otras ventajas asociadas proporcionando así una mayor resistencia mecánica. (Tapia, 2012)

4-2.3. TRANSFORMACIÓN

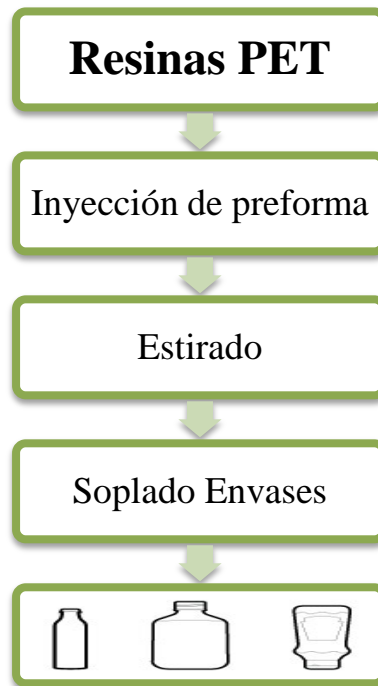
Una vez que se tiene la longitud de la cadena requerida, el PET fundido se solidifica. Esta se efectúa a través de una extrusora con dado de oficios múltiples, para obtener un “pequelo cilindro” que se enfría en agua. En forma semisólida es cortado en un pelletizador y se obtiene el granulado.

El granulado presenta las siguientes características:

- Es amorfo
- Posee un alto contenido de acetaldehído
- Presenta bajo peso molecular

Estas características limitan el uso del PET en la fabricación de botellas, por lo que se hace necesario pasar el granulado por otro proceso conocido como polimerización en fase sólida. Durante este proceso, el granulado se calienta en una atmósfera inerte permitiendo que se mejoren estas tres propiedades simultáneamente, lo cual permite una mayor facilidad y eficiencia del secado y moldeado de la preforma o bien durante la producción y la calidad de la botella misma (Javier Fuentes Granados, 2009).

Figura 28 Proceso Producción de PET



Teniendo en cuenta como se lleva a cabo el proceso de producción del PET se hace importante estudiar cuales son las empresas que en Colombia tienen la producción mas

alta de materia prima para su fabricación y cuales son las empresas que transforman y generan este tipo de materiales.

4.2.4. PRODUCCIÓN DE CRUDO EN COLOMBIA

Según la revista Dinero, las empresas que con fecha a septiembre del 2015 registran los promedios más altos de extracción y producción de crudo por día en Colombia son las siguientes:

1. Ecopetrol - operación directa, 322.718 barriles
2. Meta Petroleum Limited (Pacific), 195.930 barriles
3. Occidental de Colombia, 74.161 barriles
4. Mansarovar Energy, 34.042 barriles
5. Equion Energía, 33.828 barriles
6. Petrominerales Colombia, 32.786 barriles
7. Hocol, 32.486 barriles
8. Petrobras Colombia Limited, 29.062 barriles
9. Perenco Colombia Limited, 21.543 barriles
10. Canacol Energy, 21.510 barriles.

Teniendo presente que la principal materia prima para la fabricación del PET es el petróleo, en Colombia de acuerdo a la información anterior las dos empresas que registran los promedios más altos de su producción son Ecopetrol con un 36%, seguida de Meta Petroleum con un 24,55% (Dinero Mentor, 2011).

Ecopetrol S.A. cuenta con una infraestructura que integra no solo el proceso de extracción de petróleo, adicionalmente también incluye el proceso de transformación de hidrocarburos para garantizar la demanda y el consumo nacional de combustibles y petroquímicos de manera rentable y con estándares de calidad altos. Por tal motivo tiene operaciones de refinación de manera directa en Barrancabermeja, y también a través de su filial Reficar, en Cartagena.

La capacidad de carga en Barrancabermeja es de 250.000 barriles por día y en Cartagena, una vez termine el proyecto de ampliación, se espera una cantidad de 165.000 barriles diarios. Con estas dos refinerías se suple la producción nacional de combustibles que permite atender la demanda del país y la salida de productos de exportación. (Ecopetrol, 2014)

4.2.5. EMPRESAS PRODUCTORAS Y TRANSFORMADORAS DE PET

A continuación se mencionan las empresas que en Colombia producen la resina del PET o transforman la resina fabricando diferentes productos plásticos a partir de este material.

Tabla 6 Empresas Productoras de PET

Empresa	Actividad
FADEPLAST	<p>Empresa con 25 años de trayectoria, pionera en Colombia en la elaboración de envases P.E.T, resina de la cual se elaboran las botellas plásticas actuales para bebidas gaseosas, aceites de mesa, agua, jugos, productos farmacéuticos y de aseo, entre otras botellas que FADEPLAST fabrica.</p> <p>Servicio de Soplado de Envases entre 120 cc y 5.000 cc</p> <p>Empresa transformadora de resina PET.</p>
Polimerica S.A.S.	<p>Especialistas en fabricación y distribución de tapas y envases plásticos en PEAD, PET y PP. Servicios de impresión serigráfica para decoración de envases y etiquetado termoencogible. Diseño de productos, modelado sólido y virtual CAD.</p> <p>Empresa transformadora.</p>
Iberplast S.A	<p>Fabricación y comercialización de envases y empaques elaborados con resinas plásticas, acero cromado y aluminio para bebidas carbonatadas, agua mineral y otros productos líquidos. Preformas PET, botellas, botellones, cajas y tapas plásticas y metálicas. Servicios de litografía, refileado e impresión en lámina.</p> <p>Empresa transformadora.</p>

<p>Corporación Plástica S.A.S. - Corplas</p>	<p>Producción y comercialización de envases, tapas y piezas plásticas en PET, PEAD, PP y PVC con tecnologías de inyección, soplado, extrusión-soplado e inyección-soplado. Elaboración de envases para ser llenados en caliente. Servicios de impresión y diseño de productos y moldes. Empresa transformadora.</p>
<p>San Miguel Industrias PET S.A.</p>	<p>Producción y comercialización de preformas y envases en PET. Preformas hot-fill para el llenado de productos en caliente. Botellas para bebidas carbonatadas, agua, jugos, lácteos, aceites y productos agroquímicos. Planta de reciclaje PET bottle-to-bottle. Empresa transformadora.</p>
<p>Plásticos Minipet S.A.S.</p>	<p>Fabricación de envases PET, tapas plásticas, válvula spray, pocketbac y preformas. Especialistas en envases pequeños para las industrias hotelera, cosmética, farmacéutica, alimentaria, de aseo y publicitaria. Diseño y fabricación de moldes de soplado entre 5 ml y 300 ml. Empresa transformadora.</p>

Fuente: Directorio Colombiano de las industrias del plástico, química, petroquímica, caucho, pinturas, tintas y fibras: Acoplasticos 2013-2014

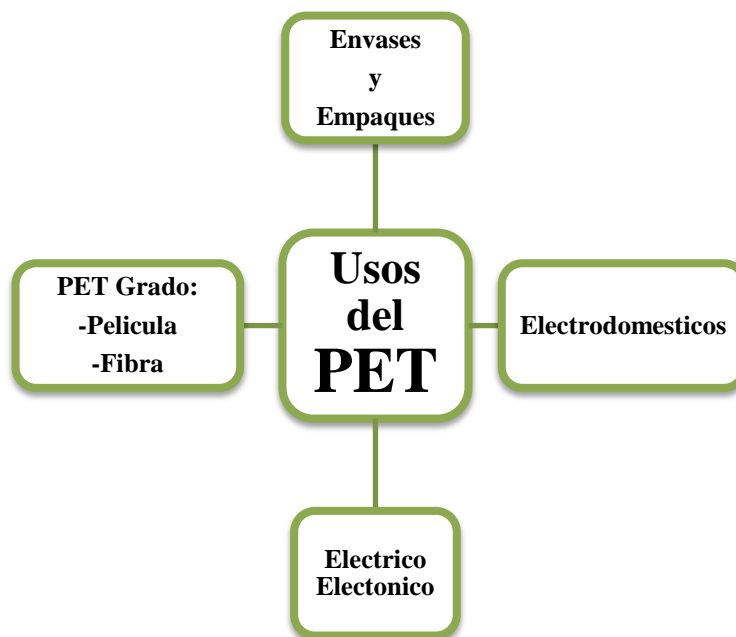
4.2.6. USOS DEL PET

El uso del PET se ve determinado de acuerdo al grado y estructura química que este tenga, se diferencian principalmente por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio,

grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería. Los que poseen mayor cristalinidad son para el grado ingeniería, para lámina y botella se utiliza grado amorfo.

A continuación se mencionan las aplicaciones más importantes del PET en diferentes sectores de la industria:

Figura 29 Usos del PET en la Industria



- **Envases y empaque:** Por sus buenas propiedades de barreras a gases y resistencia química, se utiliza en la fabricación de botellas, tarros y frascos para envasar bebidas, alimentos, productos cosméticos y farmacéuticos entre los que sobresalen, aguas, refrescos, jugos, vinos, licores, aceites comestibles, aderezos para ensalada, vinagre, salsas, mermeladas, productos lácteos, shampoos, lociones, artículos de tocador y medicamentos.

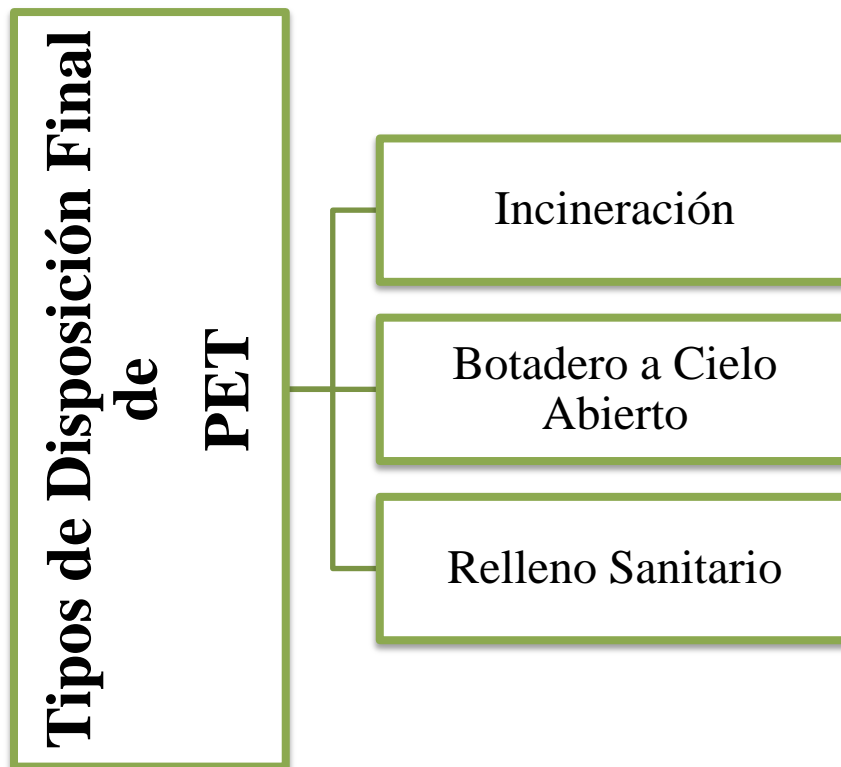
- **Electrodomésticos:** Se emplea en bases de carcazas de aparatos de mediano y pequeño tamaño, tostadores, hornos de convección, freidora, tenazas eléctricas, sartenes eléctricas, planchas, secadores de cabello y asas.
- **Eléctrico- Electrónico:** Se fabrican carcazas para motores eléctricos, engranes, bases elevadores, transformadores, copiadoras, circuitos impresos y contactores.
- **PET grado película:** Cuando la película se destina al empaque de alimentos, se emplea como base para laminados termosellables o metalizados.
Se utiliza para el empaque de productos muy sensibles a la humedad que requieren larga vida de anaquel como los dulces, galletas, fármacos, reactivos y polvos para preparar bebidas.
- **PET grado fibra:** Debido a su resistencia, se emplea en telas tejidas y cordeles, partes para cinturones de seguridad, hilos de costura y refuerzo de llantas; por su baja elongación y alta tenacidad, es utilizado en refuerzos para mangueras. (Javier Fuentes Granados, 2009)

4.2.7. DISPOSICIÓN FINAL DEL PET

La disposición final de los residuos plásticos PET es muy diversa debido a la variedad de usos que se le confiere a este material y a la educación cultural que tiene la comunidad con relación al manejo de los residuos plásticos.

Algunas de las actividades en función del manejo y disposición de los residuos plásticos de tipo PET son los siguientes:

Figura 30 Tipos de Disposición Final del PET



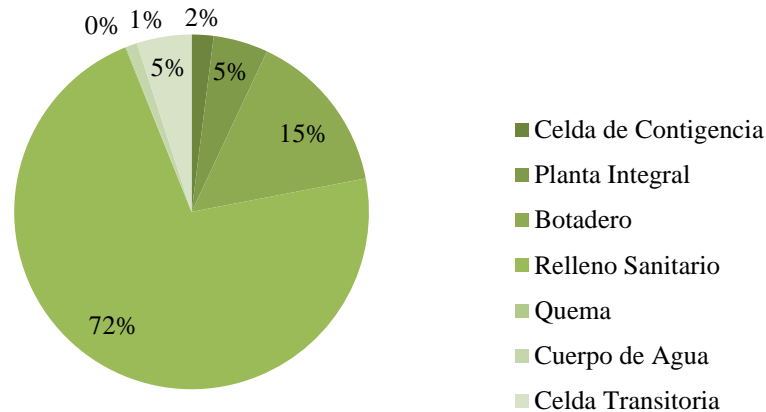
La incineración es uno de los procesos térmicos que pueden aplicarse en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos para disminuir su cantidad y aprovechar la

energía que contienen. En Colombia se emplea este método principalmente para tratar residuos peligrosos, por lo cual aún no es una alternativa conocida para manejar residuos plásticos de tipo PET.

Según un estudio realizado por la superintendencia de servicios sobre disposición final de residuos sólidos en Colombia para el año 2013, la distribución de municipios por tipo de sistema de disposición final estaba dispuesto de la siguiente forma:

- El 72% de los municipios (789) se encontraban disponiendo en rellenos sanitarios
- El 15% en botaderos (163)
- El 5.2% en planta integral (57)
- El 4.6% en celda transitoria (51)
- El 2% en celda de contingencia (27)
- El 1% en cuerpos de agua (14)
- El 0,1% quema de residuos

Figura 31 Distribución de Municipios por tipo de disposición final 2013



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Disposición Final de Residuos Sólidos en Colombia 2013

El botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que él mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos.

Para el año 2009 en Colombia existían alrededor de 284 botaderos a cielo abierto y los departamentos de la Guajira, Guainía, Amazonas y Choco concentraban la mayor cantidad de botaderos a cielo abierto del país. (CARACOLRADIO, 2009) Con el periodo de mandato del ex-ministro de ambiente Juan Lozano poco después de haberse implementado la política para la gestión integral de residuos sólidos con el fin de

desaparecer los botaderos a cielo abierto, se logró que 139 municipios del país cambiaran su manera de disponer sus residuos para evitar daños al medio ambiente y en la actualidad aún se está buscando cambiar los hábitos de disposición de algunos municipios en función de la conservación del medio ambiente.

Según lo dispuesto por el Decreto 838 de 2005, el relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Hace poco menos de un siglo, en Estados Unidos, surgió el relleno sanitario como resultado de las experiencias, de compactación y cobertura de los residuos con equipo pesado; desde entonces, se emplea este término para aludir al sitio en el cual los residuos son primero depositados y luego cubiertos al final de cada día de operación. En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control. En la ciudad de Manizales la actividad de disposición final de los residuos sólidos ordinarios es de tipo regional y se efectúa en el relleno sanitario La Esmeralda, el cual comenzó su funcionamiento en el año 1991 en el predio ubicado en el Km 2 vía Manizales - Neira, como una alternativa para el buen manejo de los residuos sólidos municipales. Antes de su operación, las basuras eran depositadas sobre el cauce de la quebrada Olivares, generando considerables

impactos ambientales negativos sobre esta corriente y las comunidades que habitaban sus alrededores.

En el año 1995, el Relleno Sanitario La Esmeralda fue entregado en condición de comodato a la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS S.A. E.S.P., para ejecutar su operación. El relleno cuenta con 54 hectáreas, de las cuales 12 se utilizan para la disposición final de residuos sólidos ordinarios. Actualmente, además de los residuos del municipio de Manizales (los cuales constituyen un 60,34% del total dispuesto en 2014), se disponen también residuos provenientes de Chinchiná, Villamaría, Arauca, Risaralda, San José, Anserma, Belalcázar, Riosucio, Marmato, Supía, Salamina, Aranzazu, Filadelfia, La Merced, Marulanda, Fresno, Herveo, Murillo, Calarcá y Santa Rosa de Cabal.

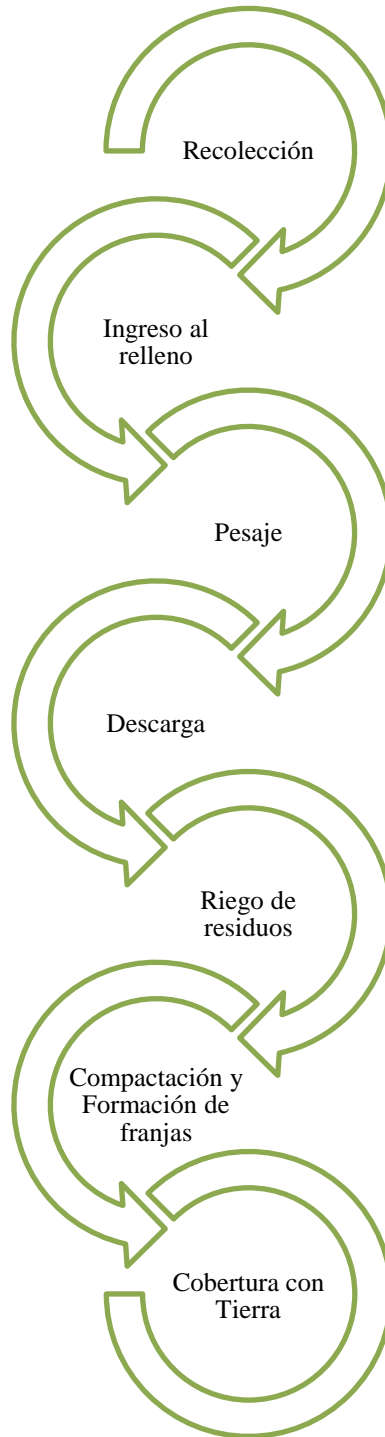
Para realizar su operación y de acuerdo con la normativa, el relleno cuenta con un Plan de Manejo Ambiental (PMA) otorgado por CORPOCALDAS mediante la Resolución 4426 de 1999, cuya implementación continúa a fin de controlar y monitorear los impactos ambientales generados por la actividad de disposición final, esto ha hecho que el relleno sea considerado como uno de los mejores del país, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

De acuerdo con la estimación realizada por EMAS S.A. E.S.P., el relleno sanitario tiene una vida útil hasta el año 2021; lo cual indica que sólo se dispone de cinco (5) años más a partir de la fecha para continuar realizando la actividad en este lugar; situación que obliga a tomar medidas de carácter prioritario a fin de garantizar la disposición final en el mediano y largo plazo de los residuos generados, no sólo del municipio sino también de los de la región que se encuentran disponiendo actualmente en él.. (Alcaldía de

Manizales, Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Obras Públicas, Secretaría de Planeación, 2015)

El proceso de disposición final que se lleva a cabo en el relleno sanitario La Esmeralda se describe a continuación:

Figura 32 Proceso disposición de residuos Relleno La Esmeralda



Una vez ingresan los carros con los residuos a las instalaciones del relleno, se realiza un pesaje para tener un control sobre la cantidad de residuos que se ingresan, a continuación los residuos son descargados sobre la zona que se tiene destinada para realizar la franja, por medio de un Bulldozer se riegan y distribuyen sobre la franja de trabajo para ser compactados. Se termina la franja de trabajo e inmediatamente se realiza la cobertura con tierra.

En las siguientes figuras se muestra la báscula en donde se realiza el pesaje de los vehículos y la distribución que se le da a los residuos en franjas.

Figura 33 Zona de pesaje



Fuente: Relleno Sanitario La Esmeralda, Manizales

Figura 34 Franja de Trabajo



Fuente: Relleno Sanitario La Esmeralda, Manizales

Antes de iniciar la franja se instala el sistema de filtro, el cual esta compuesto por unos filtros transversales que ayudan a captar más rápido los lixiviados desde el interior de la masa de residuos, este filtro es conocida comúnmente como estructura en espina de pescado.

Las chimeneas están ubicadas estrategicamnete en diferentes zonas sobre la franja de trabajo, estas se forman desde la base donde se empieza a formar la franja de residuos y a medida de que el número de franjas aumenta, la chimenea se extiende para evacuar los gases que se generan en la masa de residuos. Debido a que los gases tienen movilidad en cualquier sentido y son mucho más livianos, estos buscan la salida de las chimeneas para ser liberados.

De igual forma los lixiviados por precipitación buscan la salida de los filtros para ser expulsados, esta cadena de filtros desemboca posteriormente en la planta de tratamiento de lixiviados que se tiene dentro de las instalaciones del relleno.

En la siguiente figura se muestra una vista aérea de la extensión que se está trabajando en la actualidad dentro del relleno.

Figura 35 Vista aérea Relleno Sanitario



Fuente: Relleno Sanitario La Esmeralda, Manizales

En la actualidad no se conocen cifras estadísticas sobre dichos cambios relacionados con la distribución de los Municipios según su tipo de disposición final, pero se tiene claro que de acuerdo a las políticas nuevas de gestión integral de residuos sólidos se están adelantando acciones y planes en función de una disposición final adecuada y sostenible dentro del sistema nacional.

4.3. IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS GENERADOS DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS PET

Dando continuidad al estudio del Ciclo de Vida como marco metodológico para estimar y evaluar los impactos medioambientales atribuibles a un producto durante todas las etapas de su vida, en este capítulo se determinara cual es la problemática ambiental de los productos plásticos de tipo PET desde su producción y materia prima empleada hasta su disposición final. Esto debido a que todas las actividades o procesos generan impactos medioambientales, consume recursos, emiten sustancias al medio ambiente y generan otras modificaciones ambientales durante su vida.

4.3.1. MATERIA PRIMA EMPLEADA

La materia prima empleada para la fabricación del Polietileno Tereftalato PET, es extraída a partir de combustibles que se encuentran en la corteza terrestre como lo son el petróleo y el gas natural. En la actualidad son muchos los productos plásticos elaborados a partir de los derivados del petróleo, una fuente natural no renovable. El hecho de que el petróleo sea la materia prima en mayor proporción para la fabricación de estos productos repercute considerablemente no solo en el impacto que pueden causar durante los procesos de producción del plástico, sino también en las consecuencias de disposición final sobre el medio ambiente.

El uso del petróleo como combustible fósil está asociado a muchos problemas ambientales, los cuales afectan al ecosistema de diferentes maneras, una de las más representativas se lleva a cabo durante el proceso de perforación, al extraer y ser procesado el petróleo no resulta del todo eficiente y genera desechos. Por esta razón,

pueden ingresar a la tierra subproductos nocivos, formando también Alteraciones en el equilibrio natural del ecosistema generando consigo la pérdida de la biodiversidad y modificaciones de los patrones de conducta de los animales a causa de la contaminación acústica producto de las perforaciones, conjuntamente el consumo y contaminación de grandes cantidades de agua, Además el transporte de combustibles puede ocasionar zonas de derrames químicos y daños donde la vegetación puede destruirse y tardar años en recuperarse. (Diana Alexandra Navas Torres, 2010).

Los impactos ambientales negativos generados por la utilización del petróleo como materia prima están asociados a cada uno de los procesos del funcionamiento de la industria de extracción petrolera, a continuación se realizara una breve descripción de las etapas desarrolladas en esta industria y los impactos ambientales generados en cada una de ellas.

Prospección Sísmica: Es un proceso geofísico que consiste en crear temblores artificiales de tierra, con el uso de explosivos que causan ondas con las que se hace una ecografía del subsuelo, donde aparecen las diversas estructuras existentes, incluyendo estructura que potencialmente pueden almacenar hidrocarburos. La prospección sísmica puede ser 2D (en dos dimensiones) o 3D (tridimensional). Estas se diferencian por la distancia entre las líneas sísmicas o densidad de la malla que es mayor en la sísmica 3D. Conseguir una mayor densidad significa que las labores de la sísmica son mucho más intensas y por ello hay mayores impactos en el medio (Bravo, 2007).

Impactos ambientales negativos

- Deforestación por la apertura de la trocha y la construcción de helipuertos y de campamentos provisionales. Este impacto varía en función de la cobertura vegetal presente a lo largo de la trocha y del número de helipuertos construidos.
- Durante la prospección sísmica se producen niveles de ruido de gran magnitud, debido a las detonaciones de dinamita que se hacen cada 6 metros, así como el ruido producido por los helicópteros que suplen de materiales y alimentación a los trabajos sísmicos.
- Compactación del suelo cuando se usan camiones vibradores. Generación o aceleración de procesos erosivos cuando la operación se realiza en terrenos susceptibles o inestables, y en algunos casos derrumbes. Las explosiones producen movimiento de suelo cuando los pozos quedan mal tapado.
- Debido a las explotaciones hay desplazamiento de fauna por efecto del ruido y muerte de peces cuando las detonaciones son en el agua.

Perforación: Durante la perforación básicamente se tritura la roca, a profundidades que pueden llegar hasta unos 6 Kilómetros, produciendo un tipo de desechos llamados cortes de perforación.

Impactos ambientales negativos

- Los cortes de perforación están compuesto de una mezcla heterogénea de rocas, cuya composición depende de la estratología local, que puede incluir metales pesados, sustancias radioactivas u otros elementos contaminantes. Pueden

contener en mayor o menor grado por hidrocarburos. Estos son considerados agentes contaminantes y entre mayor es la profundidad a la que se perfora, se generan mayor cantidad de desechos, los cuales contienen niveles mas altos de toxicidad.

- En la perforación se utiliza los lodos de perforación, que pueden ser en base a aceite o agua. Estos lodos contienen una gran cantidad de aditivos químicos, que se bombea al pozo productor para actuar como lubricante y refrigerante a la broca o como herramienta para levantar la roca cortada por la broca, evitar la corrosión, el derrumbe de las paredes del pozo, controlar que los líquidos en las diferentes formaciones del subsuelo (aguas de formación y crudo) y el gas fluyan sin control hacia la superficie. Sin embargo estos lodos inhiben el crecimiento y desarrollo reproductivo de algunas especies acuáticas, reduce el establecimiento de ciertas comunidades biológicas cuyos hábitos son alterados.
- En los cortes de perforación se observan metales pesados como el cadmio, plomo, mercurio, arsénico y cobre, metales que afectan el recurso hídrico y afectan la calidad del suelo.
- Durante la cementación de los pozos, se utiliza una serie de químicos con distintos grados de toxicidad, siendo los más importantes el limo y la arcilla. A estos se añade otros aditivos para acelerar (cloruro de sodio, silicato de sodio y carbonato de sodio) o retardar (lignina, lignosulfonato de calcio y derivados de celulosa) el proceso de cementación. Sin embargo estos químicos ingresan eventualmnte al ambiente (Bravo, 2007).

Extracción: La primera fase de la extracción es exploratoria, para evaluar el tamaño de las reservas presentes. Una vez perforado el pozo, se extrae una cantidad de crudo diariamente. El crudo extraído (desechos de pruebas) es colocado en la piscina de desecho, contribuyendo aun más a la contaminación presente en esas piscinas. En otros casos se quema. Se calcula que por cada pozo se generan unos 42.000 galones de desechos de prueba. Una vez declarada su viabilidad comercial, se incrementa el número de pozos, y con ello los impactos antes descritos.

Cuando el pozo empieza a extraer petróleo de manera regular, se realiza cada año o dos veces al año, el reacondicionamiento de los pozos, cuyos desechos tóxicos son colocados en las piscinas. A partir de estas piscinas puede haber una migración vertical de los contaminantes hacia los acuíferos, pero también desde las piscinas de desechos, las mismas que en algunos casos son escavados hasta el nivel de los acuíferos. Dado que las piscinas están abiertas, cuando llueve estas rebosan y los contaminantes migran a las áreas aledañas entre las que se incluye ríos, lagunas, zonas boscosas, otros ecosistemas naturales o áreas agrícolas.

Junto con el petróleo, salen del subsuelo dos tipos de compuestos asociados: las aguas de formación y el gas.

Impactos ambientales negativos

- Uno de los problemas más significativos durante la extracción de petróleo, es el agua salobre presente en los yacimientos petroleros y que sale a la superficie asociada con el crudo.

El agua de formación es un agua sedimentaria de 150 millones de años. Debido al prolongado contacto agua/roca, concentra niveles de salinidad

(particularmente cloruro de sodio y otros sólidos) que pueden llegar a variar de 30.000 p.p.m. a 100.000 p.p.m en yacimientos de crudos pesados. Estas aguas afectan a diferentes especies acuáticas por sus altos niveles de salinidad. En algunas operaciones petroleras, el agua de formación es “tratada” en tres piscinas abiertas colocadas en tres niveles descendentes, donde el agua llega mediante tuberías, bajo el presupuesto que en cada piscina las partículas de sal son retenidas por decantación. Con frecuencia se forman piscinas artificiales junto a las piscinas de formación, con altos contenidos de petróleo. Una vez “purificada” el agua sale al ambiente pues es vertida a cuerpos de agua aledaños. Sin embargo, es fácil observar que el agua de ríos y cuerpos de agua cercanos a las piscinas de agua contienen importantes cantidades de hidrocarburos. Es fácil encontrar atrás de las estaciones petroleras pantanos creados por el vertimiento de las aguas de formación (Bravo, 2007).

Transporte: El crudo extraído de los pozos petroleros, es transportado por oleoductos a una infraestructura central donde es tratado y luego este crudo se transporta a una estructura central para su exportación. El agua de formación y el gas son transportados por líneas de flujo. Miles de kilómetros están atravesados por oleoductos y líneas de flujo en zonas de explotación petrolera. Los oleoductos y líneas de flujo pueden estar enterradas o están tendidos en la superficie y son una fuente constante de contaminación, ya sea por rupturas accidentales o por goteo rutinario debido al envejecimiento de la tubería.

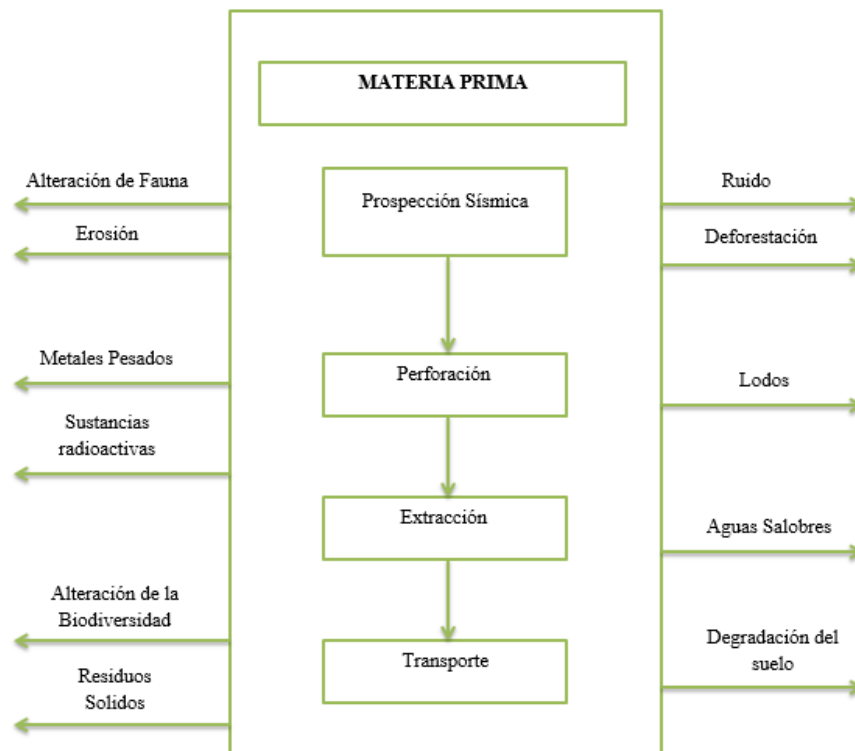
Impactos ambientales negativos

- Los suelos adyacentes a las líneas de flujo y oleoductos están totalmente degradados por los constantes derrames. A lo largo del tendido de los

oleoductos hay gran cantidad de chatarra, incluyendo tuberías abandonadas y otra chatarra procedente de la reparación de estas áreas.

- Para el derecho de vía se tala bosques o ecosistemas naturales, o se afecta zonas donde existe producción agrícola.
- El tendido del oleoducto interrumpe corredores biológicos para los animales como son zonas de anidación, de cacería, saladeros y de reproducción (Bravo, 2007).

Figura 36 Impactos ambientales negativos fase de extracción de materias primas



4.3.2. PRODUCCIÓN DE PET

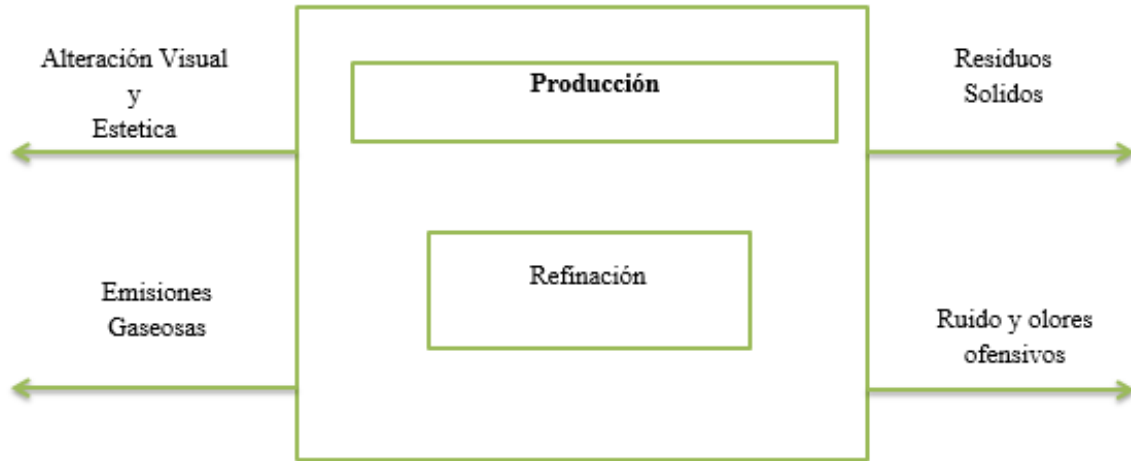
La producción del PET inicia con la refinación del petróleo, la cual tiene lugar con la separación del petróleo crudo en diferentes fracciones de la destilación. Estas fracciones se tratan más a fondo para convertirlas en mezclas de productos con los derivados del petróleo netamente comerciales y más útiles por diversos y diferentes métodos, tales como craqueo, reformado, alquilación, polimerización e isomerización.

Impactos ambientales negativos

- Los impactos ambientales de la refinación de petróleo son el resultado, principalmente, de las emisiones gaseosas, descargas de efluentes, desechos sólidos, ruido y olor además de efectos visuales o estéticos.
- Las emisiones atmosféricas constituyen las causas más significativas de los impactos ambientales negativos de las refinerías. Las más importantes son las partículas, hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno. Emanan de diferentes fuentes incluyendo la unidad de desintegración catalítica, los procesos de recuperación de azufre, calentadores, desfuegos, mecheros y almacenamiento de los productos o materias primas. Los sellos de las bombas y las válvulas pueden originar las emisiones fugitivas. La combinación de estas emanaciones puede causar olores nocivos que afectarán a grandes áreas alrededor de la refinería.
- Se emplean grandes cantidades de agua en la refinación de petróleo para lavar los materiales indeseados de la corriente del proceso, para enfriamiento y producción de vapor, y en los procesos de reacción.

- Entre los contaminantes principales que se encuentran en los efluentes de las refinерías de petróleo se encuentran aceites y grasas, amoniaco, compuestos fenólicos, sulfuros, ácidos orgánicos, y cromo y otros metales
- generan grandes cantidades de desechos sólidos; los principales son las partículas catalíticas de las unidades de desintegración, finos de coque, sulfuros de hierro, medios de filtración, y diferentes lodos (de la limpieza de los tanques, separadores de aceite y agua, y sistemas de tratamiento de las aguas servidas).
- La operación de refinación de petróleo puede ser ruidosa. Las fuentes de ruido son los compresores de alta velocidad, las válvulas de control, los sistemas de tubería, turbinas y motores, mecheros, intercambiadores de calor con enfriamiento por aire, ventiladores, torres de enfriamiento y desfogues (Valdez, 2009).

Figura 37 Impactos ambientales negativos fase de producción del PET

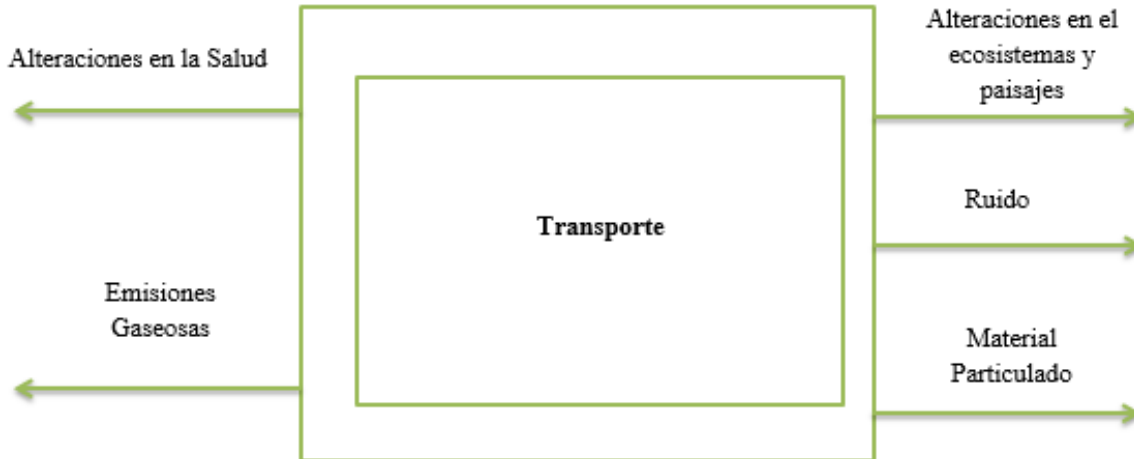


4.3.3. TRANSPORTE DE PET

Esta es una de las etapas en las que mayores impactos se registran para el medio ambiente, esto a causa del uso indiscriminado de combustibles fósiles para el transporte y distribución de los materiales plásticos tipo PET, generando consigo emisiones de NO_x, CO, CO₂, COV's y material particulado que contribuyen al Efecto invernadero y deterioro de la capa de ozono, además produce afectaciones sobre la salud humana, Alteración de ecosistemas y paisajes, Fragmentación de hábitats y contaminación acústica. (Proyecto SIGMA II, 2011)

Esta actividad es un factor indispensable en cuanto a la medición de la huella de carbono del Polietileno Tereftalato PET.

Figura 38 Impactos ambientales negativos fase de transporte del PET



4.3.4. DISPOSICIÓN FINAL DEL PET

La disposición final de los residuos plásticos es muy variada debido a la educación y cultura de la población en cuanto a su gestión, alternativas tecnológicas y recursos disponibles, de esta forma, existen quienes realizan una previa clasificación de los residuos a espera de las rutas de recolección para su aprovechamiento y también quienes no los clasifican depositándolos con los otros residuos para ser llevados por el carro compactador al relleno sanitario. En el caso de Manizales son llevados al relleno sanitario La Esmeralda, lo cual repercute en que sean dispuestos con otro tipo de materiales generando espacios de aire que no permiten una compactación óptima de los residuos y reduciendo el tiempo de vida del relleno, todo esto debido a que es un material no biodegradable, por lo que el tiempo de descomposición de estos productos es lento, lo que conlleva a que permanezcan de 100 a 1000 años en estos sitios de disposición. Adicional a esto, se debe tener presente que entre más residuos plásticos lleguen al relleno, se contribuye a la necesidad de ampliación de este sitio, situación

perjudicial para la comunidad aledaña. A su vez, durante la fase de disposición final se generan gases como el dióxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno perjudiciales para la atmosfera y al enterrar este tipo de residuos se genera una pérdida de material y energía, que podría significar una reducción en demanda de materias primas. (ASIPLA , 2010)

Sin embargo, no todos los residuos plásticos son llevados al relleno, por lo que existen diferentes impactos de acuerdo a su disposición. Parte de estos residuos quedan en las vías públicas de la ciudad generando un impacto visual para la comunidad. Además, los residuos plásticos mal dispuestos contaminan las vías públicas, obstruyen alcantarillas y dadas sus propiedades de impermeabilidad y durabilidad los residuos plásticos permanecen en ellas, taponándolas y perjudicando las vías en épocas de lluvias.

A nivel mundial el principal impacto ambiental es la contaminación de los océanos y mares. Es un impacto acumulativo que se presenta a largo plazo y cubre gran cantidad de espacios de todo el planeta. Se han encontrado grandes cantidades de residuos plásticos contaminando los hábitats marinos desde los polos hasta el ecuador, desde costas remotas inhabitadas hasta costas altamente pobladas y áreas profundas del océano (Maldonado, 2012). La presencia de los residuos plásticos representa una amenaza para la biodiversidad. Los animales se enredan con estos, y pueden resultar heridos, inmóviles o muertos. Se acumulan de manera que con el movimiento de las aguas golpean los ecosistemas acuáticos y los fracturan. Los plásticos se terminan fragmentando en el ambiente y como consecuencia pueden ser ingeridos por diferentes especies que los confunden con comida. Esto puede significar la muerte instantánea por ahogamiento o afectar internamente el organismo del animal. Se sabe que al menos 267 especies se han enredado o han ingerido estos residuos, incluyendo pájaros, tortugas, focas, leones marinos, ballenas y pescados (Maldonado, 2012).

En la Ciudad de Manizales no se cuenta con esta problemática, pero si es posible observar la acumulación de estos materiales en los ríos y quebradas, por lo que el bajo peso del plástico es una problemática ambiental cuando estos navegan por diferentes corrientes de agua.

Adicional a esto, la combustión no controlada de estos materiales en compañía de otro tipo de residuos que se presenta frecuentemente en la zona rural, conlleva a la generación de gases como el monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxidos de azufre perjudiciales para la atmósfera y de la quema de los plásticos se obtienen residuos como polvos y cenizas, material particulado de difícil tratamiento (Ramon, 2014).

De igual forma los procesos de recuperación y reciclaje mecánico, llevados a cabo en Manizales, generan diferentes impactos ambientales. En el proceso de selección y acopio se evidencia que los residuos que han estado en contacto con alimentos, poseen un desagradable olor que indica procesos de putrefacción de los residuos alimenticios contenidos en estos. Las botellas PET son fuente de malos olores al tener contenido líquido en estado de descomposición.

Durante el proceso de lavado, el recurso hídrico se ve afectado, dependiendo del tipo, calidad y procedencia del residuo recuperado. En el lavado se concentran en el agua las sustancias residuales que contienen los mismos. En general, estos vertimientos presentan un alto contenido de materia orgánica, grasas y aceites y de sólidos suspendidos y sólidos sedimentables (Acoplásticos & MVADT, 2004).

En los procesos de aglutinado, trozado, secado y molinos, se generan ruidos que afectan la salud auditiva de quienes trabajan, por lo que es necesario utilizar la respectiva protección auditiva.

El procesamiento de plásticos tiene riesgos de seguridad industrial y de salud ocupacional. Las afectaciones a la salud son debidas a polvo, partículas que salen de los procesos al aire, los altos niveles de ruido, altas temperaturas, calor y emisiones de gases, los cuales afectan también la calidad del aire. (Maldonado, 2012)

En la siguiente grafica se resumen los impactos negativos asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida del material plastico PET.

Figura 39 Impactos ambientales negativos fase de disposición final del PET



4.4. PLANES Y PROGRAMAS APLICADOS EN LA CIUDAD DE MANIZALES

Conservar el planeta es una tarea que día a día se está imponiendo a nivel mundial, por lo que en la actualidad no solo se hace necesario tomar medidas en cuanto a problemáticas como el cambio climático, la contaminación ambiental y la generación de gases tóxicos por industrias, también se hace necesario dar una solución oportuna a la gestión de los residuos sólidos urbanos; y es precisamente esta necesidad la que impulsa el desarrollo de sistemas alternativos de reciclaje, aprovechamiento y valorización en función de la gestión de envases plásticos comúnmente usados, como son los PET.

En este capítulo, se estudiarán los planes, programas y tecnologías que se aplican en la Ciudad de Manizales como aprovechamiento y valorización de este tipo de materiales.

Para iniciar con este estudio, es preciso aclarar de acuerdo a la normativa colombiana la diferencia entre reciclaje y aprovechamiento

- **Aprovechamiento:** Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.
- **Reciclaje:** Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización.

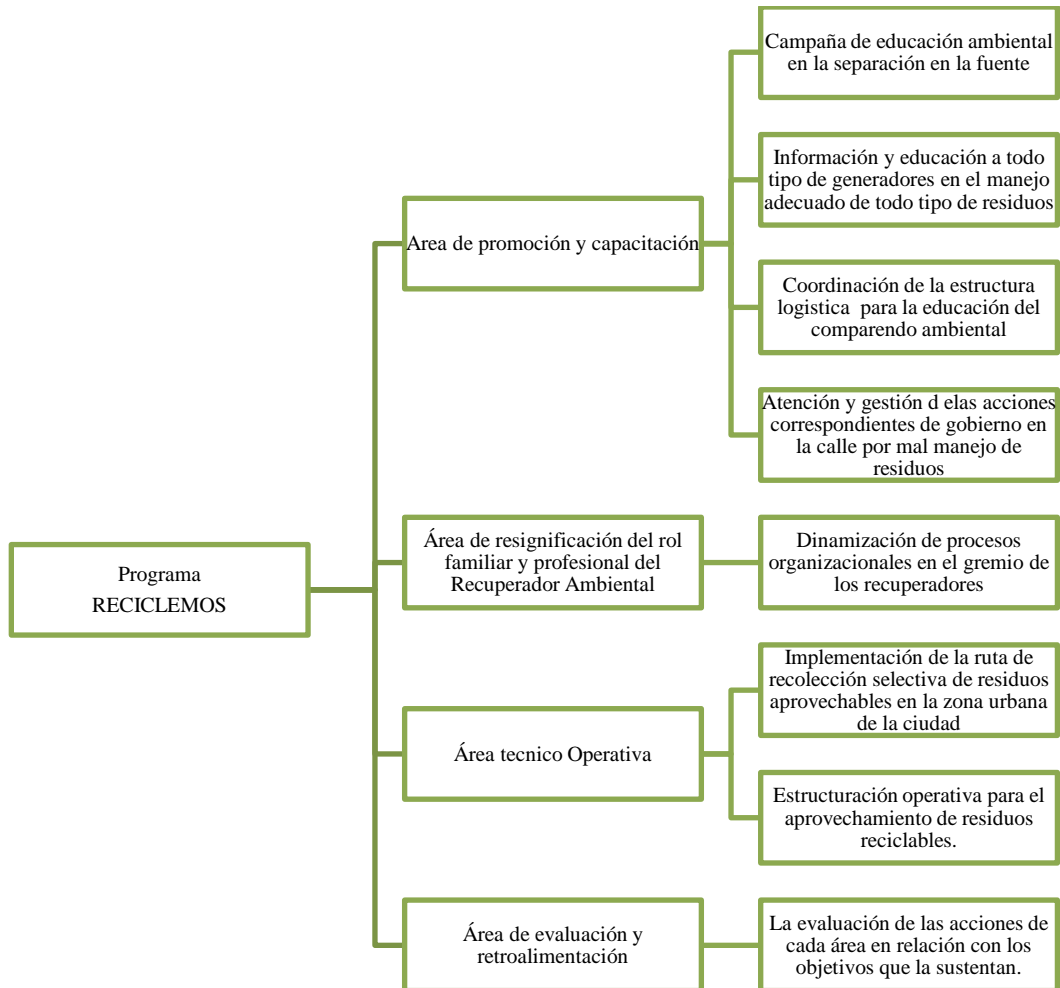
Dentro de los programas de aprovechamiento que debe incluir el Municipio dentro del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, se encuentra el programa RECICLEMOS, que hasta el año 2015 fue dirigido por la fundación FESCO .

Dicho programa tiene como objetivo generar cultura ciudadana de separación en la fuente y movilizar hábitos para el adecuado manejo de los residuos sólidos.

A través de este proyecto se gestiona la estructura operativa para el aprovechamiento de estos residuos, se educa a los generadores de residuos en su adecuado manejo, asesora la construcción de planes ambientales, moviliza procesos organizacionales en el gremio de recuperadores, implementa la ruta de recolección selectiva de residuos aprovechables de la ciudad, lidera la estructura logística para la educación del comparendo ambiental, atiende y gestiona las acciones correspondientes de gobierno en la calle de la actual administración por mal manejo de residuos.

Estas acciones se estructuran cada año en las siguientes áreas de intervención. Según se ilustra en la siguiente grafica.

Figura 40 Proyecto Reciclemos y áreas de intervención



Reciclemos ha permitido incidir en actividades de separación en la fuente, en el aprovechamiento de los residuos generados por los usuarios y dignificando la labor del reciclador, a través de un proceso que se ha mantenido durante 10 años y que en la actualidad está incorporando el aprovechamiento de residuos eléctricos y electrónicos y

de grasas de origen domiciliario. De igual forma, está estableciendo alianzas con medianos y grandes generados y con empresas para la comercialización e reincorporación al ciclo productivo de los residuos aprovechados, dándole mayor viabilidad financiera y sostenibilidad al proyecto.

Gracias a este proyecto es posible obtener información sobre la existencia de centros de acopio o bodegas en la ciudad, donde en la actualidad se consideran 29 de estas, conocidas más comúnmente como Chatarrerías, ubicadas principalmente en la zona de la Galería. Dentro de las cuales, los materiales destacados, aprovechados para el año 2014 fueron el carton, archivo o papelería y vidrio. Sin embargo, las campañas lideradas por el programa en la actualidad son insuficientes, porque no es posible ejercer cobertura en la totalidad de la población. Lo que conlleva a que exista desconocimiento de las actividades de aprovechamiento que se llevan a cabo en la Ciudad, además de la participación de algunos particulares en la actividad de aprovechamiento y recuperación de materiales de los cuales no se tiene registros y la información es limitada.

De esta forma al no conocer el número de personas o pequeñas centrales de acopio que se encargan del aprovechamiento de los residuos, se limita el diagnóstico inicial que se debe tener del estado actual de la Ciudad restringiendo el análisis por el hecho de tener solo una fuente de información.

Por otro lado la secretaria de medio ambiente a través del PGIRS desarrollo una alianza estratégica con la empresa Sustratos de Colombia S.A, con el propósito de unir procesos, experiencias y saberes para fortalecer los ejercicios de aprovechamiento en la ciudad de Manizales.

Esta alianza busco dar un manejo especial a los residuos plásticos, los cuales debido a su densidad, volumen y altos esfuerzos operativos de recolección y comercialización, dificultaba su aprovechamiento.

Por este motivo la Secretaria del Medio Ambiente y el PGIRS han buscando durante mucho tiempo ideas de tecnologías limpias y de aprovechamiento que permitan convertir en una fortaleza lo que hasta ahora es una debilidad, es decir, las actividades de aprovechamiento que hasta ahora se dan al plástico.

La propuesta realizada por Sustratos de Colombia a través del Ingeniero Agronomo Juan David Pelaez fue y continúa siendo pertinente y coherente con los objetivos de la secretaria de medio ambiente además en su interés de fortalecer los procesos de los recuperadores y mejorar la calidad de vida de estos. Dentro de la propuesta se incluyóla recuperación de los residuos plásticos (PET transparente) por medio de la Pirólisis para convertirlos en biocarbuos (PGIRS, 2014).

El funcionamiento de la tecnología se describe a continuación:

La Pirólisis es un proceso de ingeniería inversa, el cual se basa en obtener los componentes iniciales que dieron origen al material que se está tratando, en este caso el material plástico PET transparente.

El proceso consiste inicialmente en colocar el material plástico en una campana en ausencia de oxígeno, es decir, en un reactor o pirolizador. Este reactor se calienta por medio de un horno industrial o pirólítico hasta obtener una temperatura de 400°C, la cual es conocida como temperatura de fusión. En esta etapa se rompen los enlaces del compuesto (material) convirtiendo los envases plásticos PET en líquido.

Una vez los envases están en estado líquido se eleva la temperatura hasta alcanzar alrededor de 500 o 520°C, donde la totalidad del líquido por efecto del calor es convertido en gas.

Los gases que se obtienen pasan a través de una tubería conocida como “salida de escape”, de forma que son enfriados con nitrógeno líquido en la parte externa de la tubería y son conducidos a un tanque de agua.

Al enfriar el gas se consigue el líquido del cual se obtienen cuatro productos: queroseno, diésel, gasolina y aceite.

Estos productos se obtienen en las siguientes proporciones:

Tabla 7 Productos obtenidos de la Pirólisis

PRODUCTO	PORCENTAJE
Queroseno	25%
Diésel	25%
Gasolina	25%
Aceite	15%

El 10% restante está dado por el residuo plástico que queda en el fondo del reactor, conocido como “ripio”. Este material resultante suele emplearse para fabricar madera plástica.

De esta forma de 1 kg de PET, se recupera mínimo un 90% y máximo un 98% del material, convertido en los compuestos descritos anteriormente (Pelaez, 2016).

Esta prueba piloto como iniciativa de aprovechamiento para tratar diferentes tipos de residuos se llevo a cabo con variedad de plasticos, pero en los cuales se observo mayor

rendimiento fue con el caucho y el PET transparente. Si bien esta iniciativa tuvo bastante acogida por el PGIRS de la ciudad se debe mencionar que en la actualidad aun no se ha aplicado como programa de aprovechamiento.

Por otro lado, de acuerdo a la información recolectada con relación a los programas empleados en la ciudad, se pudo notar como hacen falta escenarios de encuentro entre las entidades responsables de la verificación y ejecución de dichos programas para articular ideas y proyectos en función de una gestión y aprovechamiento adecuado de los residuos.

En la actualidad, la dirección del programa de aprovechamiento y el programa de inclusión de recuperadores de oficio esta en transición para ser manejados por la Empresa Metropolitana de Aseo, después de ser dirigido durante 10 años por la fundación FESCO.

4.5. CANTIDAD ESTIMADA DE MATERIAL APROVECHABLE Y APROVECHADO DE PET EN LA CIUDAD DE MANIZALES

El incremento de la producción de materiales plásticos de tipo PET, como necesidad de embotellado para diferentes productos de aseo y alimentos, y el consumo de estos en la canasta familiar, conlleva a su vez a la generación de gran cantidad de residuos plásticos (PET) que afectan significativamente la calidad del medio ambiente.

En la Ciudad de Manizales no se cuenta con estadísticas detalladas ni planes de recolección de información con relación a la cantidad de materiales aprovechables de tipo PET en el municipio, sin embargo, la Empresa Metropolitana de Aseo de Manizales EMAS S.A E.S.P establece la cantidad total de residuos dispuestos. Para el año 2014 la cantidad de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario La Esmeralda fueron aproximadamente 101906,81 ton y para el año 2015 esta cifra ascendió a 110888 ton,

presentandose una aumento del 8,8 %. Adicional a esto EMAS en el año realiza dos caracterizaciones de los residuos que allí se disponen clasificándolos en aprovechables y no aprovechables. En el caso de los residuos plásticos aprovechables estos se distinguen bajo dos categorías: plástico rígido y bolsas plásticas, integrando dentro de los primeros a los plásticos de tipo PET.

Basandose en el literal 2.3.4 del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2015-2027 de Manizales, titulado “caracterización de los residuos en el sitio de disposición final”, fue posible obtener el porcentaje de la cantidad de residuos plásticos rígidos aprovechables de la ciudad, el cual fue de 19,63% para el 2014 (Dato proporcionado por la caracterización realizada por EMAS para el PGIRS).

Contando con la información de la cantidad de residuos solidos que dispone la Ciudad y el porcentaje de plástico rígido aprovechable que la compone, se necesita saber qué porcentaje del plástico rígido corresponde a PET. Sin embargo en estas caracterizaciones no se especifica. Para poder este cálculo se tomó referencia la caracterización de plástico APROVECHADO que se tiene según los registros descritos en el PGIRS 2015-2027 en el programa Reciclemos para el año 2014 página 85 tabla 43 de la siguiente manera:

Se realizó la sumatoria del valor de los diferentes tipos de plásticos rígidos descritos en la tabla “Residuos aprovechados por tipo de material”, la cual fue de 83965 kg/año. Igualmente de esa tabla se pudo obtener que la cantidad aprovechada de PET para ese mismo año fue de 32489 kg/año. De estos datos se puede concluir que el porcentaje de PET con respecto a los plásticos rígidos es de 38,69%. Este estudio supone que este porcentaje se puede escalar a la totalidad de los residuos aprovechables en la ciudad de Manizales.

Conociendo el porcentaje de PET aprovechable hallado por el escalado se procede a estimar con los datos proporcionados por la empresa metropolitana de aseo (caracterización de residuos), cual es la cantidad correspondiente de material plástico rígido aprovechable en ton/año y de esta cual es la cantidad de material PET aprovechable en ton/año.

A continuación se muestran los datos utilizados para estimar el cálculo.

Tabla 8 Datos generales

DATOS			
Residuos Dispuestos en el Relleno Sanitario La Esmeralda	R(dispuesto)	110888	ton/año
Porcentaje Aprovechable de Residuos Plásticos Rígidos	% (Plástico Rígido Aprovechable)	19,63	%
Porcentaje de PET Aprovechable	% (PET Aprovechable)	38,69	%

Esta operación es descrita en dos etapas:

Primera Etapa:

En esta se procede a obtener la cantidad de residuos plásticos rijidos aprovechables en unidades de toneledas / Año.

$$R(\text{Plástico Rígido Aprovechable}) = \frac{[R(\text{dispuesto}) * \% (\text{Plástico Rígido})]}{100}$$

$$R(\text{Plástico Rígido Aprovechable}) = \frac{\left(110888 \frac{\text{ton}}{\text{año}}\right) * (19,63\%)}{100}$$

$$\mathbf{R(\text{Plástico Rígido Aprovechable})} = 21767,3144 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$\mathbf{R(\text{Plástico Rígido Aprovechable})} = 1813,9428 \frac{\text{ton}}{\text{mes}}$$

Segunda Etapa:

Una vez se tiene el valor del Resido Plástico Rígido Aprovechable se procede a calcular el valor de los Residuos Plástico PET Aprovechables de la siguiente forma:

$$\mathbf{R(\text{PET Aprovechable})} = \frac{[\mathbf{R(\text{Plástico Rígido Aprove})} * \% (\text{PET Aprove})]}{100}$$

$$\mathbf{R(\text{PET Aprovechable})} = \frac{\left(21767,3144 \frac{\text{ton}}{\text{año}}\right) * (38,69\%)}{100}$$

$$\mathbf{R(\text{PET Aprovechable})} = 8421,773 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$\mathbf{R(\text{Plástico Rígido Aprovechable})} = 701,814 \frac{\text{ton}}{\text{mes}}$$

La cantidad de PET aprovechable equivalente para la ciudad de Manizales es de 701,814 ton/mes.

Partiendo de dicha cifra y con el objetivo de ejercer una mejor gestión de los residuos y aprovechamiento de estos, el PGIRS de la ciudad se encarga de supervisar

diferentes Centrales de Acopio a pequeña y gran escala que se encargan de la compra, selección y tratamiento de dichos residuos como medida de recuperación y valorización.

De acuerdo a la información proporcionada por el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) 2015-2027 de Manizales, en la actualidad se cuenta con aproximadamente 29 Centrales de Acopio, clasificadas según su tamaño, de la siguiente forma:

Tabla 9 Clasificación Centrales de Acopio Manizales

Parámetro	Área	Tamaño
Cantidad de bodegas, centros de acopio y estaciones de clasificación y aprovechamiento	menor a 150 m ²	Pequeño
	entre 150 - 999 m ²	Mediano
	Igual o mayor a 1000 m ²	Grande

El PGIRS describe que para el año 2014 la cantidad de material aprovechado fue de aproximadamente 487,599 ton, de las cuales 32,489 ton fueron de material plástico PET. Para el año 2015 se registro que la cifra de material plástico PET ascendió a 37 ton. Evidenciándose un incremento del 13,88%.

En la siguiente tabla se muestran las cifras de material plástico PET tomadas por el programa “Reciclemos” para el año 2014, las cuales se mencionaron en el párrafo anterior.

Tabla 10 Material aprovechado y comercializado de PET, Año 2014

MATERIAL	CANTIDAD (kg)
PET	3.545

PET EMBALADO	21.681
PET SUELTO	7.263
TOTAL	32489
TOTAL EN TONELADAS	32,489 Ton

Teniendo en cuenta los registros de material aprovechado de PET por medio del programa Reciclemos del PGIRS para el año 2014, ahora se procede a estimar la cantidad de residuos PET generados y aprovechados para el año 2015, por las diferentes centrales de acopio de la Ciudad.

Para obtener el estimado de la cantidad de residuos sólidos de Tipo PET, se consultó la Central de Acopio “Ecovida Integral SAS”, esta es una empresa especializada en la compra, selección y pretratamiento de diferentes residuos reciclables como papel, cartón y plástico. Empresa con larga trayectoria y en la actualidad dirigida por los socios Mauricio Giraldo y Harold Gómez.

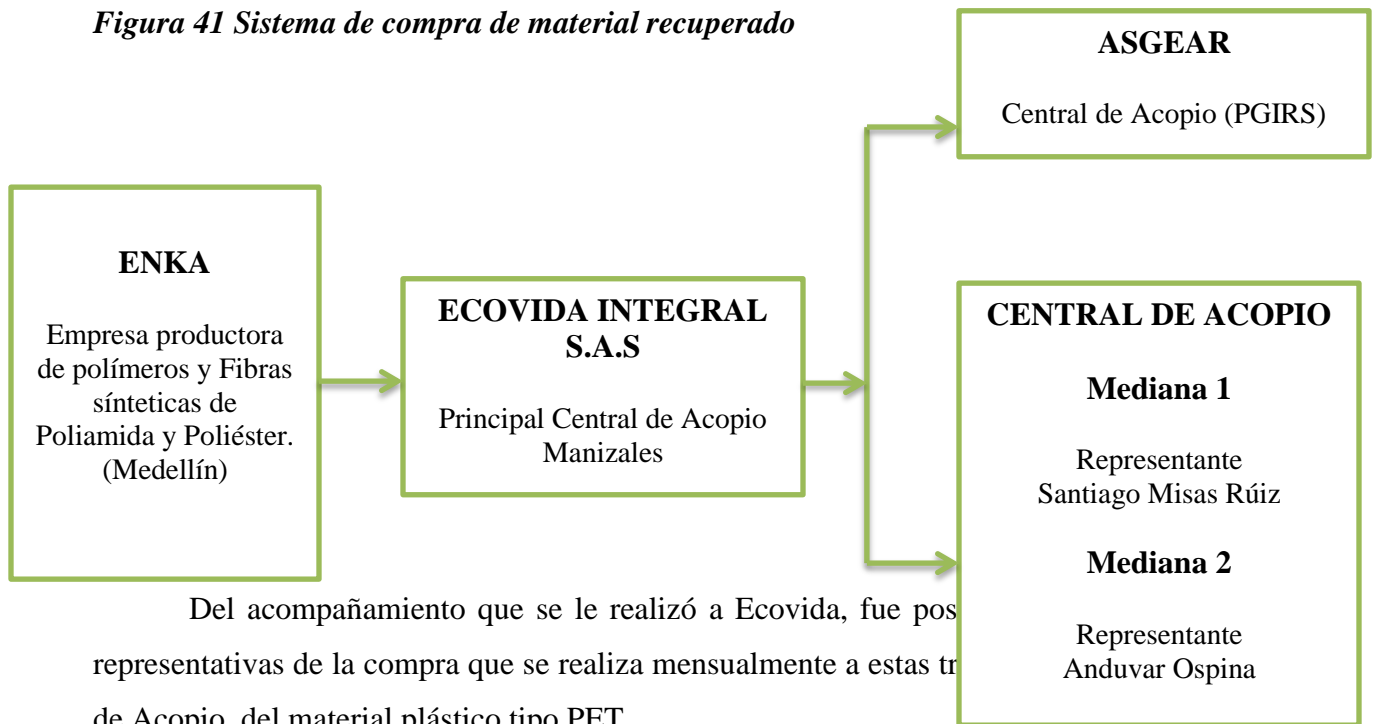
Dentro de las actividades y procesos generales que realiza la empresa, Ecovida Integral SAS, cuenta con un programa denominado “Ecoplastic”, el cual está orientado a la selección, compra, transporte y compactación de diferentes materiales plásticos, con el fin de venderlos y continuar con el proceso de transformación, convirtiéndolos en materia prima para fabricar nuevos productos plásticos.

Al comienzo de sus actividades en junio de 2015 Ecovida vendía el PET reciclado a la empresa ENKA, ubicada en la ciudad de Medellín a través del intermediario “Recurplas”, pero a partir del mes de Octubre de ese mismo año, logro obtener contacto directo con ENKA, de manera que la venta se lleva a cabo sin intermediario.

La Central de Acopio “Ecovida Integral SAS”, considerada la más grande en Manizales, realiza la compra del PET a tres centrales medianas ubicadas en la zona centro de la Ciudad (sector Galería), las cuales se abastecen de otras centrales mucho más pequeñas

El sistema de compra está representado de la siguiente manera:

Figura 41 Sistema de compra de material recuperado



Del acompañamiento que se le realizó a Ecovida, fue posible obtener información representativa de la compra que se realiza mensualmente a estas tres Centrales de Acopio, del material plástico tipo PET.

Estas cifras se representan en la siguiente tabla.

Tabla 11 cantidad de material aprovechado año 2015-2016

MES	CANTIDAD TOTAL(kg)
Junio	6.305
Julio	10.184

Agosto	11.068
Septiembre	13.993
Octubre	17.163
Noviembre	13.644
Diciembre	14.696
Enero	17.144
Febrero	10.147
Total	114.344
Valor Mensual Promedio (9 meses)	12704,88889

De las cifras mencionadas anteriormente fue posible obtener la cantidad que compra Ecovida directamente a la entidad encargada del PGIRS. Se debe tener en cuenta que esta central empezó a trabajar desde el mes de junio del año 2015 con material PET y que de lo comprado al PGIRS solo se tienen registros desde el mes de Diciembre. No se tiene información con respecto a quienes estas medianas centrales de acopio vendían en años anteriores.

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12 Material comprado a la entidad encargada del PGIRS

MES	CANTIDAD COMPRADA AL PGIRS (kg)
Diciembre (2015)	4.103
Enero (2016)	3.679
Febrero (2016)	2.199

Para complementar los datos de la cantidad de PET reciclado en Manizales, se procedió a obtener las cifras con las que cuenta el programa de aprovechamiento “Reciclemos” del PGIRS, el cual se estimó que para el año 2015 fue de 37 toneladas.

Con estas dos fuentes de información se realizó lo siguiente:

De la cantidad de PET ingresada durante el año 2015 al programa de aprovechamiento (37 ton) se obtuvo el valor mensual promedio, dividiendo dicha cantidad en los doce meses que componen el año, de esta forma se obtuvo un valor de 3,08 ton/mes recolectadas por este programa.

Partiendo de la información obtenida anteriormente se pudo concluir que el valor mensual promedio de PET aprovechado en la Ciudad de Manizales es de aproximadamente 12704,88 kg (12,704 ton) y que el 24,2% (3,08 ton/mes) de este valor equivale a la cantidad de PET aprovechado por el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad.

También es posible afirmar que de la cantidad aprovechable de PET mensual de la ciudad (701,814 ton/mes), solo el 1,81 % equivale a la cantidad recuperada, es decir a 12,704 ton/mes.

Del análisis realizado en este capítulo, es posible afirmar que la cantidad real aprovechada de PET es mínima comparada con el potencial aprovechable que tiene este tipo de material en la ciudad, por lo tanto los impactos ambientales generados en la etapa de disposición final analizados en el capítulo anterior afectan significativamente a la ciudad. Por tal motivo es importante generar investigaciones que estudien diferentes programas y tecnologías verdes en función del aprovechamiento de este tipo de materiales, con el fin de satisfacer una necesidad real con relación a la gestión integral de residuos sólidos en la ciudad.



Universidad Católica de Manizales
Programa de Ingeniería Ambiental
Trabajo de Grado

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a raíz del pilotaje realizado por medio del método por Conglomerados, es posible concluir que el tipo de plástico a estudiar en esta investigación, “Evaluación de la gestión de residuos plásticos y análisis de alternativas tecnológicas para su valorización y disposición final en la ciudad de Manizales”, es el PET, Tereftalato de Polietileno, ya que según el análisis porcentual, en el estudio estadístico se destacó el PET con un 56% sobre el PEAD con un 44%. Estas cifras denotan que el PET es uno de los plásticos de mayor consumo en la ciudad de Manizales.

Una vez se determinaron las etapas del ciclo de vida del PET se concluye que en la etapa de extracción y transformación del material plástico hay muchas empresas encargadas de esta operación, pero no existen empresas encargadas de producir la resina virgen en Colombia.

Manizales en la actualidad realiza la disposición final de sus residuos, por medio del relleno sanitario La Esmeralda, el cual tiene permiso de ejecución hasta el año 2021, sin embargo, son muchas las condiciones actuales que limitan el tiempo de operación de este, haciendo necesario la búsqueda de tecnologías de aprovechamiento para sus residuos.

Cada una de los procesos asociadas a las etapas de producción del PET, desde la extracción de sus materias primas, producción, transformación, usos y en especial en la disposición final de este material, se evidencian impactos ambientales negativos significativos relacionados principalmente con la utilización del petróleo (recurso no renovable) como materia prima empleada, lo que conlleva a que se generen altos consumos de energía, generación de gases de efecto invernadero, disminución en la

capacidad de biodegradabilidad del material, prolongación y acumulación de este en rellenos sanitarios y cuerpos de agua.

De acuerdo a la evaluación de los impactos negativos del ciclo de vida de los residuos plásticos, es posible concluir que los principales impactos están asociados a la fase de disposición final de estos residuos, destacándose su inadecuada gestión al ser dispuestos en las vías públicas, alcantarillados y cuerpos de agua, acompañado de la generación de olores resultantes de las diferentes centrales de acopio y sitios de disposición, generando consigo alteraciones en el paisaje, deterioro del recurso hídrico y generación de vectores. Estos son los impactos ambientales que afectan directamente a la ciudad de Manizales en todo el ciclo de vida del PET.

En la Ciudad de Manizales solo se cuenta con un programa de aprovechamiento y gestión de residuos, implementado por el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la ciudad. Este programa denominado RECICLEMOS se ha desarrollado desde hace 10 años y tiene como función generar cultura ciudadana de separación en la fuente y movilizar hábitos para el adecuado manejo de los residuos sólidos. Sin embargo, a pesar de que ha contribuido en la implementación de rutas selectivas en la mayoría de comunas de la ciudad, ha generado campañas de educación ambiental en cuanto a separación en la fuente y ha logrado detectar las principales centrales de acopio que trabajan con diferentes tipos de materiales, en esta investigación se han identificado las siguientes falencias:

i) Las campañas lideradas por el programa en la actualidad son insuficientes, debido a que no es posible ejercer cobertura en la totalidad de la población lo que conlleva a que exista desconocimiento de las actividades de aprovechamiento que se llevan a cabo en la Ciudad. ii) La participación de algunos particulares en la actividad de aprovechamiento y recuperación de materiales de los cuales no se tiene registros y la

información es limitada (informalidad). De esta forma al no conocer el número total de personas o pequeñas centrales de acopio que se encargan del aprovechamiento de los residuos, no es posible determinar la cantidad recuperada de cada uno de estos materiales, limitando el diagnóstico inicial que se debe tener del estado actual de la Ciudad y restringiendo el análisis por el hecho de no tener una fuente de información primaria confiable.

Una de las causas principales del inadecuado manejo y gestión de los residuos sólidos urbanos en Manizales, es la desarticulación de los entes y actores responsables de este tipo de programas dentro de los cuales se encuentran la Alcaldía como responsable del PGIRS, la Fundación FESCO como organización ejecutora del proyecto hasta el año 2015, la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS S.A E.S.P, como ente prestador de este servicio de aseo y la Corporación (CORPOCALDAS) como ente controlador de la ejecución de estos programas.

En la actualidad es imprescindible más allá de mitigar los daños asociados al postconsumo, fomentar campañas de concientización y prevención en cuanto al consumo sostenible, lo que conlleva a limitar el uso de estos materiales plásticos en diferentes actividades humanas.

Del estudio del estimado se pudo concluir que el valor mensual promedio de PET aprovechado en la Ciudad de Manizales es de aproximadamente 12704,88 kg (12,704 ton) y que el 24,2% (3,08 ton/mes) de este valor equivale a la cantidad de PET aprovechado por el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad.

También es posible afirmar que de la cantidad aprovechable de PET mensual de la ciudad (701,814 ton/mes), solo el 1,81 % equivale a la cantidad recuperada, es decir a

12,704 ton/mes. Estas cifras hacen posible afirmar que la cantidad real aprovechada de PET es mínima comparada con el potencial aprovechable que tiene este tipo de material en la ciudad, por tal motivo esto es un punto de partida para generar investigaciones que estudien diferentes programas y tecnologías verdes con el planeta en función del aprovechamiento de este tipo de materiales, con el fin de satisfacer una necesidad real con relación a la gestión integral de residuos sólidos en la ciudad.

Finalmente, teniendo en cuenta las cifras obtenidas del material aprovechado y con alto potencial aprovechable de la Ciudad de Manizales, se hace necesario promover otro tipo de programas que cuenten con tecnologías de aprovechamiento y valorización de residuos plásticos de tipo PET, de manera que potencialice a Manizales como pionera en tratamiento de PET y tecnologías limpias de todo el eje cafetero.

SUGERENCIAS

Partiendo de la investigación realizada a raíz de este estudio, se plantea como tema para futuras investigaciones, realizar un diagnóstico de cómo está formulada la metodología de aprovechamiento del PGIRS en la Ciudad y si esta realmente se aplica con el fin de formular alternativas de valorización para este tipo de materiales.

De igual forma se recomienda realizar una caracterización total de los residuos y cuantificación específica de acuerdo a cada tipo, de manera que se facilite la gestión y aprovechamiento de estos.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Manizales. (2004). *Sistema Electrónico de Contratación Pública*. Obtenido de <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=15-12-3492801>
- Alcaldía de Manizales. (2015). *Alcaldía de Manizales*. Obtenido de <http://www.manizales.gov.co/Contenido/Alcaldia/37/objetivos-funciones-y-deberes>
- Alcaldía de Manizales, Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Obras Públicas, Secretaría de Planeación . (2015). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Manizales 2015-2027*. Manizales.
- Alcaldía de Manizales, Secretaría de Medio Ambiente, Secretaría de Obras Públicas, Secretaría de Planeación. (2015). *PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MANIZALES PGIRS 2015 – 2027*. Manizales: Alcaldía de Manizales.
- ASIPLA . (2010). *Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile* .
- Association of Plastics Manufacturers. (2015). *An analysis of European Plastics production, demand and waste data*. Europa.
- Benjamin, A. (2012). *¿De qué manera el combustible fósil impacta sobre la sustentabilidad del ecosistema?* Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/manera-combustible-fosil-impacta-sustentabilidad-del-ecosistema-como_52806/
- Bravo, E. (2007). *Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad*.
- CARACOLRADIO. (26 de Junio de 2009). Obtenido de http://caracol.com.co/radio/2009/06/26/ecologia/1246034100_835735.html
- Corporación Autónoma Regional de Caldas. CORPOCALDAS. (2015). *Plan de acción 2013-2015*. Manizales.
- Diana Alexandra Navas Torres, P. A. (2010). *Procesos para la obtención del Petróleo y los Impactos Ambientales generados por actividades petroleras*. Bucaramanga: Universidad Industrial del Santander, Escuela de Ingeniería Química, Especialización en Ingeniería Ambiental.

- Dinero Mentor. (2011). La diez petroleras con mayor producción en Colombia . *Revista Dinero*.
- ecointeligencia . (4 de Febrero de 2013). Obtenido de <http://www.ecointeligencia.com/2013/02/analisis-ciclo-vida-acv/>
- EcoInteligencia. (4 de Febrero de 2013). Obtenido de <http://www.ecointeligencia.com/2013/02/analisis-ciclo-vida-acv/>
- Ecopetrol. (9 de Noviembre de 2014). Obtenido de <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/lo-que-hacemos/refinacion/refinar>
- Empresa Metropolitana de Aseo S.A E.S.P. (2015). *Manual de Inducción al Sistema Integrado de Gestión*. Manizales.
- GRANADOS, J. F., & ROA, H. F. (2004). *PLAN DE NEGOCIOS PARA REPROCESAR ENVASES FABRICADOS CON PET Y SU*. Chia.
- Javier Fuentes Granados, H. F. (2009). *Plan de negocios para reprocesar envases fabricados con PET y su comercialización en hojuelas en la Ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Li Shen, J. H. (2009). *Product overview and market projection of emerging bio-based plastics* . Europa.
- Maldonado, A. T. (2012). *La Complejidad de la Problemática Ambiental de los Residuos Plásticos: Una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogota*. Bogota.
- MINAMBIENTE. (2015). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 25 de Enero de 2016, de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/33-cambio-climatico/cambio-climatico-articulos/465-plantilla-cambio-climatico-21>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2004).
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Julio de 2004). *Sector Plástico, Principales procesos basicos de transformación de la Industria Plástica y Manejo, Aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo*. Obtenido de Bogota Colombia: http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20ambientales%20sector%20pl%C3%A1sticos.pdf
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2014). *Informe de Industria*. Bogota : Editorial OEE.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Mejores Tecnicas Disponibles de Referencia Europea. Producción de Polímeros*. España.

- Ministerio de Vivienda. (2015). *MINVIVIENDA*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/planes-de-gestion-integral-de-residuos-solidos>
- Muerza, A. F. (10 de Mayo de 2006). *eco2site*. Obtenido de <http://www.eco2site.com/Informe-432-Bioplasticos->
- Naranjo Vasco, J. M. (2010). *Producción de Polihidroxibutirato a partir de residuos Agroindustriales*. Manizales.
- Pelaez, J. D. (15 de Abril de 2016). Tecnología Pirólisis. (K. M. Camargo, Entrevistador)
- Pérez, L. M. (2009). *Estudio del uso del Polietileno Tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- PGIRS (Dirección). (2014). *PGIRS Manizales Septiembre 2014* [Película].
- Proyecto SIGMA II. (2011). *Problemática ambiental ligada al transporte por carretera*. Madrid.
- Ramon, S. S. (2014). *Impacto ambiental de quemar residuos solidos*. peru.
- Tapia, A. R. (2012). *Industrialización y Exportación de Plástico PET*. Queretano, México: Universidad Autónoma de Queretano.
- Valdez, L. H. (2009). *Contaminación ambiental a causa de las refinerías*. Madero, Tamaulipas.
- Victor Adrian Gomez, R. G. (2013). *Proyecto de inversión para la instalación de una planta recicladora de envases PET*. México: Instituto politécnico Naciona.