



UNIVERSIDAD EAN

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA APLICACIÓN DE UN PLAN DE  
GESTIÓN POSCONSUMO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) UTILIZADO EN  
EL ENVASE DE ALIMENTOS EN COLOMBIA.

AUTOR

NATALIA GARCIA

DIRECTOR

ANGELA MARIA GARCÍA MORA, PhD

BOGOTÁ, D.C., 03 DE DICIEMBRE DE 2019

NOTA DE ACEPTACIÓN:

---

---

---

---

---

FIRMA DE JURADO

---

FIRMA DE JURADO

---

FIRMA DE JURADO

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre Amanda, a mi padre Hernando, mis hermanas María Fernanda y Daniela y a mi novio Carlos. Quienes me han acompañado y apoyado durante todo este camino y quienes siempre estarán dispuestos a ofrecerme su amor infinito y desinteresado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres Amanda y Hernando, por ayudarme a convertirme en la persona que soy hoy, por todo el amor, comprensión y guía y por enseñarme que con esfuerzo, foco y dedicación puedo lograr cualquier cosa.

Agradezco a mis hermanas María Fernanda y Daniela, por siempre estar cuando las necesito y por el amor infinito.

Agradezco a Carlos, por su amor incondicional, apoyarme siempre, por sacrificar su tiempo libre para acompañarme en mis días y noches de escritura e investigación y por darme aliento en los momentos que lo necesitaba.

Agradezco a mis compañeros Yesenia, Leonardo y Diego, por todas las risas, apoyo, traspasos y por haber compartido este camino conmigo.

Agradezco a todos los profesores de la Maestría en Ingeniería de Procesos por todos los conocimientos brindados, por la dedicación y entrega.

Agradezco a la Profesora PhD. Ángela García, por paciencia, constancia, guía y asesoramiento durante la construcción de este documento.

## CONTENIDO

<b>CONCEPTOS CLAVE Y ABREVIACIONES</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>	<b>21</b>
1.1 Planteamiento del problema	21
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo General	22
1.2.2 Objetivos Específicos	23
1.3 Alcance	23
1.4. Justificación	23
1.5. Metodología de Trabajo	25
<b>CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>29</b>
2.1 Industria del plástico	29
2.2. Residuos en Colombia	31
2.2.1 Recolección de residuos	32
2.2.2 Residuos de Poliestireno expandido	35
2.3 Análisis del Ciclo de vida (ACV) de empaques	36
2.4 Ecoindicadores 99	38
2.5 Programas posconsumo de residuos	40
2.6 Normativa de gestión de residuos plásticos en Colombia	42
<b>CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS DE EPS</b>	<b>46</b>
3.1 Definición de actores y fuentes de generación de residuos de EPS	47
3.1.1. Actores	47
3.1.2 Fuentes de generación	49
3.2 Procesos actuales para gestión de posconsumo de EPS.	50
3.2.1 Reciclaje	51
3.2.1.1 Reciclaje mecánico	51
3.2.1.2 Reciclaje químico	52
3.2.2 Incineración para recuperación energética	52
3.2.3 Relleno sanitario	53
3.3 Principales problemas de la gestión de residuos de EPS en Colombia.	53

3.3.1. Composición del material	53
3.3.2. Infraestructura	54
3.3.3. Regulación	54
3.3.4. Educación y cultura ambiental	55
3.4 Comparación internacional	56
3.4.1. Gestión de residuos de EPS en Latinoamérica	57
3.4.2. Gestión de residuos de EPS en Europa	60
3.4.3. Gestión de residuos de EPS en Estados Unidos	61
3.4.4. Gestión de residuos de EPS en Asia	61
<b>CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE PLAN POSCONSUMO DE EPS</b>	<b>64</b>
4.1 Objetivo general	64
4.1.2 Objetivos específicos	64
4.2 Alcance	65
4.3 Condiciones generales del plan de devolución posconsumo	65
4.3.1 Propuesta general de gestión posconsumo del EPS	65
4.3.2. Metas de recolección	69
4.4 Descripción de procesos del plan de devolución posconsumo.	71
4.5 Seguimiento y control	79
4.6 Recomendaciones Finales	82
<b>CAPÍTULO 5. CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE APLICACIÓN DEL PLAN POSCONSUMO.</b>	<b>85</b>
5.1. Línea base de la cuantificación del impacto ambiental	85
5.1.1. Objetivo del análisis	85
5.1.2. Límites del análisis	86
5.1.3. Unidad funcional	86
5.1.4. Procesos Excluidos	87
5.1.5 Inventario de materias primas, auxiliares y energía	87
5.1.6. Evaluación cualitativa de impactos ambientales bajo Ecoindicadores99	88
5.1.7. Determinación de impacto cuantitativo actual bajo Ecoindicadores 99	88
5.2 Cuantificación del impacto ambiental después de la aplicación del plan de devolución posconsumo.	90
5.3 Análisis de resultados	92
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>96</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>119</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Código internacional de colores	34
Figura 2. Ciclo de vida de empaques	36
Figura 3. Diagrama de procesos de fin de vida del EPS	51
Figura 4. Tratamiento de residuos envases plásticos posconsumo	60
Figura 5. Propuesta de gestión posconsumo del EPS	66
Figura 6. Diagrama de flujo del plan de devolución de residuos de EPS	72
Figura 7. Código de identificación del poliestireno según Plastics Industry Association	73
Figura 8. Textura de poliestireno expandido	74
Figura 9. Presentación de productos de poliestireno expandido para alimentos	74
Figura 10. Código de color para residuos aprovechables en hogares	75
Figura 11. Código de color para residuos de plástico en instituciones y comercios	75
Figura 12. Ejemplos de puntos de entrega voluntaria	77
Figura 13. Límites de la evaluación de impacto ambiental	87
Figura 14. Impacto ambiental anual total de la gestión posconsumo del EPS usado en alimentos	94
Figura 15. Impacto ambiental detallado de la gestión posconsumo del EPS usado en alimentos	95



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Metodología de trabajo	26
Tabla 2. Etapas de implementación del análisis de ciclo de vida (ACV)	38
Tabla 3. Categorías de daños e impacto de Eco-Indicadores <sup>99</sup>	40
Tabla 4. Normatividad Colombia relacionada al plástico	43
Tabla 5. Actores involucrados en proceso de gestión de residuos de Poliestireno Expandido (EPS)	48
Tabla 6. Fuentes de generación de residuos de EPS	50
Tabla 7. Actores y nivel de participación	67
Tabla 8. Metas de recolección del plan de devolución posconsumo con base en la Resolución 1407 de 2018.	70
Tabla 9. Descripción de procesos del plan de gestión posconsumo de residuos de EPS	73
Tabla 10. Inventario de materias primas y materiales en la etapa de gestión posconsumo del EPS usado en alimentos.	88
Tabla 11. Evaluación cualitativa de impactos ambientales de la gestión posconsumo del EPS usado en alimentos.	89
Tabla 12. Evaluación cuantitativa de impactos ambientales anuales de la gestión actual posconsumo del EPS usado en alimentos.	90
Tabla 13. Premisas de escenario 10% de EPS reciclado usado en alimentos	92
Tabla 14. Efecto porcentual de las premisas de tratamiento sobre el volumen de residuos de EPS usado en alimentos	93
Tabla 15. Evaluación cuantitativa de impactos ambientales anuales de la gestión posconsumo bajo el escenario del aprovechamiento del 10% del EPS fabricado.	93

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Presentación Fundación VerdeNatura

**110**

## CONCEPTOS CLAVE Y ABREVIACIONES

- **ACV:** Análisis de Ciclo de Vida.
- **Ciclo de vida:** El ciclo de vida de un bien o servicio comprende todas las etapas de vida útil y no útil; desde la obtención de las materias primas para su fabricación, fabricación transporte, uso, fin de vida y gestión de sus residuos (La Rosa, 2016).
- **ECA:** Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento (Departamento Nacional de Planeación, 2018)
- **Economía circular:** Modelo que basa su funcionamiento en un sistema de diseño, producción y consumo sostenible, parecido al de la naturaleza. En donde cada elemento es utilizado y reutilizado en los distintos eslabones de la cadena, manteniendo su valor y evitando al máximo los residuos (Alcubilla, 2015).
- **Envase:** Producto de estructura rígida o semirrígida que facilita la protección química y conservación del elemento que contiene. Puede estar hecho de diferentes materiales y adecuarse a un sin número de artículos (Vesga & Villafañe, 2017) .
- **EPS:** Iniciales del poliestireno expandido en inglés: Expanded PolyStyrene utilizadas en este documento para abreviar el nombre del material. (Comissão Setorial do EPS, s.f).
- **Gestión integral de residuos:** Tratamiento que se le dan a los residuos dependiendo de su origen y estado, con el fin de proteger la vida y el medio ambiente. Existen diversas estrategias de gestión, entre las que se encuentran: reciclaje, aprovechamiento energético, compostaje, disposición en relleno sanitario, entre otros. Estas estrategias dependen de la legislación vigente del país sobre gestión de residuos (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016).

- **Impacto ambiental:** Alteración positiva o negativa, total o parcial sobre el medio ambiente abiótico, biótico o socioeconómico causada por la realización de una obra, proyecto o actividad (Resolución 1519 de 2017).
- **Poliestireno Expandido:** Es también conocido como EPS por sus siglas en inglés. Es un derivado del poliestireno con una estructura de celdas cerradas y rellenas de aire. Es un material aislante con alta resistencia mecánica y térmica, características que lo convierten en el candidato ideal para el transporte de comidas calientes y frías, protección de elementos, entre muchos otros más (Barrero Castro, 2016) .
- **Residuo posconsumo:** Son los residuos que son generados al finalizar la vida útil de un producto. Dependiendo del material con el que fue fabricado, puede ser reutilizado, reciclado o debe ser dispuesto adecuadamente en un lugar especial para no afectar la fauna, el medio ambiente y la sociedad (CONPES, 2016).
- **Reciclaje:** Proceso en el que el material usado o los desechos son convertidos en nuevos productos o en materia prima para fabricación de otros productos que son vendidos nuevamente (Cahue & Cruz, 2018).
- **Relleno sanitario:** Espacio geográfico técnicamente diseñado y seleccionado para la disposición final, confinación y aislamiento de residuos sólidos que minimiza los impactos ambientales y riesgos a la salud pública mediante el control de gases y lixiviados y cobertura final de los mismo. (Decreto 0838 de 2005)
- **Separación en la fuente:** Proceso por el cual los residuos aprovechables son gestionados en recipientes diferentes a los que serán enviados al relleno sanitario (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012).

## RESUMEN

**TÍTULO:** Evaluación del impacto ambiental de la aplicación de un plan de gestión posconsumo de poliestireno expandido (EPS) utilizado en el envase de alimentos en Colombia.

**AUTOR:** Natalia García Campos

**PALABRAS CLAVE:** Análisis de ciclo de vida, economía circular, impacto ambiental,, poliestireno expandido, plan de gestión.

El bajo nivel de aprovechamiento de los residuos de poliestireno expandido (EPS) está afectando no solo a la especie humana, sino a otras especies con las que convivimos (Chan, 2016). Para mitigar la degradación ambiental generada por esta resina, el presente documento propone un programa posconsumo que guíe y facilite la recuperación del poliestireno expandido usado, asegurando niveles de calidad que permitan la reincorporación del material en nuevos productos/subproductos usados en otras industrias colombianas buscando un avance paulatino hacia la economía circular (Ellen Macarthur Foundation, 2019).

Este estudio combinó diferentes fuentes de información para analizar la situación del EPS en el país y determinar los aspectos claves a tener en cuenta en la creación de un plan posconsumo que aumente el aprovechamiento de los residuos provenientes de empaques de alimentos fabricados con EPS. Inicialmente se realizó un análisis de impacto ambiental de la condición actual de los residuos de poliestireno expandido y se comparó frente a un modelo teórico de gestión posconsumo en el cual se cumple la primera meta de reciclaje del 10% definida.

El análisis del impacto ambiental de diferentes panoramas bajo la metodología de ecoindicadores 99 presenta el efecto positivo que tendría la implementación de un programa de gestión posconsumo, aún continuando con el uso del EPS en envases de alimentos.

El programa propuesto en esta tesis incluye los conceptos asimilados en la maestría de ingeniería de procesos, como la logística inversa para la creación de una herramienta que ayuda a los actores de la cadena a realizar un retorno eficaz y un mejor aprovechamiento del poliestireno expandido. La propuesta es incorporar este tipo de materiales que se utilizan en Colombia en grandes volúmenes y hasta ahora no contemplados en los planes de gestión ambiental de residuos sólidos del país, en cadenas productivas secundarias para evitar la fabricación de materia prima virgen.

## ABSTRACT

**TITLE:** Environmental impact assessment of the application of a post-consumer program for expanded polystyrene (EPS) used in food packaging in Colombia.

**AUTHOR:** Natalia García Campos

**KEY WORDS:** Life cycle analysis, circular economy, environmental impact, post-consumption, expanded polystyrene.

The low level of use of expanded polystyrene (EPS) waste is affecting not only the human being, but other live species (Chan, 2016). To mitigate environmental degradation generated by this resin, this document proposes a post-consumer program to guide and facilitate the recovery of used expanded polystyrene, ensuring quality levels that allow the reintegration of the material into new products / by-products used in other Colombian industries seeking a gradual advance towards the circular economy. (Ellen Macarthur Foundation, 2019).

This study combined different sources of information to analyze the current situation of the EPS in the country and determine the key aspects to consider in the creation of the plan, to ensure a percentage of feasibility. An environmental impact analysis was performed based on the current values of expanded polystyrene residues and compared it against one theoretical application scenario in which the first 10% recycling target defined is met.

The analysis of the environmental impact of different scenarios under the eco-indicator methodology 99 presents the positive effect that the implementation of a post-consumer management program would have, even continuing with the use of EPS in food packaging.

The program proposed in this thesis includes the concepts assimilated in the process engineering master, such as reverse logistics for the creation of a tool that helps chain actors to make an effective return and better use of expanded polystyrene. The proposal is to incorporate these types of materials that are used in Colombia in large volumes and so far not contemplated in the country's solid waste environmental management plans, in secondary production chains to avoid virgin raw material manufacture.



## INTRODUCCIÓN

Dentro de los rellenos sanitarios existentes en diferentes países del mundo se encuentran varios materiales que tardan en degradarse de 500 años hasta 1.000 años como las pilas o el plástico, y hasta 4.000 años, en el caso del vidrio (Ripa, 2016).

En estos vertederos, la presencia de materiales de diferente naturaleza bajo condiciones inapropiadas genera efectos negativos a nivel ambiental, social y sanitario. Por ejemplo, problemas de gestión inapropiada de residuos se presentaron en el relleno Doña Juana en Bogotá, en donde las veredas cercanas fueron afectadas con plagas de moscas y otros vectores que causaron enfermedades respiratorias (Torres, 2017).

Situaciones como la anterior seguirán presentándose y cada vez con mayor frecuencia si no se hace un cambio importante en el comportamiento de los consumidores. Es necesario dejar atrás el actual modelo económico lineal, que se centra en fabricar, consumir y desechar, sin tener en cuenta que la mayoría de los recursos en un futuro dejarán de existir, y migrar hacia modelos más conscientes y respetuosos con el planeta tierra.

Modelos como el de economía circular que propone la agregación de valor mediante la regeneración por diseño; en donde todos los componentes involucrados no son descartables y pueden ser integrados de una u otra forma al proceso productivo, evitando el desperdicio y el agotamiento de fuentes no renovables (Ellen Macarthur Foundation & Material Economics, 2019).

Es así como metodologías como el análisis de ciclo de vida (ACV) aportan datos valiosos para el rediseño, evaluando cada uno de los procesos que intervienen en la producción de bienes, la materia prima utilizada, su procedencia, el impacto de los procesos necesarios para la producción y la gestión posconsumo, haciendo un

inventario de los recursos ambientales que intervienen, el efecto de cada proceso en la salud y bienestar de los seres vivos, y de las emisiones que se producen hacia el medio ambiente (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2007).

La integración del concepto de economía circular y del concepto de sustentabilidad, entendido como el desarrollo social, económico y ambiental de la generación actual sin comprometer el atendimento de las necesidades de generaciones futuras (Salcido, 2017), contribuye al mejoramiento del medio ambiente, favorece la generación de empleo, el mejoramiento de la salud mediante la disminución de enfermedades provenientes de la contaminación, la disminución de la pobreza y la apertura de nuevos mercados de materias primas y productos que pueden impulsar el crecimiento de los países, y ayudará a mantener el proceso cíclico de reutilización infinita (Sánchez, 2015).

Con base en lo anterior, el presente documento tiene como objetivos crear una propuesta teórica de un plan posconsumo que permita gestionar de manera armónica los desechos de EPS en Colombia que provienen de su uso en el envase de alimentos, para facilitar el ingreso del material a otros procesos productivos; y evaluar el impacto ambiental de la implementación teórica de esta propuesta bajo un escenario de reciclaje del 10% del total del material producido.

Para desarrollar el objetivo central inicialmente se efectuó una revisión bibliográfica para delimitar los aspectos contextuales, teóricos, y normativos del plástico en general, y luego del poliestireno expandido (EPS) específicamente, que servirían como base para el desarrollo de la investigación.

Para establecer un punto de partida fue realizado un estudio de fuentes secundarias, que permitiera diagnosticar el estado actual del sistema de

aprovechamiento de EPS general en el país, identificando los principales problemas, variables y actores, y las situación nacional respecto al escenario internacional.

De acuerdo a la información obtenida en el diagnóstico, se desarrolló un modelo enfocado principalmente en los procesos de alistamiento, recolección, acopio y tratamiento del residuo para lograr la gestión de la mayor cantidad de EPS. Así mismo, se creó una propuesta de medición y monitoreo que permita gestionar y acompañar el desempeño y progreso del modelo determinando su efectividad y dando pie a futuras mejoras.

Para evaluar el impacto ambiental de la aplicación de un plan posconsumo se efectuó un análisis cualitativo y cuantitativo de análisis de ciclo de vida desde la producción del residuo a la tumba, basado en la norma ISO 14040 (ICONTEC, 2007) y Eco indicadores 99 (IHOBE, 1999), para cuantificar la el impacto ambiental que se deriva de la gestión actual del residuos de EPS en Colombia y así establecer una línea base.

Finalmente, se planteó un escenario teórico de evaluación de impacto en donde se asume que se implementa el programa posconsumo propuesto y se alcanza la primera meta de recuperación de 10% estipulada por el gobierno en la Resolución Colombiana 1407 de 2018. Para este escenario se ejecutaron los análisis cualitativos y cuantitativos basados en la norma ISO 14040 (ICONTEC, 2007) y Eco indicadores 99 (IHOBE, 1999), para estimar el nivel de reducción de impacto ambiental y así probar la funcionalidad y validez del programa.

# **CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE TRABAJO**

# CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

---

Este capítulo contiene la definición del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y el alcance de la misma. Al final se presenta un resumen de la estructura de los capítulos del documento y la metodología usada.

## 1.1 Planteamiento del problema

En Colombia cerca del 83% de los residuos sólidos generados por los hogares y las empresas, no son aprovechados correctamente y son enviados a rellenos sanitarios existentes sin ningún tipo de tratamiento (CONPES, 2016). Perdiendo así, material que podría ser reutilizado, oportunidades de generación de empleo, ahorros monetarios y de recursos e incrementando los problemas ambientales y de salud (Ellen Macarthur Foundation, 2019).

Las razones para explicar el bajo nivel de aprovechamiento son diversas; sin embargo, destacan los incentivos perversos de contratos de aseo locales y departamentales, los cuales alientan el traslado de desechos a rellenos sanitarios, al pagar por peso recogido. Las políticas públicas con deficiencia de beneficios por reducción de residuos, o de sanciones y multas por la falta de separación en la fuente que estimulen su aplicación, la falta de programas masivos y constantes que creen cultura ambiental en la población en general (Revista Dinero, 2017), y por último los pocos programas posconsumo liderados por el gobierno, que a su vez son muy específicos y se limitan a productos electrónicos, plaguicidas, medicamentos, baterías, llantas y bombillas, sin incluir ningún tipo de plástico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.).

Es importante mencionar, que en términos específicos de plásticos, el país ha tenido avances importantes en algunas regiones como San Andrés y Providencia con la prohibición del ingreso, uso y comercialización de materiales plásticos a las islas y Boyacá con el incentivo para la utilización de envases de un solo uso a base de materiales degradables. Sin embargo, los esfuerzos siguen siendo insuficientes en comparación con el volumen total de residuos plásticos (El tiempo, 2019, Ley 1973 de 2019).

Dado lo anterior, la presente investigación busca formular un plan que permita la correcta disposición de los residuos de poliestireno expandido y a la vez, motivar el consumo responsable, la disminución de desechos y la utilización de alternativas ambientalmente amigables para el procesamiento de los mismos. De igual manera busca responder la siguiente pregunta:

- ¿Cuál sería el impacto ambiental de la puesta en marcha de un plan de devolución posconsumo de envases de EPS en Colombia?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer un plan de gestión de devolución posconsumo para los envases de EPS usados en la industria de alimentos, que permita la mitigación del impacto ambiental negativo por medio de la reintegración al ciclo de vida.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de los residuos de EPS en Colombia, estableciendo cantidades de residuos, actores, fuentes de generación, proceso involucrados y principales problemas.

- Establecer un plan de gestión posconsumo que incluya lineamientos, procesos y procedimientos, que faciliten la reintegración del EPS a otros procesos productivos.
- Cuantificar el impacto ambiental de los desechos de EPS mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de las etapas de posconsumo bajo norma ISO 14040 y Ecoindicadores 99 bajo el escenario actual y uno en donde se cumple la primera meta de reciclaje: 10%.

### **1.3 Alcance**

Definir dentro de un programa posconsumo, los lineamientos, estrategias, procesos y procedimientos que permitan mejorar el tratamiento de residuos de poliestireno expandido de baja densidad utilizado en el empaque de alimentos en Colombia, con el fin de facilitar la reinserción de la mayor cantidad de material a la fabricación de otros productos.

Realizar una evaluación teórica del impacto ambiental de la puesta en funcionamiento del programa posconsumo y su efecto sobre los volúmenes de material recuperado y los que lleguen a una disposición final en rellenos sanitarios.

### **1.4. Justificación**

De acuerdo con el informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible del 2015 emitido por la ONU, las emisiones de dióxido de carbono han aumentado más del 50% entre los años 1990 y 2000, como consecuencia del crecimiento económico mundial (Naciones Unidas, 2015).

Parte significativa del porcentaje anual de gases de efecto invernadero (GEI) es aportado por el sector de residuos sólidos municipales, especialmente en rellenos sanitarios (Zhou, Jiang & Zhao, 2017). Los cuales, sin operaciones apropiadas de gestión favorecen la emisión de gases como el metano y el óxido nitroso (Barbosa,

2018). Tan solo en Estados Unidos, el 18,1% del total de emisiones de metano del 2013 tuvo origen en los vertederos de residuos, convirtiéndolo en el tercer generador de este tipo de emisiones de ese país (Lee, Kim & Chong, 2016).

Lo anterior tiene repercusiones en el medio ambiente y en la salud humana, afectando todo tipo de ecosistemas, contaminando el aire, agua, y suelo, generando malos olores, siendo foco para múltiples enfermedades y provocando desastres naturales al acelerar el calentamiento global (Castrejón, Sánchez, Rodríguez & Ortiz, 2016).

Un tipo de residuos que llega con mayor frecuencia a los rellenos sanitarios es el plástico. El cual ha duplicado su ritmo de producción anual desde su lanzamiento comercial en 1950 y a su vez la cantidad de residuos con poco o ningún tipo de gestión post consumo (Wilcox, Van Seville & Hardesty, 2015).

El alcance de estos residuos se ha extendido rápidamente, llegando a ecosistemas marinos, en donde diariamente se encuentran animales enredados en cuerpos extraños de plástico, o que confunden estos desechos con comida y los ingieren (Kühn, Bravo & van Franeker, 2015); afectando así, no solo su integridad física, sino la de especies que continúan en la cadena alimenticia (Li, Tse & Fok, 2016).

Las resinas plásticas más encontrados alrededor del mundo y las cuales representan alrededor el 90% de productos de este material son: polipropileno, polietileno de alta y baja densidad, tereftalato de polietileno (PET), cloruro de polivinilo y poliestireno (Li, et al., 2016).

El poliestireno expandido (EPS) excede los 3 millones de toneladas a nivel global en volúmenes de fabricación y tiene un crecimiento aproximado del 6% anual (Quiroz, Saltos, Aldas, & Chango, 2015). Es utilizado en distintas industrias, pero con mayor



notoriedad en el sector de empaquetado de alimentos, con usos de corto tiempo, haciéndolo fácilmente descartable y acumulable en basureros y calles, causando impactos ambientales negativos como los mencionados anteriormente (Agudelo, Vega, Rodríguez, Varela & Benavides, 2017).

Es por ello que este documento se enfoca en la redefinición de herramientas y procesos aplicados en la recuperación de otros materiales, para incrementar el porcentaje de recuperación y tratamiento de los envases usados de EPS con el fin de incorporarlos en las cadenas productivas existentes; y además en estimar la reducción de la degradación ambiental por la activación del modelo o programa posconsumo propuesto.

### 1.5. Metodología de Trabajo

El documento inicia con este capítulo de justificación y desarrollo metodológico, en el capítulo dos (2) se presenta la revisión de literatura inicial y luego en los capítulos 3 al 5 se presentan los resultados de cada uno de los objetivos específicos planteados. La Tabla 1 presenta el desarrollo metodológico a través de la correspondencia entre objetivos, actividades y resultados esperados.

**Tabla 1. Metodología de trabajo**

	Objetivos específicos	Actividades Metodológicas	Resultados esperados
1	Realizar un diagnóstico de la situación actual de los residuos de EPS en Colombia, estableciendo cantidades de residuos, actores, fuentes de generación, proceso involucrados y principales problemas.	1. Revisión de fuentes secundarias para la caracterización del estado actual del poliestireno expandido usado.  2. Realizar levantamiento de los cifras actuales de EPS usado	Resumen hallazgos de fuentes secundarias.  • Cantidad de residuos aprovechados. • Estimación de empresas de recolección y tratamiento.

Objetivos específicos	Actividades Metodológicas	Resultados esperados
	3. Realizar levantamiento y definición de actores.	Actores y roles definidos de los involucrados en los procesos de fin de vida del EPS.
	4. Realizar levantamiento y definición de fuentes de generación de EPS usado.	Listado de fuentes de generación de residuos de EPS.
	5. Identificar los procesos involucrados en el fin de la vida útil de EPS	Diagrama de procesos de fin de vida del EPS.
	6. Realizar levantamiento de los problemas más sobresalientes del sistema actual de gestión de residuos de EPS.	Listado de problemas más notorios del sistema de gestión posconsumo actual.
	7. Revisión de gestión de residuos de EPS a nivel internacional.	Comparación del estado actual de Colombia con países alrededor del mundo.
2 Establecer un plan de gestión posconsumo que incluya lineamientos, procesos y procedimientos, que faciliten la reintegración del EPS a la cadena productiva.	1. Estructurar resultados obtenidos en el diagnóstico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Identificación de los elementos problemáticos.</li> <li>● Identificación de elementos clave.</li> </ul>
	2. Definir objetivos y alcance del plan	Objetivos y alcance definidos.
	3. Definir condiciones generales del plan.	Condiciones generales que regirán el plan.
	4. Definir modelo general del proceso de gestión posconsumo.	Plan de proceso para gestión posconsumo.
	5. Definir seguimiento y control del desempeño y progreso del modelo.	Variables de seguimiento y control del modelo.
	6. Definir recomendaciones	Recomendaciones finales

	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades Metodológicas</b>	<b>Resultados esperados</b>
3	<p>Cuantificar el impacto ambiental de los desechos de EPS mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de las etapas de posconsumo bajo norma ISO 14040 y Ecoindicadores 99 bajo el escenario actual y uno en donde se cumple la primera meta de reciclaje: 10%.</p>	<p>1. Definición de objetivo, límites y unidad funcional de la cuantificación de impacto ambiental actual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Objetivo de la evaluación de impacto ambiental.</li> <li>● Límites de la evaluación de impacto ambiental.</li> <li>● Unidad funcional.</li> </ul>
		<p>2. Aplicación de metodología de Ecoindicadores 99.</p>	<p>Línea base de impacto ambiental para etapa de fin de vida útil en relleno sanitario.</p>
		<p>3. Definición de escenario de aplicación de plan posconsumo.</p>	<p>Escenario de evaluación definido.</p>
		<p>4. Aplicación de metodología de Ecoindicadores 99.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Impacto cualitativo para etapa de fin de vida útil bajo escenario de aplicación.</li> <li>● Impacto cuantitativo para etapa de fin de vida útil bajo escenario de aplicación.</li> </ul>
		<p>5. Análisis de resultados del impacto ambiental bajo escenario actual y escenario de aplicación..</p>	<p>Conclusiones y recomendaciones.</p>

## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

# CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

---

Debido a los diversos impactos ambientales negativos asociados al EPS, muchas ciudades de Estados Unidos ya han intentado prohibir su utilización y urbes como París y Toronto han iniciado el debate para su desmonte (BBC, 2015). Pero el impacto más grande, realmente es causado por la falta de programas específicos para su gestión posconsumo (González, 2017).

Es por ello que la presente investigación presenta una solución sostenible y viable que contribuya al ingreso de cada vez más material reciclado a la cadena productiva, reduciendo el consumo de materias primas vírgenes y disminuyendo las emisiones de gases contaminantes al ambiente.

La primera parte de este capítulo, expone una visión general del estado actual de la industria del plástico y los residuos en Colombia, haciendo énfasis en el poliestireno expandido. Seguido a esto, detalla los principales aspectos del ciclo de vida de los empaques, lo cual brinda las pautas principales para analizar y cuantificar el impacto generado. Después, explica en qué consisten los sistemas posconsumo y cuales se encuentran vigentes actualmente en el país y finalmente realiza un recuento de la normativa colombiana, que ofrece el marco jurídico para construir la propuesta del modelo de gestión posconsumo.

## 2.1 Industria del plástico

Día a día el número de productos con base en polímeros, presentes en la vida de las personas, incrementa. Industrias como la automotriz, mecánica, de la construcción y tecnológica, entre otras hacen uso constante de sus diversas presentaciones y

aprovechan las propiedades térmicas, químicas y mecánicas que poseen (Barrero Castro, 2016).

Desde sus inicios la producción mundial de plástico ha ido creciendo a ritmos de entre el 2% y 4% anual, llegando a 322 millones de toneladas métricas (tm) en 2015 (Plastics Europe, 2017). En total desde 1950 hasta 2015 se han producido 7.800 millones de tm, de las cuales la mitad ha sido producida en los último trece años (Geyer, Jambeck & Lavender, 2017).

El país que más aporta a esta cifra es China con casi el 29% de la producción global, convirtiendo a Asia en el mayor productor de plástico con casi el 50% seguido de Europa con el 19%, América del Norte con el 18%, África con el 7% y Latinoamérica con el 4% (Plastics Europe, 2017).

Los principales consumidores son Estados Unidos, Europa y Japón, lo cual muestra una alta correlación entre el consumo de plástico y el nivel de desarrollo del país. En menor medida se encuentran, Latinoamérica, Sudeste Asiático, Europa del Este y África (Collantes, Leyva, Salvatierra & Ruíz, 2017).

Se espera que esta industria continúe con una tasa de crecimiento estable, cercana al 4% en los próximos 12 años (Revista Dinero, 2016). Sin embargo, también se espera que estas empresas inicien la búsqueda de estrategias que contribuyan a la minimización del impacto ambiental causado e incentiven un consumo más responsable y sostenible, debido a la presión ejercida por los mismos consumidores y las tendencias verdes emergentes.

Con relación a Colombia, la producción de plástico en el año 2017 tuvo una variación positiva de 6,8% en sus exportaciones con respecto al año anterior, convirtiéndose en uno de los principales sectores exportadores del grupo de manufacturas en el país (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 2018).

Las principales resinas exportadas entre el 2014 y 2016 en toneladas, fueron cloruro de vinilo y sus compuestos con una participación del 44%, y polipropileno y sus co-polímeros con el 42%, estas fueron enviadas a Brasil, Perú, Estados Unidos, Ecuador y la India (Acoplásticos, 2018) .

Los productos con mayor demanda actualmente son las preformas y envases plásticos en PET, polipropileno, PVC y polietileno, las etiquetas termoencogibles y autoadhesivas y los empaques a la medida (Procolombia, s.f). El sector está compuesto en su gran mayoría por PYMES y Bogotá representa casi el 55% de las ventas totales del país (Moncayo, 2017).

## **2.2. Residuos en Colombia**

Si bien, el sector de producción y comercialización de plástico se encuentra en crecimiento en Colombia, en términos de recolección y aprovechamiento de residuos el avance está lejos de ser significativo y satisfactorio (García, 2018).

Colombia genera alrededor de 19,9 millones de toneladas de residuos sólidos y productos residuales al año: 58,7% por la actividad industrial y 41,3% por los hogares (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2016). De las 8.218.700 toneladas provenientes de los hogares, el 61,54% es adjudicable a materia orgánica, el 14,2 % corresponden a otro tipo de residuos, el 10,7% provienen de plásticos, seguido de 6,5% de papel y cartón y finalmente 6,7% procedentes de metales, madera, vidrio y textiles (CONPES, 2016).

Los departamentos que más contribuyen a la producción de residuos y que a su vez cuentan con la mayor densidad demográfica son Bogotá D.C, Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico, Santander, Cundinamarca y Bolívar representando cerca del 65% de

los residuos dispuestos en el país (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y Departamento Nacional de Planeación, 2017).

Respecto al aprovechamiento de estos desechos sólidos totales, tan solo el 17% es aprovechado (Departamento Nacional de Planeación, 2016) y se estima que con los métodos y herramientas adecuadas, esta cifra podría elevarse un 40% adicional (Monterrosa, 2019).

El país cuenta con 179 lugares que cumplen con los estándares de la normatividad colombiana para la disposición final de residuos, entre los que se encuentran rellenos sanitarios (158), celdas de contingencia (13) y plantas de tratamiento (6). Además, cuenta con 96 lugares de disposición inadecuada, tales como botaderos a cielo abierto (54), celdas transitorias (34), sitios de enterramiento (7) y sitios de quema (1) y existen 2 sitios de los que no se tiene información sobre la tecnología usada para tal fin (SSDP & DPN, 2017).

Aunque estas cifras muestran un avance en la gestión básica de residuos sólidos queda trabajo por hacer, dado que la vida útil de los rellenos sanitarios que atienden 321 municipios finalizará en un período de tres a siete años, y muchos de ellos no cuentan con la tecnología necesaria para minimizar su impacto ambiental ni para tratar apropiadamente los desechos (DNP, 2016).

### **2.2.1 Recolección de residuos**

El proceso logístico es de vital importancia en la gestión de residuos; en especial los procesos asociados a la recolección, que son responsabilidad de cada gobierno departamental y municipal pero que pueden ser delegados a empresas de servicios públicas o privadas . De ellos depende que exista un sistema eficiente que garantice el acopio y carga ininterrumpida de los residuos, para evitar la creación de focos de infección, enfermedades y contaminación visual (Ley 142 de 1994). Todo sistema de



recolección debe estar alineado con el PGIRS respectivo y deben contar con una evaluación ambiental, socioeconómica y técnica previa que avale su viabilidad (Resolución 0330 de 2017).

En Colombia, a 2014 la cobertura nacional de recolección alcanzó cifras de 80%, destacando la cobertura urbana que alcanzó un 97,8% durante ese periodo. Un 73% de la recolección fue atendido por prestadores privados, lo que reflejó un mejoramiento en el sistema de recolección de residuos a nivel nacional (CONPES, 2016).

La recolección incluye los procesos de transporte desde los puntos dispuestos y hacia los puntos de disposición final, o hasta centros de tratamiento en caso de que vayan a ser tratados para reciclaje (Soto, 2014).

Normalmente los residuos son dejados en bolsas plásticas o en canecas frente a casas, comercios y fábricas en los días establecidos para que sean recolectados y transportados por las empresas de servicios de aseo hacia los rellenos sanitarios, o por los recicladores hacia los centros de acopio (Red de Ciudades Cómo Vamos, 2014).

Idealmente, los residuos deben ser separados apropiadamente bien sea desde la fuente u origen, directamente por los generadores, o en su defecto por los recicladores para ser aprovechados y transformados, o para ser dispuestos correctamente en los rellenos sanitarios (Red de Ciudades Cómo Vamos, 2014).

Para la separación en la fuente existen códigos de colores que permiten diferenciar el tipo de residuos tal como lo muestra la Figura 1:

**Figura 1. Código Internacional de Colores**



\*Fuente: Elaboración propia con base en Norma técnica GTC 2009

Las cantidades generadas pueden variar en el tiempo, incluso diariamente pueden llegar a ser afectadas por estacionalidades. Los actores que comúnmente presentan una variación mayor son los hogares y los comercios pequeños (Soto, 2014).

El componente cultural de la población, es uno de los aspectos que debe tener en cuenta el gobierno local al momento de definir el sistema de recolección; dado que, del nivel de educación en materia de gestión de residuos sólidos, y de clasificación en la fuente, dependerá el nivel de generación de residuos y por ende las rutas e itinerarios necesarios para su recogida (Poveda, Saucedo, Ayaviri & Melo, 2016). Sin embargo, este componente necesita ser re evaluado y mejorado continuamente, procurando siempre incentivar la separación desde la fuente y la reducción de residuos.

Otro de los aspectos a tener en cuenta es la integración de recolectores informales en el sistema actual de recolección y tratamiento de residuos. Si bien en países de medio y bajo ingreso, este tema ha tenido avances importantes, aún cuentan con bastantes limitaciones y barreras (Aparcana, 2017), debido al desconocimiento de

las necesidades del sector y de la población involucrada, lo cual en los peores casos puede llevar a generar mayor exclusión (Tovar, 2018).

En conclusión, los puntos de recolección, el transporte, la selección en la fuente, la educación en términos de gestión de residuos de la ciudadanía y la participación de actores como los recicladores, hacen parte del estudio que debe hacer la administración local para crear y ejecutar un plan adecuado a las necesidades de la población de la ciudad/municipio. Ahora, si bien esto es responsabilidad del gobierno local, también es responsabilidad de los demás actores entender su papel dentro de la cadena y trabajar conjunta y coordinadamente en pro de mejorar el proceso y de asegurar su eficacia y eficiencia (Poveda et al., 2016).

### **2.2.2 Residuos de Poliestireno expandido**

Como indican las cifras presentadas en la sección [2.1. Industria del plástico](#), la industria del plástico se encuentra en auge debido a la practicidad que ofrece, en una época en donde la optimización del tiempo es vital, y en donde materiales, como el poliestireno expandido, brindan una solución rápida y segura para la conservación de los alimentos, una de las necesidades básicas del ser humano.

De acuerdo con cálculos realizados por Acoplásticos, en Colombia se utilizan aproximadamente 80.000 toneladas al año de poliestireno expandido, de las cuales se estima que cerca de un 38% son utilizadas para empaque y el restante para uso industrial (González, 2017, El Tiempo, 2018). Sin embargo, tan solo 500 toneladas son recuperadas, representando tan solo el 0,2% del total del material plástico total reciclado y el 0.006% del EPS utilizado (Betancourt & Solano, 2016).

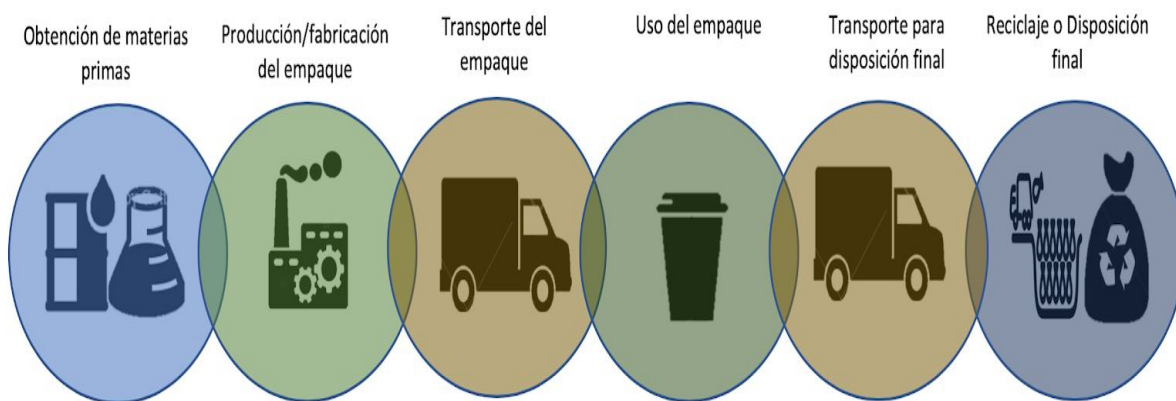
Al ser un producto económico y muy funcional, se encuentra lejos de ser eliminado por completo de la industria. No obstante, a nivel mundial y local se han iniciado investigaciones para disminuir su impacto, por ejemplo mezclándolo con otros

materiales para generar nuevos materiales o productos, o sustituyendo los elementos más contaminantes dentro de su proceso de producción (Olsson, Vieira, Santin & Rocha, 2017; Mercader, Yajnes & Caruso, 2016; Olaitan, Dlova, Ntuli, Kehinde & Apata, 2019; Calder, Mohon & Wang, 2018). Queda mucho recorrido para disminuir su impacto ambiental negativo y las acciones deben enfocarse no solo al posconsumo, sino a todo su ciclo de vida.

### 2.3 Análisis del Ciclo de vida (ACV) de empaques

El poliestireno expandido, ha demostrado ser un material clave en el transporte seguro de alimentos, ya que garantiza la conservación de sus propiedades y su integridad sanitaria, evitando la proliferación de microorganismos existentes en el ambiente y las enfermedades asociadas que estos pueden ocasionar (Minambiente, 2015). Es importante comprender las etapas que componen su ciclo de vida, las cuales abarcan desde la obtención de las materias primas para su fabricación, hasta su fin de vida y la gestión de sus residuos (La Rosa, 2016), tal como lo muestra la Figura 2:

**Figura 2. Ciclo de vida de empaques**



Fuente: Elaboración propia

La primera etapa integra los procesos, entradas, salidas, energía y transporte, necesarios para la obtención de las materias primas, las cuales incluyen el monómero estireno, benceno y selenio. Seguido a esto, se encuentra la fase de producción del

polímero a partir de las materias primas obtenidas en la primera etapa, y la conversión del material a empaques y su embalaje para posteriormente ser transportado hacia el lugar donde el consumidor podrá encontrarlo y hacer uso de él. Una vez usado, el empaque será desechado por el usuario y dependiendo de la forma de eliminación, podrá ser transportado hacia un relleno sanitario, un terreno baldío, un horno para incineración o podrá ser reciclado y transformado en un nuevo producto (The American Chemistry Council and The Canadian Plastics Industry Association, 2014)

El ciclo de vida puede ser analizado con diferentes métodos para determinar su impacto ambiental, por ejemplo EDIP 97, EPS 2000, Ecoindicadores 99, USEtox IMPACT World+, entre otros (Crespo, Buena & Omettoa, 2013). Para esta investigación se utilizará la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, bajo el enfoque de la norma ISO 14040 y Ecoindicadores 99.

La ejecución de un Análisis de Ciclo de Vida, cuenta con cuatro grandes etapas, que dependerán de la profundidad de estudio. La Tabla 2 brinda una descripción de cada fase:

**Tabla 2. Etapas de implementación del análisis de ciclo de vida (ACV)**

Etapa	Descripción
1. Definición del objetivo y el alcance	<p>El objetivo del Análisis de Ciclo de Vida debe especificar el motivo por el cual se va realizar el estudio, el ámbito de aplicación y el público al que está dirigido.</p> <p>Por su parte, el alcance definirá la profundidad, nivel de detalle y amplitud. Este debe incluir: sistema del producto, funciones del sistema, límites del sistema, procedimientos relacionados, categorías de impacto seleccionadas, suposiciones u hipótesis, tipo de interpretación, flujos de referencia, revisión crítica (en caso de que aplique) a utilizar, requisitos de calidad de datos y formato del informe.</p>

Etapa	Descripción
2. Realización del inventario	En esta etapa se realiza la recopilación de datos y se establecen los métodos de cálculo de las entradas y salidas de cada proceso unitario. Los procedimientos de cálculo deben incluir: validación de datos recolectados, relación de los datos con los procesos unitarios y relación con los flujos de referencia.
3. Evaluación del impacto ambiental	Durante la fase de evaluación se determina la significancia de los impactos encontrados. Por lo que se asocian los datos de los impactos a las categorías designadas en el alcance, junto con los indicadores de las categorías para el cálculo del resultado de la categoría.
4. Interpretación	En esta fase se deben analizar conjuntamente los resultados obtenidos en las dos etapas anteriores. Esta interpretación debe brindar resultados afines al objetivo y al alcance propuesto, generando recomendaciones, conclusiones y explicación de las limitaciones en un lenguaje apropiado para el público elegido. El informe debe contener una breve descripción de los hallazgos.

\*Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC ISO 14040

## 2.4 Ecoindicadores 99

Para determinar el impacto ambiental dentro del Análisis de Ciclo de Vida, existen diversas opciones metodológicas. Por ejemplo EDIP 1997- EDIP 2003, IMPACT 2002+, ReCiPe, Ecoindicadores 99, entre muchas otras. Ecoindicadores 99, fue creado en los Países Bajos y tiene como propósito principal ponderar la degradación ambiental por medio de la puntuación de ítems únicos o eco indicadores derivados de tres categorías de daños:

1. **Afectación a la salud humana (DALY):** medida en términos de enfermedades causadas y número de años perdidos por posibilidad de muerte prematura por causa de los impactos ambientales generados.

2. **Afectación ecosistemas:** medida en términos de porcentaje de especies que desaparecieron o están en riesgo de desaparecer a raíz del impacto ecológico causado.
3. **Afectación a los recursos naturales:** medida en MegaJoules (MJ) de energía requerida en el futuro para extraer minerales y recursos fósiles, y en la pérdida del uso de la tierra (Crespo, Buena & Omettoa, 2013).

Dentro de cada categoría de daño, existen categorías de impacto, las cuales se presentan en la Tabla 3:

**Tabla 3. Categorías de daños e impacto de Eco-Indicadores99.**

<b>Categoría de daño</b>	<b>Salud humana</b>	<b>Ecosistema</b>	<b>Recursos</b>
<b>Categoría de impacto</b>	Carcinógenos	Eco toxicidad	Minerales
	Respiratorios orgánicos	Acidificación/ Eutrofización	Combustibles Fósiles
	Respiratorios inorgánicos	Uso del suelo	
	Cambio climático		
	Radiación		
	Capa de ozono		

\*Fuente: (Dzikuć & Piwowar, 2015)

(Dzikuć & Piwowar, 2015). El resultado de cada indicador permite tener un resultado por material o materia prima, evidenciando la o las categorías de mayor impacto y posibilitando la opción de comparación entre ACV de otros productos o procesos (Florindo, Bom de Medeiros, Favarini & Severino da Costa, 2015).

## 2.5 Programas posconsumo de residuos

Una vez obtenida la cuantificación del impacto ambiental generado por el poliestireno expandido, es necesario encontrar nuevas formas de realizar una adecuada gestión, tratamiento y eliminación de residuos (Dalhousie University, 2015). Tema que en el pasado había sido de poca relevancia, pero que en los últimos años, ha cobrado importancia por cuenta del calentamiento global y sus efectos sobre la vida cotidiana.

En la actualidad existen diversos modelos logísticos para el manejo de distintos tipos de residuos, creados por entidades privadas o por los gobiernos nacionales expresados en forma de políticas; que brindan una guía sobre la forma en que determinados residuos, deben ser manejados e incluso existen países, que determinan qué cantidad de producto reciclado puede ser usada en la construcción de un nuevo producto (La Vanguardia, 2018).

Algunos de los programas posconsumo existentes en Colombia, están dirigidos a los siguientes productos:

- Residuos sólidos generales
- Pilas usadas
- Llantas usadas
- Medicamentos vencidos
- Equipos electrónicos usados
- Residuos de aceite
- Bombillas fluorescentes
- Envases de Plaguicidas Domésticos (Minambiente, s.f.)

Generalmente este tipo de modelos incluyen los procesos de identificación, clasificación, limpieza, recolección y/o indicación de puntos de acopio, registro y



entrega de los residuos a gestores internos o externos, dependiendo de la estrategia de disposición final.

Es necesario aclarar que no todos los productos están preparados para ser reinsertados a la cadena productiva, por lo que algunos de estos modelos fueron contruidos para mitigar el impacto de eliminación del residuo y deben cumplir con una serie de reglas técnicas y de seguridad preestablecidas, para asegurar que son gestionados adecuadamente (Min ambiente, s.f.).

Igualmente, los elementos que sí pueden ser reinsertados en el proceso productivo deben cumplir con una serie de estrictos procesos desde el momento en que son desechados para evitar cualquier tipo de contaminación del material por el contacto con otros productos o sustancias (Baeyens, Brems & Dewil, 2010). La reinsertación contribuye a que menor cantidad de materia prima virgen sea usada en cada ciclo productivo, a que la concepción de diseño cambie para enfocarse en la reutilización de componentes y por lo tanto disminuye el impacto ambiental negativo generado (Ministry of the Environment and Climate Change, 2017).

Dado lo anterior, para lograr un plan eficiente de posconsumo, es esencial contar con legislación que respalde los programas y que refuerce el trabajo de empresas privadas y/o públicas que se dedican a proveer la estructura necesaria para la implementación. De igual manera, se debe incentivar la integración de los recolectores informales, la oferta para el uso de material reciclado y la creación de programas de educación y divulgación para la población en general (Besen, Jacobi & Freitas, 2017)

Así mismo, la colaboración con el sector privado, mediante diversas metodologías, entre ellas la logística inversa, incrementa la probabilidad de éxito de estas iniciativas, ya que estimula a que las empresas tomen parte dentro del proceso y

aseguren la recolección y correcto tratamiento de los residuos que ellos generan indirectamente (Besen, Jacobi & Freitas, 2017).

## 2.6 Normativa de gestión de residuos plásticos en Colombia

Al ser el modelo construido para los residuos de poliestireno expandido en Colombia, es muy importante visibilizar la normativa actual, que regula la gestión de residuos plásticos, la cual se describe a continuación:

**Tabla 4. Normatividad Colombia relacionada al plástico.**

Nombre norma	Descripción
Decreto Ley 2811 de 1974	Establece el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente, el cual reglamenta define las normas para el manejo de recursos naturales y cualquier elemento que lo conforme e influya en él.
Ley 9 de 1979	Establece los procedimientos y normas por los que se deben regir la legalización y control de las descargas de materiales y residuos que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente
Ley 99 de 1993	Por medio del cual se crea el Ministerio de Ambiente en Colombia y estructura el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
Documento CONPES 2750 de 1994	Establece las políticas para el manejo de residuos sólidos.

<b>Nombre norma</b>	<b>Descripción</b>
Norma Técnica Colombiana 86:2003	Brinda una guía para realizar la gestión integral de residuos, teniendo en cuenta sus diferentes etapas, desde la generación hasta la disposición de los residuos.
Decreto 4741 de 2005	Reglamenta el manejo de los residuos peligrosos generados en el marco de la Gestión Integral.
Norma Técnica Colombiana 24:2009	Establece las normas para realizar la separación de residuos no peligrosos desde la fuente
Decreto 2981 de 2013	Establece la reglamentación para la prestación del servicio público de aseo, incluyendo a las empresas recolectoras, usuarios, a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, a las entidades territoriales y demás entidades con funciones sobre este servicio.
Norma Técnica Colombiana 6130	Estandariza los términos utilizados en el ámbito de envases, embalajes y empaques plásticos y el manejo integral de residuos.
Documento Conpes 3874 de 2016	Establece las políticas para el manejo integral de residuos sólidos.
Resolución 1397 de 2018	Regula el consumo de bolsas plásticas e incluye la distribución de bolsas de colores en puntos de pago de establecimientos

<b>Nombre norma</b>	<b>Descripción</b>
Resolución 1407 de 2018	Regula la gestión ambiental de envases y empaques de plástico, papel, cartón y metal, enmarcado en los principios de la responsabilidad extendida del productor

**Fuente:** Centro de documentación Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

# **CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS DE EPS**

# CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS DE EPS

---

El poliestireno expandido ha sido fuertemente criticado en el país en los últimos tres años, debido al impacto ambiental negativo que provoca y a los bajos niveles de recuperación y tratamiento registrados. Una muestra de ello, son los tres proyectos de ley radicados en este periodo de tiempo, para frenar su consumo y la cantidad de residuos generados (Acoplásticos, s.f. y González, 2017).

Son escasos y variables los datos que se tienen respecto a la producción y aprovechamiento de esta resina en Colombia. Como se mencionó en el capítulo anterior, se estima que de las 240.520 toneladas anuales de plástico recicladas, 500 toneladas son de poliestireno expandido, siendo solo el 0,2% del total del plástico reciclado (Betancourt & Solano, 2016).




De igual manera, son limitados los datos de los sistemas de gestión actuales, debido a que no se encuentran regularizados. Sin embargo, la realización del diagnóstico, primer objetivo específico de esta tesis, permitió levantar datos claves como actores y roles, fuentes de generación, tipos de tratamiento actuales, principales problemas y realizar una comparación con los programas de devolución de otros países a nivel mundial, los cuales serán presentados a continuación.





## 3.1 Definición de actores y fuentes de generación de residuos de EPS

### 3.1.1. Actores



Dentro de la cadena gestión de residuos del poliestireno expandido utilizado en la industria de alimentos, Del Valle (2017) identificó los actores descritos, junto su rol, en la Tabla 5.

**Tabla 5. Actores involucrados en proceso de gestión de residuos de Poliestireno Expandido (EPS).**

Actor	Rol
<b>Fabricante/productor</b> 	Es la empresa encargada de la fabricación de la resina, para transformación o venta como materia prima para la elaboración de moldes y empaques de alimentos. Hoy por hoy la responsabilidad y participación en la gestión de residuos de EPS es casi nula incumpliendo lo establecido en la regulación de responsabilidad extendida al productor.
<b>Empresa Convertidora</b> 	Es la empresa que transforma la resina de poliestireno expandido en productos terminados, tales como envases de comida, láminas de protección de electrodomésticos, entre otros. Este tipo de empresas, tampoco tiene ningún tipo de participación en la gestión de residuos del material incumpliendo también lo establecido en la regulación de responsabilidad extendida al productor
<b>Cafeterías, tiendas y restaurantes</b> 	Son la empresas que compran de distribuidores o directamente de la empresa que fabrica los empaques y embalajes, los cuales posteriormente serán usados para la conservación de los alimentos vendidos y entregados al usuario final.

Actor	Rol
<p data-bbox="228 281 475 352"><b>Distribuidor y comercializador</b></p> 	<p data-bbox="542 281 1408 447">Persona natural o jurídica que se encarga de poner en el mercado los envases de EPS y que los vende al por mayor y/o detal a los comercios o personas de a pie que lo requieran.</p>
<p data-bbox="248 617 456 646"><b>Usuario Final</b></p> 	<p data-bbox="542 617 1408 783">Persona natural o jurídica que sea propietaria, tenga o posea un envase de EPS y lo use para el transporte, conservación y almacenamiento temporal de cualquier tipo de alimento o bebida.</p>
<p data-bbox="248 865 456 894"><b>Recolectores</b></p> 	<p data-bbox="542 865 1408 1161">Pueden existir dos tipos de recolectores en el país. Informales y formales. Lo informales son los también llamados recicladores, quienes realizan la selección de material reciclable en la calle o en establecimientos con los que tienen acuerdos para hacerlo, para luego venderlo a bodegas intermediarias o a las empresas de transformación directamente.</p> <p data-bbox="542 1220 1408 1430">Los formales, son las empresas públicas o privadas, que se encargan de la recolección de residuos sólidos en los hogares y comercios y que no realizan ningún tipo de selección de los materiales. Normalmente llevan los residuos a rellenos sanitarios o bodegas recicladoras.</p>
<p data-bbox="264 1463 440 1535"><b>Bodega recicladora</b></p> 	<p data-bbox="542 1463 1408 1629">Las bodegas recicladoras, son las encargadas de comprar el material que los recolectores informales llevan, para venderlo a empresas transformadoras para uso industrial o comercial.</p>



Actor	Rol
<p data-bbox="217 296 483 401"><b>Empresas transformadoras/ recicladoras</b></p> 	<p data-bbox="542 296 1409 499">Estas empresas compran el poliestireno expandido de intermediarios (bodegas recicladoras) o cuentan con su propio sistema de abastecimiento. Estas empresas transforman el EPS usado en materia prima de uso industrial o en nuevo productos para uso comercial.</p>
<p data-bbox="277 625 418 653"><b>Gobierno</b></p> 	<p data-bbox="542 625 1409 829">Es quien establece las normas y directrices para la disposición adecuada de residuos sólidos. En el país, un comité técnico conformados por las principales entidades gubernamentales y por un grupo de empresas seleccionadas, realizan la creación de estas normas.</p>

Fuente: (Del Valle, 2017).

### 3.1.2 Fuentes de generación

Las ya mencionadas características de ligereza, conservación de temperatura y bajo costo, hacen del poliestireno expandido un material altamente atractivo para la conservación de alimentos. Sin embargo, al ser de un solo uso genera grandes cantidades de residuos. La Tabla 6 describe los lugares más comunes donde estos residuos son encontrados, aunque es importante mencionar que pueden existir otras fuentes generadoras, las cuales en términos de cantidades, resultan no significativas en comparación con los presentados en esta tabla.

**Tabla 6. Fuentes de generación de residuos de EPS.**

Fuente	Descripción
<p data-bbox="185 1675 496 1709"><b>Parques de comidas</b></p>	<p data-bbox="680 1675 1409 1839">Agrupación de establecimientos comerciales dedicados a la venta de comidas, la cual puede o no ser embalada en EPS. Normalmente tienen depósitos comunes de residuos.</p>

Fuente	Descripción
<b>Unidades Residenciales</b>	Edificaciones que albergan un grupo de casas o apartamentos que depositan sus residuos sólidos en un lugar común.
<b>Centros Comerciales</b>	Construcción que contiene una variada selección de establecimientos comerciales, entre los que se encuentran, tiendas de comidas que ofrecen alimentos envasados en EPS para consumo en el lugar o para llevar.
<b>Empresas</b>	Compañías que brindan alimentos a sus trabajadores o que permiten el consumo de comida empacada en este material y que cuentan con un lugar común para su eliminación.

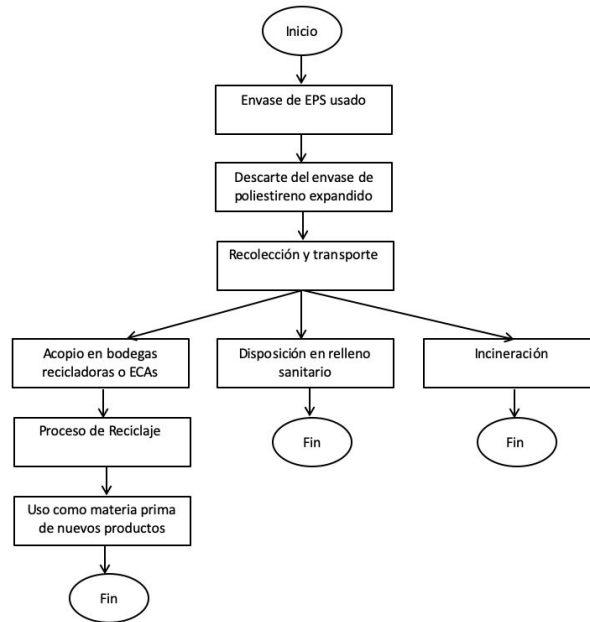
Fuente: (Contreras, 2015)

### 3.2 Procesos actuales para gestión de posconsumo de EPS.

Tal como lo muestra la Figura 3, el poliestireno expandido (EPS) después de su uso en la conservación y transporte de alimentos es descartado por el usuario final o por el establecimiento en el que fue utilizado. En la mayoría de ocasiones no es clasificado adecuadamente desde la fuente y es colocado en la bolsa de los residuos no aprovechables por lo que es dispuesto en rellenos sanitarios o para generación de energía.

En los casos en que el residuo es clasificado bien sea por el usuario final o por un reciclador, como fue mencionado en el capítulo anterior (Capítulo 3, sección 2.2.1), el desecho es llevado a las bodegas recicladoras o a las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento, quienes a su vez lo venden a empresas recicladoras quienes lo procesan para que pueda ser usado como materia prima de nuevo productos en otras industrias diferentes a la alimenticia.

**Figura 3. Diagrama de procesos de fin de vida del EPS**



**Fuente:** Elaboración propia

A continuación se hace una descripción detallada de cada uno de los tratamientos por los que puede pasar un residuo posconsumo de EPS.

### **3.2.1 Reciclaje**

Los métodos de reciclaje de EPS de las empresas que se dedican a su transformación en el país, se pueden dividir en reciclaje químico y reciclaje mecánico.

#### **3.2.1.1 Reciclaje mecánico**

Este método de reciclaje es el más conocido y más utilizado en el ámbito del plástico. Puede utilizarse como reciclaje primario (pos industrial o desechos derivados de los procesos de producción) o secundario (posconsumo).

En este tipo de tratamiento los residuos son separados de acuerdo con su color, tamaño y densidad, para posteriormente ser lavados, secados, y molidos para ser reducidos al tamaño de hojuelas o al tamaño que se requiera (Ragaert, Delva & Van Geem, 2017).

Para asegurar la eficiencia y calidad de la salida de este método de reciclaje es necesario contar con materia prima lo más homogénea y limpia posible. De lo contrario será necesario un proceso adicional de limpieza, para obtener un material con las condiciones necesarias para ser reciclado (Fidra, 2018).

### **3.2.1.2 Reciclaje químico**

El reciclaje químico convierte el poliestireno expandido u otros tipos de resinas plásticas en una masa que puede ser utilizada para crear pegamentos o servir como materia prima para crear productos a base de plástico (Flórez, 2016). Las técnicas más conocidas de reciclaje químico son pirólisis, gasificación, craqueo catalizado e hidrocrqueo (Ragaert, Delva & Van Geem, 2017)

Estos métodos de tratamiento de acuerdo a la legislación alimentaria no permiten que el material reciclado sea usado de nuevo para almacenamiento y empaque de alimentos, aunque esto varía de país a país (Flórez, 2016).

### **3.2.2 Incineración para recuperación energética**

El EPS es un elemento con un alto poder calorífico (Bodar et al., 2018), por lo que es excelente candidato para la generación de energía, liberada mediante incineración del residuo a temperatura controlada (Arrata, 2017) y generar energía que sirva a hidroeléctricas, como combustible secundario o producción de vapor (Chaukura, Gwenzi, Bunhu, Ruziwa & Pumure, 2016). Sin embargo, este método es bastante criticado, debido a la cantidad de gases nocivos y hollín que se desprenden en el momento de la incineración, amenazando no solo el planeta, sino también la salud humana (Gil-Jasso et al., 2019)

### **3.2.3 Relleno sanitario**

Esta es la opción más usada en Colombia, debido a la baja capacidad de recuperación para tratamiento. El aumento en los volúmenes de residuos que llegan a los rellenos lleva a que éstos agoten su tiempo de vida útil en un tiempo menor al esperado, dado que el tamaño del EPS es significativamente superior al de otros materiales; una tonelada de EPS equivale en volumen a 100 toneladas de otros materiales (Ospina, Nieves & López, 2017). La estancia prolongada de este material en rellenos, hace que la degradación del material tome más tiempo y que los elementos que emana en el proceso, lleguen a contaminar ríos, aire y tierras cercanas (Ahmed, 2016).

A su vez, el hecho que el poliestireno expandido llegue al relleno y no sea tratado, significa que nueva resina tiene que ser fabricada a partir de material virgen, con el fin de cubrir la cantidad que no fue reciclada; usando recursos no renovables valiosos y energía adicional (Marten & Hicks, 2018).

## **3.3 Principales problemas de la gestión de residuos de EPS en Colombia.**

Debido a que no existe nada formal en relación a la gestión ambiental del poliestireno expandido, los problemas identificados son bastante profundos y básicos en estructura y requieren de medidas disruptivas que ayuden a su solución y permitan la construcción de un sistema viable. Estos serán tomados como base para la construcción de plan de gestión de devolución posconsumo y serán descritos con mayor detalle a continuación:

### **3.3.1. Composición del material**

Uno de los obstáculos para incrementar el porcentaje de aprovechamiento, es que para quien lo recoge, no es un buen negocio (Flórez, 2016). Al estar compuesto mayormente por aire, es necesario recolectar cientos de unidades para alcanzar un peso que genere una retribución, la cual es bastante baja si se compara a la obtenida con el acero o el

papel, haciendo que los recicladores eviten la recolección de este material y sea enviado para los rellenos sanitarios. (González, 2017).

### **3.3.2. Infraestructura**

El punto anteriormente mencionado conlleva a que exista un bajo número de bodegas de recolección, almacenamiento y tratamiento en Colombia. Un ejemplo es la ciudad de Bogotá, en donde de las 1.500 bodegas recicladoras registradas en la ciudad, tan solo dos compran este material a los recicladores (Flórez, 2016).

Son pocas las empresas que se dedican de lleno al tratamiento y reciclaje del poliestireno expandido. Una de las más importantes y quizá la más antigua es Fundación Verde Natura, la cual según datos obtenidos de la misma empresa, entre los años 2010 y 2018 ha reciclado cerca de 2.560 Toneladas de EPS, contribuyendo a que 40.957.000 m<sup>3</sup> no fueran ocupados por este material y logrando ahorros en procesos productivos, energía eléctrica de aproximadamente 5.828.000.000 kilovatios de energía, 190.270 m<sup>3</sup> de agua o 5.218.215 kilos de carbono menos (G. Segura, comunicación por mail, 16 de abril de 2019). Para mayor información acerca de Fundación Verde Natura diríjase al Anexo 1.

### **3.3.3. Regulación**

Si bien Colombia cuenta con la resolución 1407 de 2018 que sistematiza la gestión ambiental a alto nivel de los empaques y envases de papel, cartón, vidrio y metal que se encuentran en circulación (MADS, 2018), la norma ambiental actual cuenta con tres grandes deficiencias:

1. El re direccionamiento de una parte significativa de la responsabilidad ambiental hacia el fabricante del producto, minimizando las obligaciones del resto de actores e incluso del Estado mismo (Del Valle, 2017).

2. La inexistencia de una norma específica para el poliestireno expandido y de un programa posconsumo oficial gubernamental o privado que acompañe a la misma y permita aterrizar la logística para la recolección y tratamiento de estos residuos (Del Valle, 2017).
3. La ausencia de castigos o incentivos que lleven al generador de los residuos a clasificarlo adecuadamente, o a que existan más empresas que se dediquen a su procesamiento y transformación, o a que las empresas re-diseñen sus productos para incluir mayor material reciclado dentro de sus procesos de fabricación (Del Valle, 2017).

#### **3.3.4. Educación y cultura ambiental**

De acuerdo con el documento CONPES 3874, el 44% de los hogares clasifican sus residuos (CONPES, 2016). Sin embargo, solo 3 de cada 10 personas manifiestan realizar esta actividad adecuadamente, lo que hace que se rechace material que podría haber sido 100% reutilizado y que termine en rellenos sanitarios a pesar de haber sido clasificado. De igual manera incrementa los costos totales de aprovechamiento debido a procesos de limpieza y desinfección adicionales se deben ejecutar (SSPD, 2017).

Lo anterior hace parte del desconocimiento de la población y no solo de los hogares, sino también de las empresas y la falta de la creación de una cultura ambiental en toda la cadena productiva. La educación ambiental actual se limita a la designación de canecas de colores para los diferentes materiales, pero no incluye como deben tratarse los residuos antes de colocarlos en las canecas, ni las alternativas existentes para evitar que lleguen a los botaderos autorizados o cómo minimizar la generación de estos residuos para evitar la contaminación del agua y el suelo, el uso de materia prima virgen y por ende la reducción de recursos no renovables (SSPD, 2017).

Este es uno de los problemas de fondo con mayor repercusión en el tratamiento de residuos a nivel general, ya que del nivel conciencia ambiental que tengan los

actores involucrados dependerá el éxito o fracaso que tenga un sistema de gestión de residuos en cualquier parte del mundo. Sin embargo, esta educación ambiental se convierte en un factor crítico en el caso del poliestireno expandido usado en alimentos debido a que el riesgo de contaminación y no utilización del material en reciclaje es mayor (CONPES, 2016).

La educación y concientización ambientales deben trabajarse conjuntamente con mejoras en la legislación y estrategias de ejecución y seguimiento robustas, para lograr hacer una diferencia real (Madrigal & Oracion, 2017).

### **3.4 Comparación internacional**

Si es realizada una comparación entre el nivel de aprovechamiento de residuos de EPS en Colombia versus un contexto internacional, podemos identificar claramente que nos encontramos en un fuerte atraso en gestión de residuos plásticos, especialmente frente a países desarrollados.

Alrededor del mundo existen asociaciones formales e informales para incentivar la gestión de los residuos del poliestireno expandido. Un ejemplo de ello es la Alianza Internacional del EPS (International EPS Alliance – INEPSA), la cual reúne a productores de EEUU, Asia y Europa (Flórez, 2016) o EPS-IA (EPS Industry Alliance). Esta organización agrupa a más de 60 empresas en la industria del poliestireno expandido alrededor del mundo y cuyo principal objetivo es brindar estadísticas e información clave sobre la recolección, procesamiento y reúso de la resina (EPS Industry Alliance, s.f.), o ASAPEX (Asociación Sudamericana del Poliestireno Expandido), la cual agrupa a asociaciones de Argentina, Brasil y Chile.

Esta ventaja también es visible en los esfuerzos gubernamentales de estos países por reducir la producción y consumo de productos plásticos. A continuación, se describirán en detalle los casos más importantes:



### **3.4.1. Gestión de residuos de EPS en Latinoamérica**

La gestión adecuada de residuos de poliestireno expandido en Latinoamérica se hace más evidente en países con un mayor índice de desarrollo (Contreras, 2015). Sin embargo, el porcentaje de recuperación sigue siendo bajo en comparación a la cantidad de residuos generados anualmente, la cual continúa en tendencia creciente.

Un ejemplo de los países que tienen un mayor avance en el tema es Brasil, el cual es uno de los mayores productores y consumidores de EPS en la región; en el 2012 logró alcanzar una tasa de reciclaje de EPS posconsumo del 34,5%, logrando sacar de los rellenos y vertederos 13.570 toneladas de las 39.340 toneladas totales de EPS pos-consumo generadas ese año. El material reciclado se utilizó en la industria de la construcción, calzado, muebles e implementos del hogar (Plastivida, s.f.)

Otro ejemplo es México, el cual ha venido trabajando activamente en recolección y tratamiento en los últimos años y que en el año 2018 construyó el Plan Nacional de Manejo de Residuos de Poliestireno Expandido conjunto, entre el gobierno y las principales empresas privadas recicladoras del EPS. El objetivo de esta política es fortalecer la cadena actual de reciclaje y valorizar los residuos. Este país, cuenta con un consumo aparente de 125.000 toneladas de las cuales 24% son usadas para uso alimenticio. Actualmente existen tres centros de acopio posconsumo que reciben y gestionan alrededor de 4.000 toneladas al año, pero con esta nueva política se planean que sean más y se pueda extender a otros lugares de México (Reciclaunicel, 2018).

Argentina, también cuenta con un avance significativo, el cual combina con la tecnología utilizada para convertirse en una ciudad inteligente. Cuenta con una cadena de puntos verdes, de los cuales algunos tienen medidores en tiempo real y paneles solares y con cooperativas de recuperadores urbanos que reciben todo tipo residuos reciclables entre los que se encuentran el EPS o también conocido como Telgopor en la

capital Buenos aires (Dirección General de Calidad Institucional y Gobierno Abierto de Buenos Aires, 2017).

Estos residuos son enviados a las cinco plantas de tratamiento existentes hasta el momento. Lo anterior ha evitado que se envíen 11.045 toneladas de plástico menos a los rellenos en comparación al año anterior (2017), aunque no se especifica cuántas de estas corresponden a EPS (DGCIGA de Buenos Aires, 2017). Otras regiones de Argentina, cuentan con programas similares y existen diversas empresas que se dedican exclusivamente a la transformación de Telgopor.

De igual manera, cuentan con entidades que respaldan la gestión integral de residuos plásticos, tales como la Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos, la (CAIRPLAS) y Asociación Argentina del Poliestireno Expandido (AAPE), brindando educación a la ciudadanía.

Por otro lado está Chile, el cual a pesar de tener un nivel de desarrollo económico sobresaliente en América Latina, no ha mostrado mucho avance en el tema. Cuenta con una asociación exclusiva para abordar los temas relacionados a la producción de EPS, con emprendimientos e investigaciones que buscan mitigar el impacto de la resina y a su vez con una ley expedida en 2016 que fomenta el reciclaje. Sin embargo, son acciones superficiales que no generan un impacto real y sostenible.

Las estadísticas al respecto son escasas y difieren entre ellas, por lo que es difícil saber cuánto material está siendo producido y recuperado. Al igual que Colombia, no cuenta con muchas empresas que se dediquen a la captación y tratamiento de la resina.

Ecuador pasa por una situación similar. Los residuos generados no son tratados adecuadamente, debido a la falta de programas nacionales, la falta de gestores

ambientales que trabajen con EPS y a la poca educación ciudadana en relación a disminución y separación de residuos (Saltos, 2015).

En Paraguay existe una política enfocada a la reglamentación de residuos sólidos, pero no hace referencia específica al reciclado del EPS. Este reciclado es mayormente hecho por agentes informales. Para la transformación, el país no cuenta con tecnologías que permitan extraer hexabromociclododecano (HBCD) contenido dentro de los EPS, por lo que se estima que el EPS utilizado en el área de construcción tiene como destino el relleno sanitario (Secretaría de ambiente de Paraguay & Fondo para el Medio Ambiente Mundial, 2017). Para los residuos de alimentos y otro tipo de usos del EPS y gestión no se encontraron datos.

En Uruguay desde finales del 2017, se viene implementando el Plan de gestión ambiental para la recuperación de poliestireno expandido, impulsado por las principales empresas fabricantes e importadoras del material y el gobierno local de Montevideo. El objetivo de este plan es crear una cultura consciente ambientalmente, en la que prime la disminución de residuos enviados a rellenos y en la que se incluya como eje central al consumidor final. Para facilitar la recolección ha instalado contenedores en los lugares de mayor afluencia de personas (Asociación Uruguaya de Industrias del Plástico, 2017).

En Perú, se estima que 5 millones de personas usan poliestireno expandido (Monabay Latam, 2018), las cuales se verán afectadas porque a finales del 2018, se aprobó una ley que prohíbe el uso de bolsas plásticas y descartables de un solo uso, entre los que se encuentran los elementos fabricados con EPS y que son usados en conservación de alimentos, aunque se espera que el desmonte sea progresivo, el tiempo para hacerlo es de 3 años (El Peruano, 2018).

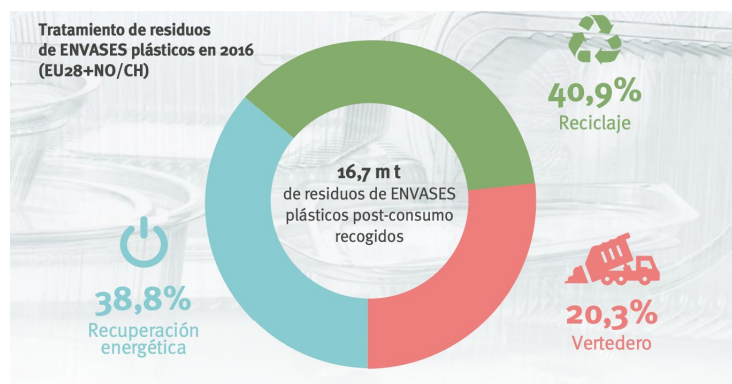
En este país, el 56 % de los desechos plásticos terminan en un relleno sanitario y el 43% es desechado en botaderos, ríos y mares, solamente el 0.3 % es insertado de nuevo a la cadena productiva a través del reciclaje (Monabay Latam, 2018).

### 3.4.2. Gestión de residuos de EPS en Europa

Europa es el segundo productor de plástico en el mundo y en los últimos años ha aumentado sus esfuerzos para encontrar formas de sensibilizar al público respecto a los residuos generados por consumo excesivo de este material, para así encontrar nuevas alternativas que permitan reducir el impacto ambiental (Plastics Europe, 2017).

De acuerdo con datos brindados por Plastics Europe (Plastics Europe, 2017), en el 2016 se recolectaron 16,5 millones de residuos de envases plásticos en Europa, en donde 40,9% fueron reciclados, siendo Alemania y los Países Bajos quienes más aportaron a esta cifra, 38,8% fueron destinados para recuperación energética, y 20,3% fueron enviados a vertederos, tal como lo muestra la Figura 4.

**Figura 4. Tratamiento de residuos envases plásticos posconsumo**



Fuente: Plastics Europe. (2017)

De acuerdo con el mismo estudio, se estima que entre 2006 y 2016 el nivel de reciclaje en el continente incrementó un 74%, y la recuperación energética lo hizo en un

71%, y el uso de vertederos para disposición final de envases de plástico disminuyó un 53% (Plastics Europe, 2017).

En el 2018 los fabricantes de poliestireno expandido en la Unión Europea, por medio de su asociación (EUMEPS), presentaron una promesa voluntaria de reciclaje de EPS, con la cual esperan llegar a una tasa de reciclaje del 46%, con el fin de alinearse con los objetivos del gobierno para 2030 (European Manufacturers of Expanded Polystyrene, 2018).

### **3.4.3. Gestión de residuos de EPS en Estados Unidos**

Estados Unidos es uno de los principales consumidores de EPS en el mundo. De acuerdo con el EPS Recycling Rate Report, publicado por la EPS Industriean Alliance, en el 2016 fueron recicladas más de 118 millones de libras de la resina. De las cuales 63 millones corresponden a empaques posconsumo.

A pesar de que la industria ha invertido en encontrar nuevas formas de reciclar esta resina, en algunas estados y ciudades de EEUU, el poliestireno no es visto con buenos ojos. En mayo del 2019, Maine se convirtió en el primer estado en prohibir el uso de poliestireno en contenedores de comida en restaurantes y supermercados; los argumentos usados están dirigidos al daño que causan como microplásticos, la viabilidad económica del reciclaje y el efecto cancerígeno que algunos estudios han indicado que ejerce en la salud humana. Este veto se amplió a otros estados como Vermont, Colorado, Oregon, New Jersey, New York y Berkeley (Ivanova, 2019).

### **3.4.4. Gestión de residuos de EPS en Asia**

Asia es el mayor productor y consumidor de poliestireno expandido en el mundo. Específicamente el nordeste de Asia consumió el 50% del consumo total del material en mundo (Zamudio, 2018); sin embargo, los esfuerzos para recuperar material a partir del residuo de esta resina son escasos e insuficientes, debido a que las autoridades locales no cuentan con la infraestructura o el conocimiento para su tratamiento; cerca del 80%

del plástico que termina en los océanos del mundo viene de Vietnam, Indonesia, Filipinas, China, y Tailandia (Faulder, 2018).

Al sobrepasar la capacidad de los rellenos sanitarios oficiales y de los botaderos, la basura es encontrada en ríos, calles y océanos. Ante esta situación algunas ciudades como Trivandrum en India y San Fernando en Filipinas, están apoyando la reducción de desechos, mediante políticas de basura-cero y otras ciudades se están uniendo, en la capacitación de los ciudadanos (Benosa, 2018).

# **CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE PLAN POSCONSUMO DE EPS**

# **CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE PLAN POSCONSUMO DE EPS**

---

El presente plan de devolución posconsumo ha sido construido recopilando las mejores prácticas de los distintos planes encontrados, con el fin de crear un documento completo, que abarque todo el ciclo de logística inversa y gestión posconsumo, de tal forma que se logre re incorporar la mayor cantidad de material a la cadena productiva y económica.

De igual manera, se han tomado como base los hallazgos obtenidos en el diagnóstico de la situación actual de residuos de EPS en Colombia (capítulo 3), para enfocar el plan en los problemas que según las experiencias recogidas tienen mayor probabilidad de impacto, éstos son: infraestructura, normativa y educación ambiental.

## **4.1 Objetivo general**

Promover la correcta gestión de los residuos posconsumo de poliestireno expandido utilizado para el envasado de alimentos en Colombia.

### **4.1.2 Objetivos específicos**

- Brindar procedimientos y lineamientos claros para cada uno de los agentes involucrados en la cadena productiva del EPS utilizado en alimentos.
- Reducir la cantidad de residuos en rellenos sanitarios y vertederos no autorizados.



- Generar conciencia social sobre la responsabilidad de toda la comunidad en el uso y disposición de residuos de EPS.
- Impulsar la gestión colaborativa y principios de la economía circular.
- Reducir la cantidad de EPS que termina en recursos hídricos como lagos, ríos y océanos.
- Contribuir a la reinserción de la mayor cantidad de material usado dentro de las cadenas productiva que utilicen como componente base el EPS.

## **4.2 Alcance**

El presente plan aplica solo para la gestión envases de poliestireno expandido de origen nacional o importado, usado en el transporte y conservación de alimentos, que el usuario final considere que ha cumplido su ciclo de vida y desee desechar en cualquier de las ciudades, municipios y corregimientos de Colombia.

## **4.3 Condiciones generales del plan de devolución posconsumo**

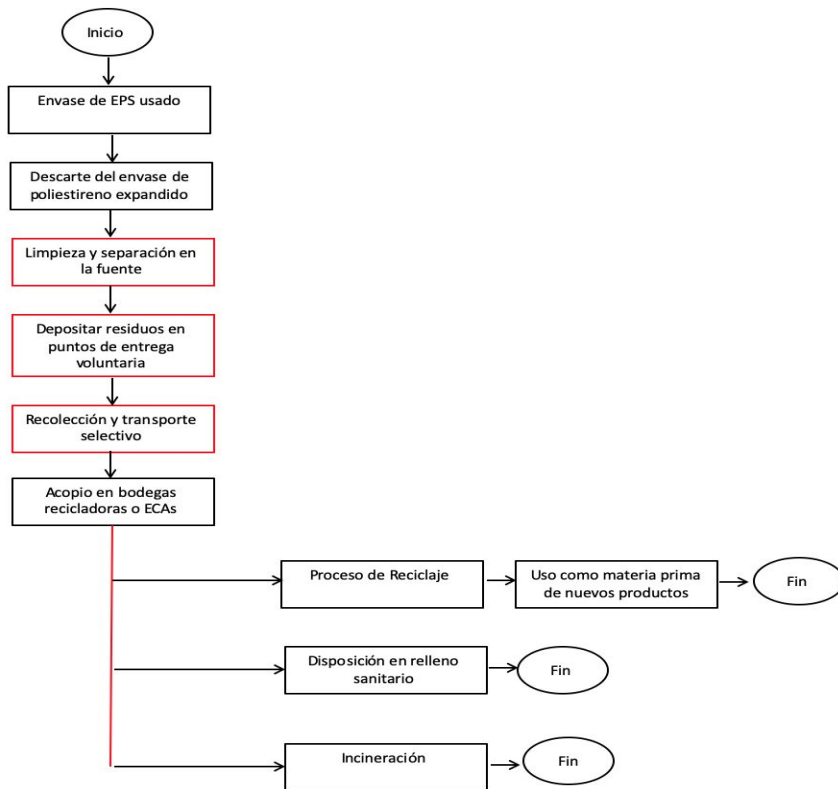
### **4.3.1 Propuesta general de gestión posconsumo del EPS**

La propuesta del presente plan para mejorar la gestión de fin de vida del poliestireno expandido e incrementar los volúmenes de material recolectado e insertado en la cadena productiva, se basa en la incorporación de tres actividades claves al flujo actual (capítulo 3, sección 3.2), tal como lo muestra la Figura 5: limpieza y separación en la fuente, depósito en puntos de entrega voluntaria y recolección selectiva; actividades que serán detalladas más adelante en el presente capítulo.

La integración de esta actividades modifica a su vez, el responsable de decidir qué tipo de tratamiento recibirá el residuo, ya que ahora esta acción será determinada

por la bodega recicladora o por las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento en el momento de clasificación del material recibido y no por la empresa de aseo como ocurre actualmente, la cual envía todo a relleno sanitario.


**Figura 5. Propuesta de gestión posconsumo del EPS**









Fuente: Elaboración propia.

Si bien el modelo actual de gestión de residuos en Colombia está regido por la responsabilidad extendida del productor, el programa acá propuesto propone la evolución de este modelo para basar todo trabajo futuro en el concepto de responsabilidad compartida, en donde cada actor de la cadena cumple con su parte y se apropia de las actividades que le corresponden de acuerdo a su rol dentro del ciclo de vida del producto. La Tabla 7 describe las nuevas obligaciones de los actores bajo este nuevo enfoque:

**Tabla 7. Actores y nivel de participación.**

Actor	Nivel de participación.
<p><b>Fabricante/productor y empresas convertidoras</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Junto con las empresas convertidoras, otros productores de la industria y los gobiernos locales están en la obligación de crear e implementar sistemas de gestión posconsumo que aseguren la devolución, tratamiento y disposición adecuada de los residuos producidos por el uso de su productos.</li> <li>● Rediseñar sus productos incluyendo materiales afines con la conservación del medio ambiente, materia prima reciclada de ser posible y disminuya el uso de recursos naturales no renovables sin comprometer la calidad y satisfacción del cliente.</li> <li>● Etiquetar todos lo productos de poliestireno con el código de identificación del poliestireno según Plastics Industry Association, para facilitar la tarea de identificación en el momento del descarte.</li> <li>● Realizar campañas educativas para que los clientes finales conozcan el proceso de retorno del producto a ser descartado y los beneficios de su correcta disposición.</li> <li>● Asegurar la correcta medición de los indicadores de gestión del programa.</li> <li>● Presentar en los trimestral, semestral y anualmente resultados y avance del plan posconsumo.</li> </ul>

Actor	Nivel de participación.
<p data-bbox="224 352 477 443"><b>Distribuidor y comercializador.</b></p> 	<ul data-bbox="553 296 1409 793" style="list-style-type: none"> <li>• Facilitar sus instalaciones para la habilitación de puntos de entrega voluntaria, asegurando su cuidado y divulgación.</li> <li>• Contribuir y participar activamente en las campañas de divulgación del programa y los beneficios de su aplicación.</li> <li>• Diligenciar correctamente los documentos de soporte con cantidades recibidas, el estado del material y los detalles de recogida.</li> </ul>
<p data-bbox="185 842 500 989"><b>Cafeterías, tiendas y restaurantes y usuario Final</b></p> 	<ul data-bbox="553 842 1409 1171" style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar, clasificar y transportar el residuo posconsumo al punto de recolección de acuerdo al protocolo establecido.</li> <li>• Reducir el uso que le da al EPS, comprando solo lo que va a consumir o en su defecto cargando cuando le sea posible empaques no descartables.</li> </ul>
<p data-bbox="250 1247 451 1276"><b>Recolectores</b></p> 	<ul data-bbox="553 1247 1409 1507" style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la integridad del material transportado, evitando contaminación de otras sustancias.</li> <li>• Diligenciar correctamente los documentos de soporte con cantidades recibidas, el estado del material y los detalles de recogida.</li> </ul>
<p data-bbox="185 1562 493 1591"><b>Bodega Recicladora</b></p> 	<ul data-bbox="553 1562 1409 1829" style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar los lineamientos de almacenamiento dispuestos por el sistema de gestión establecido, la CONPES 3874 de 2016 (CONPES, 2016) y el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (MVCT).</li> </ul>

Actor	Nivel de participación.
<p data-bbox="217 296 483 443"><b>Empresas transformadoras/ recicladoras</b></p> 	<ul data-bbox="548 296 1403 506" style="list-style-type: none"> <li>● Cumplir con los lineamientos ambientales de operación, para evitar más contaminación al ambiente y para realizar las mezclas de materia primas habilitadas por el gobierno de acuerdo al tipo de producto fabricado.</li> </ul>
<p data-bbox="277 659 423 695"><b>Gobierno</b></p> 	<ul data-bbox="548 659 1403 1562" style="list-style-type: none"> <li>● Crear legislación que brinde los lineamientos para la creación de los diferentes programas posconsumo, junto con los demás stakeholders involucrados.</li> <li>● Incentivar el uso de productos fabricados con materia prima amigable con el medio ambiente y/o reciclada.</li> <li>● Establecer incentivos y penalidades para velar por el cumplimiento normativa creada.</li> <li>● Crear e implementar sistemas de gestión posconsumo que aseguren la devolución, tratamiento y disposición adecuada de los residuos de EPS en conjunto con fabricantes y empresas convertidoras.</li> <li>● Educar e informar al usuario final conjuntamente para que realice la separación de residuos desde la fuente y la entrega de los mismos en los puntos estipulados.</li> <li>● Presentar en los trimestral, semestral y anualmente resultados y avance del plan posconsumo.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2. Metas de recolección

Para poder medir el avance de la implementación este programa posconsumo, se han propuesto las metas de aprovechamiento de la Tabla 8 que serán las mismas

establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia en el artículo 9 de la Resolución Colombiana 1407 de 2018 para envases y empaques de plástico, papel, cartón y metal. La cifra del primer año, será usada en el próximo capítulo (capítulo 5) para evaluar el impacto ambiental de la implementación del programa.

**Tabla 8. Metas de recolección del plan de devolución posconsumo con base en la Resolución 1407 de 2018.**

<b>Periodo de evaluación</b>	<b>Incremento anual (%meta)</b>	<b>Meta de aprovechamiento de envases y empaques (%)</b>
2021	10%	10
2022	2%	12
2023	2%	14
2024	2%	16
2025	2%	18
2026	2%	20
2027	2%	22
2028	2%	24
2029	3%	27
2030	3%	30

Fuente: (Resolución 1407, 2018)

La meta se deberá calcular sobre el peso total del material puesto en el mercado en el año base. Esta meta varía año a año y en caso de superarse, el excedente podrá ser reportado en el siguiente año. Se utiliza la Ecuación 1 para calcular el porcentaje de aprovechamiento de residuos y empaques:

$$\% AREE = QMA/QMPM \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

**AREE:** Porcentaje de aprovechamiento de residuos de empaques y envases.

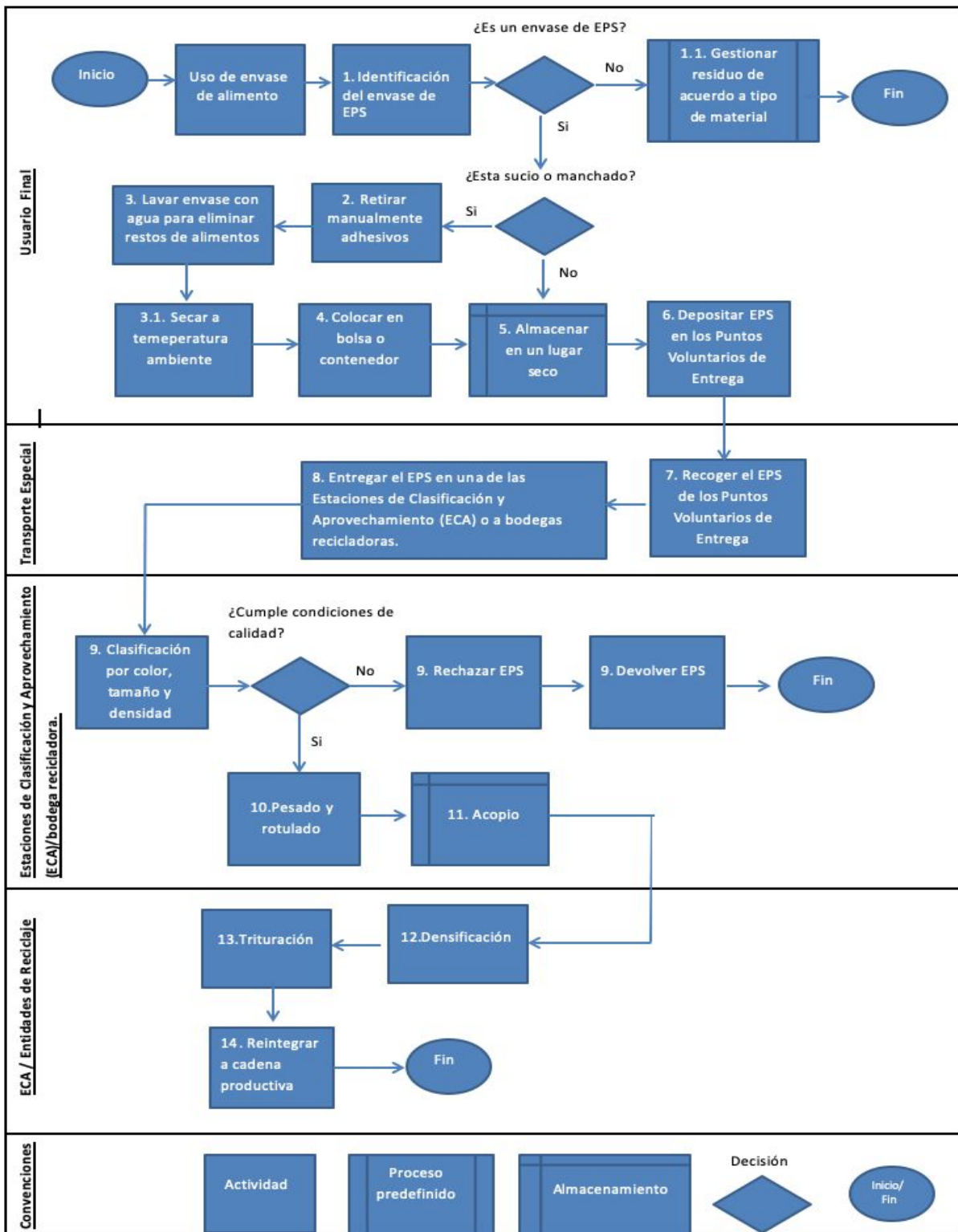
**QMA:** Peso total del residuo aprovechado en el año de evaluación, en toneladas.

**QMPM:** Peso total de envases y empaques puestos en el mercado, en toneladas (Resolución 1407 de 2018).

#### **4.4 Descripción de procesos del plan de devolución posconsumo.**

A continuación, se presenta una descripción de los diferentes procesos que deben ser realizados para asegurar una correcta gestión posconsumo del EPS en Colombia. La Figura 6 presenta un diagrama de bloques del plan propuesto y la Tabla 9 describe con mayor detalle cada uno de ellos.

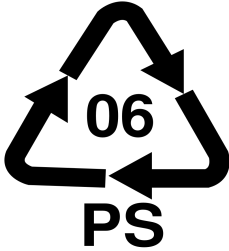
**Figura 6. Diagrama de flujo del plan de devolución de residuos de EPS**







Fuente: Elaboración propia.




**Tabla 9. Descripción de procesos del plan de gestión posconsumo de residuos de EPS**

ID	Actividad	Descripción	Responsable
1	Identificación de envase de EPS.	<p>Una vez termine de usar el envase, el consumidor debe verificar el código de identificación de envase. El poliestireno está enmarcado bajo el código de identificación número 6 (World Economic Forum, 2016), el cual se encuentra rodeado de tres flechas que forman un triángulo, lo cual denota que es un producto reciclable como se muestra en la Figura 7 .</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 7. Código de identificación del poliestireno según Plastics Industry Association.</b></p> <div style="text-align: center;">  <p>Fuente:wikipedia.org</p> </div> <p>Es importante mencionar, que en Colombia no todos los productos de poliestireno expandido tienen este código identificador, por lo que la identificación visual será clave.</p> <p>El EPS o Icopor como es conocido en Colombia, se caracteriza por tener una textura con relieve en forma de pequeños círculos o polígonos, tal como lo muestra la Figura 8 y en la mayoría de las ocasiones es de color blanco.</p>	Consumidor Final.

ID	Actividad	Descripción	Responsable
1	Identificación de envase de EPS.	<p data-bbox="573 268 1125 300"><b>Figura 8. Textura de poliestireno expandido</b></p>  <p data-bbox="735 642 963 667">Fuente:dreamstime.com</p> <p data-bbox="553 730 1146 856">En las aplicaciones de EPS para alimentos se encuentran variados tamaños y presentaciones Algunos ejemplos d se presentan en la Figura 9:</p> <p data-bbox="599 919 1097 999"><b>Figura 9. Presentación de productos de poliestireno expandido para alimentos</b></p>  <p data-bbox="727 1392 971 1417">Fuente:termoenvases.net</p>	Consumidor Final.
1.1	Gestionar material de acuerdo al tipo material.	En caso de que no se trate de un envase de EPS, es necesario realizar la respectiva identificación de material y prepararlo y clasificarlo de acuerdo al tipo de material.	Consumidor Final.
2	Retirar adhesivos.	Se debe retirar manualmente cualquier tipo de adhesivos o etiquetas que contenga el envase.	Consumidor Final.

ID	Actividad	Descripción	Responsable
3	Eliminación de restos de alimentos.	Se deben retirar los residuos de alimentos del envase. Si lo requiere se deberá realizar un proceso de lavado simple con agua tan pronto como sea posible, para evitar que los residuos se adhieran al EPS.	Consumidor Final.
3.1	Secado del envase.	En caso de que envase requiera lavado se deberá dejar secar a temperatura ambiente y lejos de otros materiales hasta que esté libre de agua.	Consumidor Final.
4	Colocar en contenedor/bolsa.	<p>Una vez seco se deberá introducir el empaque en una bolsa/contenedor blanco en el caso de los hogares y azul en caso de encontrarse en una institución, según las condiciones descritas en la norma GTC-24 (ICONTEC, 2009) sección 4, como lo muestran las Figuras 10 y 11 respectivamente.</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 10. Código de color para residuos aprovechables en hogares</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Fuente: Logismarket y totalcleanpanamai</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 11. Código de color para residuos de plástico en instituciones y comercios.</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Fuente: Logismarket y Maplascalei.</p>	Consumidor Final.

ID	Actividad	Descripción	Responsable
		<p>Si bien esta codificación de colores es utilizada para todo tipo de plásticos, se recomienda usar una sola bolsa para el material de EPS posconsumo recolectado con el fin de evitar contaminación con otros residuos</p> <p>Lo anterior, permitirá identificar el tipo de contenido del residuo que el consumidor final está desechando para fácil aprovechamiento o su disposición tanto por parte de las empresas públicas o privadas de recolección de residuos, como por el recolector informal.</p>	
5	Almacenar en un lugar seco.	Mientras la bolsa/contenedor es llenado en su totalidad se deberá almacenar en un sitio especial, que no contenga humedad y se encuentre a temperatura ambiente.	Consumidor Final.
6	Depositar el EPS en los puntos de entrega voluntaria de la localidad.	<p>Para la recolección de residuos se recomienda crear puntos de entrega voluntaria, donde los usuarios finales o instituciones puedan depositar el EPS posconsumo, cuando consideren que tienen una cantidad suficiente para entregar.</p> <p>Se propone iniciar con los puntos de entrega voluntaria en centros comerciales, parques y principales lugares de venta de EPS con base en estudios de número de personas y generación de residuos, para determinar las zonas más adecuadas.</p> <p>Esta opción representa menores costos de transporte y facilita la entrega para los generadores al disminuir la distancia que debe</p>	Consumidor Final.

ID	Actividad	Descripción	Responsable
		<p>recorrer el usuario.</p> <p>Estos puntos se pueden diseñar de tal forma que permitan promoción de productos y servicios y así subsidiar parte de los costo con venta de publicidad. En la Figura 12 se muestra un ejemplo de los puntos de entrega voluntaria.</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 12. Ejemplo de puntos de entrega voluntaria</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Fuente: Elaboración propia</p> <p>Se aconseja implementar sistemas de incentivos para los consumidores que lleven residuos de EPS.</p> <p>Las personas jurídicas encargadas de los puntos de entrega voluntaria deberán llevar controles estrictos de volúmenes recogidos, fechas de entrega a los responsables de recolección, mantenimiento e incidentes relacionados al punto.</p>	

ID	Actividad	Descripción	Responsable
7	Recoger el EPS de los puntos de entrega voluntaria de cada sector.	De manera periódica un transporte especial realizará una ruta para recoger estos residuos de EPS.	Transporte Especial.
8	Entregar el EPS en una de las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento.	Se deberá entregar el EPS en alguna de las ECA que se establezca en la ruta de recolección al final de la misma.	Transporte Especial.
9	Clasificación.	<p>Los ECA deberán organizar el material de la manera más homogénea (Color, tamaño y densidad) y limpia posible.</p> <p>En caso de recibir material que no esté conforme a las especificaciones de limpieza e integridad, el ECA realizará un proceso de rechazo, para que ese material sea dispuesto por la misma entidad o una externa, de acuerdo a las opciones ofrecidas por la parte inferior de la pirámide de jerarquía de gestión integral de residuos sólidos, definida en el documento CONPES 3874 de 2016 (CONPES, 2016).</p> <p>Dentro de las opciones de fin de vida se encuentran: disposición en relleno sanitario, quema para generación de energía o compostaje por medios alternativos como por ejemplo usando bacterias, gusanos y hongos que ayudan a la transformación del residuo en materia biodegradable (Russell et al., 2015, &amp; Yang et al. 2015).</p>	ECA.

ID	Actividad	Descripción	Responsable
10	Pesado y rotulado.	Cuando los residuos de EPS están clasificados deberá realizar las actividades de pesado, rotulado y compactación correspondientes.	ECA.
11	Acopio	<p>Dentro de su proceso de reciclaje tendrá que tener una zona de Acopio, donde estará el EPS que recibieron para ser almacenado de una forma adecuada.</p> <p>Las ECA deberán asegurar que los residuos sean entregados a otras empresas transformadoras o gestionados por ellos mismos de forma periódica de tal forma que no llegue a ocupar más del 60% de su capacidad de almacenamiento.</p>	ECA.
12	Densificación	<p>En caso de los ECA cuenten con una área de transformación, el proceso de reciclaje se efectuará en la misma. De lo contrario el material será transportado a una empresa recicladora para que lo ejecute.</p> <p>Se recomienda utilizar el reciclaje mecánico, debido a que es el método que menor impacto ambiental genera y es el más económicamente escalable (Casas &amp; Zapata, 2015). En el país existen empresas como Verde Natura (Ver anexo 1) o Ikoportex, que se dedican exclusivamente al reciclaje mecánico o termo mecánico de EPS.</p> <p>El proceso de densificación se realiza para sacar el aire contenido en el EPS y reducir su tamaño.</p>	ECA/Empresa de reciclaje
13	Trituración	Una vez densificado, se lleva el EPS al triturador para ser procesado y generar como resultado bolas de EPS.	ECA/Empresa de reciclaje

ID	Actividad	Descripción	Responsable
14	Reintegración a cadenas productivas secundarias.	Una vez finalizado el proceso reciclado se envía el material resultante para que sirva de base para otros productos tales como útiles escolares, materiales de construcción, ganchos de ropa, entre otros.	ECA/Empresa de reciclaje.

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que para el éxito del funcionamiento de este programa se requiere la activa participación de los fabricantes, gobierno, consumidores y las personas que realizan la labor de reciclaje de forma que se pueda fomentar la gestión adecuada del EPS y reducir la degradación actual del medio ambiente.

Se deberán crear estrategias de formación, capacitación, sensibilización y comunicación del plan para la población a cubrir, incluyendo: adultos, niños, empresas, entre otros, especificando los procesos de identificación y preparación del residuo y la ubicación de los puntos verdes por región.

Se aplicará especial énfasis en las ventajas del plan, su impacto en el medio ambiente y en los beneficios a los que tendrá acceso en caso de que los hubiese. Los medios físicos y online utilizados y el cronograma de aplicación del plan de comunicación, deben ser reportados a la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales).

#### **4.5 Seguimiento y control**

El seguimiento y control debe ser realizado conjuntamente entre el gobierno local y los productores involucrados en la recuperación del material y avalado por las autoridades ambientales. Se recomienda que esté alineado a lo establecido en la Política Nacional



para la gestión integral de residuos sólidos (CONPES 2016) e incluir a su vez las educación ambiental, divulgación y promoción y destino final de material rechazado.

Se propone medir los siguientes indicadores:

**1. Etapa de recolección:** Estos indicadores serán responsabilidad del gobierno local y los productores del EPS, incluyendo los fabricantes y transformadores del material:

- Cantidad de residuos clasificados desde la fuente / cantidad total de residuos.
- Cantidad de material recolectado / cantidad de material fabricado.

**2. Etapa de clasificación y acopio:** Estos indicadores serán responsabilidad de las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento.

- Cantidad de material gestionado / cantidad de material recolectado
- Cantidad de material rechazado / cantidad total de material recolectado

**3. Etapa reciclaje y creación de nuevos productos:** Estos indicadores serán responsabilidad de las empresas públicas o privadas encargadas del reciclaje y/o creación de nuevos productos.

- Número de material reincorporado a cadena productiva de envases para alimentos / total de material reciclado.
- Número de metros cúbicos de agua usados en proceso de reciclaje EPS.
- Número de metros cúbicos de agua usados en proceso de fabricación de productos usando materia prima virgen / Número de metros cúbicos de agua usados en proceso de fabricación de productos que usan como base EPS reciclado.

- Número de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitidas en el proceso de fabricación de productos usando materia prima virgen / Número de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitidas en proceso de fabricación de nuevos productos usando EPS reciclado.

Los siguientes indicadores permitirán establecer el estado del programa como un todo y establecer su nivel de avance o retraso y serán responsabilidad de los responsables del programa posconsumo.

- Número de horas ejecutadas de actividades de difusión y sensibilización / Número de horas planeadas de actividades de difusión y sensibilización
- Cantidad de empresas participantes en el plan posconsumo/ Número de empresas en el sector.
- Número de infraestructura ejecutada dirigida para aprovechamiento de EPS / Número de infraestructura planeada dirigida para aprovechamiento de EPS
- Número de nuevas normas expedidas para gestión de residuos posconsumo en el año/Número de normas vigentes al iniciar el programa.

El gobierno local junto con las empresas participantes deberá presentar públicamente trimestralmente y anualmente los resultados de sistemas de recolección de información, en donde se especifique la siguiente información:

- Resultados de indicadores
- Información de los centros de acopio vigentes incluyendo sus niveles de capacidad y medidas de seguridad.
- Reporte detallado de los residuos recolectados por cobertura geográfica

- Reporte detallado de los residuos aprovechados por cobertura geográfica.
- Reporte del cumplimiento de las campañas de comunicación y sensibilización del plan
- Reporte detallado de cumplimiento del plan.

## **4.6 Recomendaciones Finales**

A continuación en forma de conclusión se realizarán unas recomendaciones que aplicadas de forma iterativa pueden impulsar el trabajo realizado y fortalecer el plan:

- Incluir paulatinamente métodos de tratamiento final emergentes, innovadores y mejor alineados con los principios de la economía circular, como el que está desarrollando la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) con las larvas de grillo, mosca negra y gusanos de harina que comen EPS y generan biomasa (Universidad Nacional de Colombia, 2019). Con el fin de construir un ciclo cada vez más cerrado de aprovechamiento y bajar al máximo las cantidades de desechos enviadas a rellenos sanitarios o a botaderos no autorizados.
- Realizar estudios posteriores que permitan la viabilización del uso del poliestireno expandido reciclado como insumo para la fabricación de nuevos empaques usados en alimentos y avalados por el invima, tal como lo está haciendo la empresa Darnel en Colombia con el plástico PET reciclado (Darnel Group, s.f). De forma que permita una disminución significativa en el volumen de materia prima virgen usada en este tipo de productos.
- Crear alianzas con cooperativas de recicladores para extender el proceso de recolección fuera de los puntos de entrega voluntaria y aumente la cantidad de material recolectado.

- Reevaluar la estructura actual de precios de recolección de basura con el fin de retirar los incentivos perversos creados por el sistema de pago por peso recogido para migrar hacia un modelo que cobre por peso de residuos generados y premie las acciones de reaprovechamiento.

**CAPÍTULO 5. CUANTIFICACIÓN DEL  
IMPACTO AMBIENTAL BAJO  
DIFERENTES ESCENARIOS DE  
APLICACIÓN DEL PLAN POSCONSUMO.**

# CAPÍTULO 5. CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE APLICACIÓN DEL PLAN POSCONSUMO.

---

Una vez usado y descartado el poliestireno expandido puede tener diferentes destinos, los cuales dependiendo del proceso que sigan pueden causar mayor o menor impacto al ambiente. En Colombia, el relleno sanitario es el destino más común para el EPS, debido a los retos que tiene para su recuperación: baja densidad, bajo precio por kilo reciclado y la falta de lineamientos claros para su recolección y tratamiento; el segundo destino es el del reciclaje pero en niveles ínfimos.

Con base en esta información, se determinará cualitativa y cuantitativamente el impacto ambiental de la gestión actual de este material, bajo la metodología Ecoindicadores 99 (IHOBE, 1999), y se comparará con un escenario de aplicación del plan posconsumo en donde se consigue alcanzar la meta de aprovechamiento establecida en la Resolución 1407 de 2018 del 10%, para cuantificar el beneficio ambiental que se conseguiría con su implementación.

## **5.1. Línea base de la cuantificación del impacto ambiental**

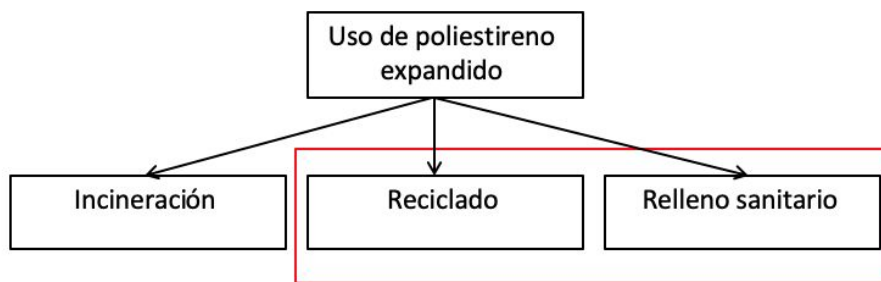
### **5.1.1. Objetivo del análisis**

Realizar un análisis al proceso de gestión **actual** de residuos de poliestireno expandido utilizados en el envase/empaque de alimentos en Colombia.

### 5.1.2. Límites del análisis

Para la evaluación del impacto ambiental, nos enfocaremos solo en la gestión posconsumo de envases EPS usados en alimentos derivada a rellenos sanitarios y reciclaje tal como lo muestra la Figura 13, debido a que son los métodos más usados para tratamiento de EPS en Colombia.

**Figura 13. Límites de la evaluación de impacto ambiental**



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3. Unidad funcional

Como valor base se tomarán las 80.000 toneladas de EPS que son utilizadas al año en Colombia (González, 2017, El Tiempo, 2018) y las 500 toneladas que son recicladas al año (Betancourt & Solano, 2016). Al no existir datos de la cantidad de EPS incinerado, se asumirá que el reciclaje es el único medio de recuperación.

Para definir la proporción empleada para la elaboración de envases/empaques de alimentos se utilizará el porcentaje usado en alimentos en la industria plástica, el cual es un 38% (El Tiempo, 2018). Realizando los cálculos respectivos se obtiene lo siguiente:

- **EPS enviado relleno** =  $80.000 - 500 = 79.500 * 38\% = 30.210$  Toneladas.
- **EPS usado en alimentos reciclado** =  $500 * 38\% = 190$  Toneladas.

Por lo que la unidad funcional a usar son **30.210** toneladas de EPS que terminan en rellenos sanitarios al año y **190** toneladas van a reciclaje.

#### 5.1.4. Procesos Excluidos

Para determinar el impacto de la etapa de fin de vida útil del EPS no se incluirán los procesos de transporte, disposición no controlada, reciclaje químico, reutilización, e incineración.

#### 5.1.5 Inventario de materias primas, auxiliares y energía

Para el inicio del análisis, se realizó un inventario entradas y salidas del proceso de gestión posconsumo en relleno sanitario representado en la Tabla 10.

**Tabla 10. Inventario de materias primas y materiales en la etapa de gestión posconsumo del EPS usado en alimentos.**

Proceso	Materias primas	Descripción	Materiales
Reciclaje	Poliestireno usado		Máquina recicladora con molino
Disposición final (relleno sanitario)	Poliestireno usado		Máquina compactadora
	Material de cobertura	Tierra	

Fuente: Elaboración propia

Para la disposición en relleno sanitario, se incluyeron las materias primas utilizadas para gestionar los residuos que llegan, asumiendo que no se les realiza ningún tipo de tratamiento aparte de ser compactados y enterrados.



Para reciclaje se incluyó como materia prima únicamente el poliestireno expandido usado, asumiendo que se utiliza un método de reciclaje mecánico, en donde después de procesado se obtienen pellets de poliestireno.

#### 5.1.6. Evaluación cualitativa de impactos ambientales bajo Ecoindicadores<sup>99</sup>

La evaluación cualitativa se hizo analizando los impactos ambientales causados a las siguientes tres categorías: afectación a la salud humana, afectación al ecosistema y disminución de recursos.

**Tabla 11. Evaluación cualitativa de impactos ambientales de la gestión posconsumo del EPS usado en alimentos.**

Proceso	Materias Primas/Auxiliares/Energías	Efecto en salud humana	Efecto en ecosistemas	Efecto en disminución de recursos
Reciclaje mecánico	Poliestireno usado	Afectación respiratoria	Gases de efecto invernadero, uso del terreno	N/A
Disposición final (Relleno sanitario)	Poliestireno usado	Afectación respiratoria, gases efecto invernadero	Impacto en el suelo, gases de efecto invernadero.	Metales pesados, disminución de recursos fósiles
	Tierra	Afectación respiratoria	Impacto en el suelo, Lixiviados	Disminución de tierra aprovechable o cultivable

Fuente: Elaboración propia

Este análisis cualitativo muestra cómo el método de tratamiento de EPS con mayor impacto, es la disposición en relleno sanitario afectando especialmente las categorías de “daño al ecosistema” y “disminución de recursos” debido al efecto que causa la mezcla de los residuos de EPS con otros desechos sólidos y orgánicos y uso de suelo que no podrá ser usado más para actividades productivas y si no es gerenciado correctamente puede ser contaminado con efluentes líquidos.

### 5.1.7. Determinación de impacto cuantitativo actual bajo Ecoindicadores 99

Para el cálculo del impacto ambiental cuantitativo exhibido en la Tabla 12, se utilizaron los siguientes datos:

- 1. Cantidad de poliestireno usado enviado a relleno sanitario:** Según los cálculos realizados en la sección del unidad funcional del presente capítulo, se estima que en el país 30.210 toneladas anuales de EPS usado para envase de alimentos terminan en relleno sanitario.
- 2. Cantidad de poliestireno usado sometido a proceso de reciclaje:** Según los cálculos realizados en la sección del unidad funcional del presente capítulo, se estima que alrededor de 190 toneladas de EPS son recicladas e incorporadas a otras cadenas productivas.

Como se explicó en la metodología (capítulo 2, sección 2.4) a cada impacto se le asignan mili puntos que ponderan la degradación ambiental por medio de la puntuación de ítems únicos asociados a la salud humana, el ecosistema y los recursos naturales. Para la disposición del EPS en relleno sanitario el valor correspondiente en milipuntos es de 7,4 por cada 2 kilos de material y para reciclaje es de -240 por cada 7 kilos de material. Estos valores se toman con base en las tablas IHOBE (1999).

**Tabla 12. Evaluación cuantitativa de impactos ambientales anuales de la gestión actual posconsumo del EPS usado en alimentos.**

<b>Materias Primas/Auxiliares/Energías</b>	<b>Valor porcentual de cantidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Milipuntos</b>	<b>Total</b>
Poliestireno Expandido usado (relleno sanitario)	99.4%	30.210.000 kg	7,4	111.777.000
Poliestireno Expandido usado (reciclaje)	0.6%	190.000 kg	-240	-6.514.286
Afectación total	100%			<b>105.262.714</b>

Fuente: Elaboración propia

Esta evaluación evidencia que el mayor impacto ambiental se genera por la disposición relleno sanitario, representando un 99.4% del total de residuos provenientes de empaques de EPS. Si bien el reciclaje solo representa un 0.6% total de residuos, genera un impacto positivo de 6.514.286 milipuntos, debido a la obtención de material que puede ser utilizado como materia prima de nuevos productos, lo que conlleva a la disminución en el uso de recursos no renovables y a la reducción de los impactos ambientales asociados.

## **5.2 Cuantificación del impacto ambiental después de la aplicación del plan de devolución posconsumo.**

La sección 5.1 explica el impacto ambiental negativo que cualitativa y cuantitativamente tiene el modelo actual de gestión de EPS en el país. En esta sección se evaluará el impacto ambiental bajo un escenario de aplicación del plan posconsumo propuesto en esta investigación, en el cual se cumple la meta de 10% de reciclaje sobre el total del EPS en el mercado, con el fin de realizar una comparación entre ambos resultados y poder determinar si la aplicación del plan es beneficiosa o no.

Para este escenario se supone que se crea regulación específica para el tratamiento de residuos de poliestireno expandido y que se realiza la implementación plena del programa posconsumo en las ciudades principales de Colombia.

Las premisas completas del escenario se presentan en la Tabla 13 y en la Tabla 14 se presentan las variaciones porcentuales que significa este escenario en términos de volumen de residuos de EPS reciclado y en términos de volumen enviado a relleno sanitario.

**Tabla 13. Premisas de escenario 10% de EPS reciclado usado en alimentos.**

<b>Premisas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Normativa</b>	Se formaliza el plan de devolución posconsumo de EPS mediante la expedición de una Política Nacional que ordena su aplicación y una Resolución de apoyo que brinda las directrices para su aplicación.
<b>Tasa de reciclaje</b>	Se cumple la meta establecida por la Resolución Colombiana 1407 de 2018, es del 10% de aprovechamiento de empaques y envases sobre el total del material puesto en el mercado.
<b>Condiciones de la población.</b>	Los niveles económicos y de crecimiento de la población se mantienen a las tasas actuales.
<b>Educación y cultura ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Con la implementación del programa de devolución posconsumo, se crean programas para enseñar a la población el impacto del consumo de productos hechos de materias primas no renovables como el EPS virgen y los beneficios del adecuado tratamiento una vez han cumplido su ciclo de vida útil.</li> <li>● Se inician campañas conjuntas de capacitación de separación en la fuente a los consumidores.</li> </ul>
<b>Condiciones de la cadena de abastecimiento</b>	Los actores de la cadena tienen un enfoque proactivo hacia el medio ambiente, siendo notorio el aumento del porcentaje de residuos separados en la fuente.
<b>Logística de transformación.</b>	La cantidad de bodegas y empresas de reciclaje y transformación de EPS se mantienen. Sin embargo las empresas recicladoras adquieren maquinaria logrando procesar 25 kg de EPS por hora.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14. Efecto porcentual de las premisas de tratamiento sobre el volumen de residuos de EPS usado en alimentos.**

Variable	Variación	Nuevo valor
% EPS enviado a relleno sanitario	▽ -9.4%	27.360 Toneladas/año
% Reciclaje	△ +1.500%	3.040 Toneladas/año

Fuente: Elaboración propia

### Determinación de impacto cuantitativo bajo Ecoindicadores 99

Teniendo en cuenta las premisas del escenario de aplicación se realiza el correspondiente análisis cuantitativo de impacto, los resultados del escenario se presentan en la Tabla 15.

**Tabla 15. Evaluación cuantitativa de impactos ambientales anuales de la gestión posconsumo bajo el escenario del aprovechamiento del 10% del EPS fabricado.**

Materias Primas/Auxiliares/Energías	Valor porcentual de cantidad	Cantidad	Milipuntos	Total
Poliestireno Expandido usado (relleno sanitario)	90%	27.360.000 kg	7.4	101.232.000
Poliestireno Expandido usado (reciclaje)	10%	3.040.000 kg	-240	-104.228.571
Total	<b>100%</b>			<b>-2.996.571</b>

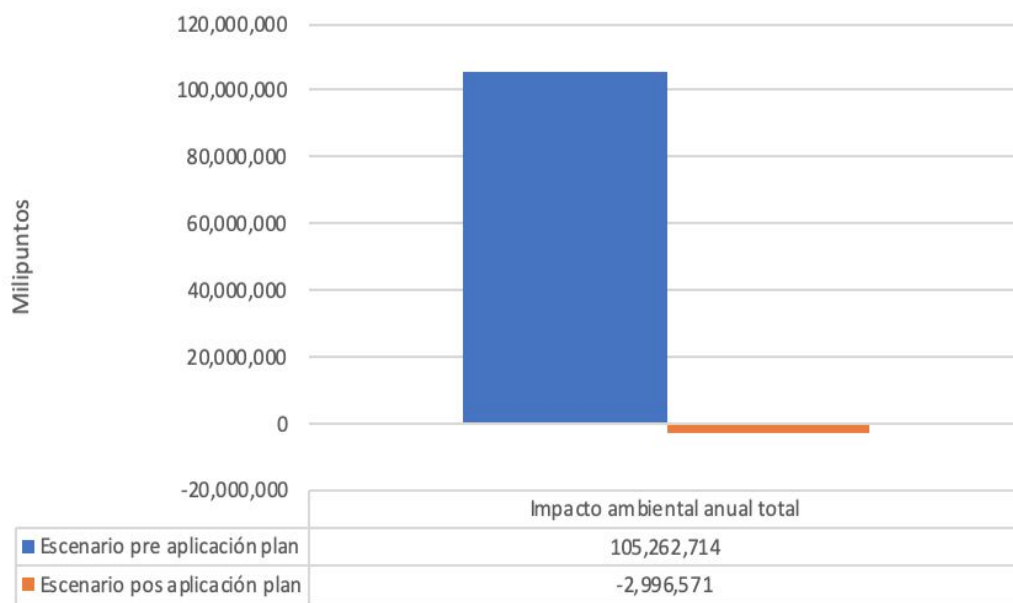
Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Análisis de resultados

Es importante mencionar que este análisis de impacto ambiental fue aplicado bajo dos escenarios distintos: antes de la aplicación del plan para determinar la afectación actual y después de la aplicación para definir la afectación futura, con el fin de visibilizar el impacto positivo que tendría el plan directamente sobre la cantidad de material recolectado y dispuesto para tratamiento por reciclaje y a su vez sobre el impacto ambiental que esto genera en la fabricación de otros productos a base de EPS.

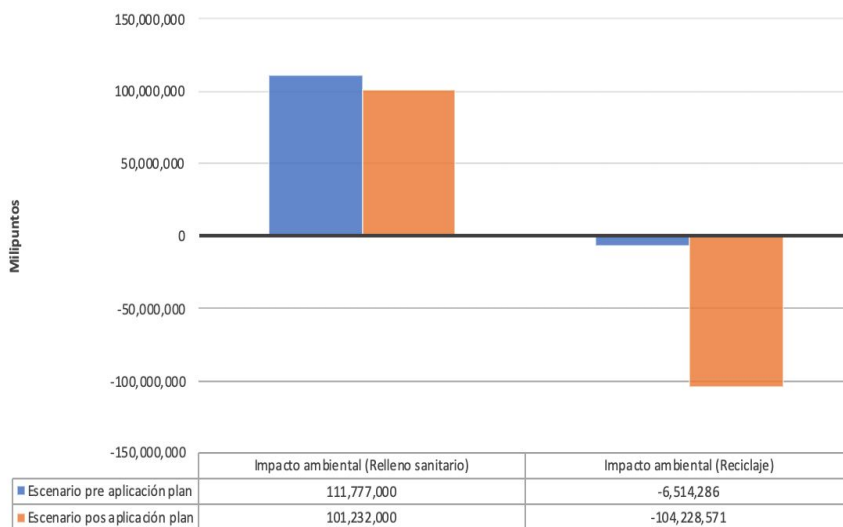
De acuerdo con la evaluación realizada bajo la metodología Eco indicadores 99, el impacto del cumplimiento de la meta del primer año del programa propuesto en el capítulo 4, consigue revertir el impacto negativo causado por la disposición en relleno sanitario y logra un beneficio ambiental de 2.996.571 milipuntos como lo muestra la Figura 14 y la Tabla 15. Significando un descenso del 9.4% en la degradación generada por la disposición en relleno sanitario y aumentando en 1.500% el impacto positivo del reciclaje como lo muestra la Figura 15. Consiguiendo a su vez, una reducción en los efectos negativos en la salud humana, al ecosistema y al uso de materia prima virgen, al igual que a la cantidad de residuos que ocupan espacio valioso en el relleno sanitario.

**Figura 14. Impacto ambiental anual total de la gestión posconsumo del EPS usado en alimentos**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15. Impacto ambiental detallado de la gestión posconsumo del EPS usado en alimentos**



Fuente: Elaboración propia

Si bien el incremento del 1.500% en la tasa de reciclaje parece una cifra escandalosa, se debe a que el número actual es supremamente bajo en comparación a la cantidad enviada a relleno sanitario la cual representa el 99,4% del total del material y el reciclaje solo un 0.6% correspondiente a 190 toneladas de EPS posconsumo como se aprecia en la Tabla 12. Lo anterior, crea el ambiente propicio para que la implementación de un programa estructurado y sistemático resulte en el aumento significativo de los volúmenes de EPS recolectado, reciclado e reinsertado.

El impacto positivo del EPS reciclado, no debe ser visto únicamente dentro de la etapa posconsumo de los envases, sino también dentro del ciclo de vida de productos secundarios, tales como ganchos de ropa, elementos de decoración y útiles escolares, que utilizan como materia prima el poliestireno expandido reciclado, evitando la fabricación de resina virgen, la liberación de nuevos flujos de energía y materiales y reduciendo igualmente el impacto total de ciclo de vida de estos artículos.

Es importante mencionar que se recomienda la ejecución de estudios detallados del EPS reciclado, para encontrar alternativas para viabilizar el uso de este material en alimentos y así utilizarlo para la fabricación de nuevos empaques que permitan cerrar el ciclo y aplicar los conceptos de economía circular para tener alcanzar procesos de producción sustentables.

La autora es consciente de las limitaciones de la evaluación de impacto mediante ecoindicadores 99 presentada en este proyecto, pero se espera que sirva como un invitación a futuras investigaciones que logren realizar la simulación de diferentes escenarios para lograr un acercamiento más real a lo que significa la aplicación de programas de gestión posconsumo como el presentado en este trabajo de grado, y además se resalta como un indicador sencillo como este destaca la importancia de aumentar significativamente las metas de reciclaje de residuos y la implementación de programas de gestión de materiales, no solo posconsumo sino sobre todo de reducción de uso y planes integrales desarrollados bajo el marco de la economía circular.



## CONCLUSIONES

Este proyecto de grado de la maestría de ingeniería de procesos está orientado a la realización de una propuesta de un plan posconsumo para los residuos de EPS utilizados para alimentos, teniendo en cuenta como los procesos de gestión cumplen con todas las características que tienen procesos químicos e industriales. No solo las características obvias de entradas y salidas, sino también el carácter sistémico de los actores involucrados y las derivaciones u operaciones unitarias que pueden desglosarse de procesos generales como “reciclaje” o “acopio”.

La creación de un plan posconsumo involucró los lineamientos de la ingeniería de procesos en términos de calidad, gestión de recursos, rediseño de los procesos actuales, monitorización y seguimiento e involucró como marco general la economía circular, la cual surge en la actualidad como paradigma en la investigación y propuesta de nuevos procesos.

En el programa posconsumo se integraron todos los actores involucrados y se incluyen procesos que no se están teniendo en cuenta como la separación selectiva en la fuente para asegurar las condiciones de higiene y estructura que requiere el proceso de reciclado y la reinserción a la cadena productiva.

Para poder desarrollar la propuesta del programa posconsumo se realizó una caracterización de la situación actual de la gestión de EPS en Colombia, en la cual se visibilizó la falta de procesos transversales para el tratamiento de residuos de plástico en general, y de EPS en particular. Lo anterior, deja al descubierto un panorama preocupante, especialmente por las pocas iniciativas y acciones tanto gubernamentales como de carácter privado para controlar la generación de residuos e incentivar su aprovechamiento parcial o total.

Además la difícil consecución de información cuantitativa unificada y verificada sobre el volumen específico de residuos de EPS y los porcentajes de aprovechamiento o disposición evidencian la falta de interés en el problema ambiental, entorpecen las labores de cuantificación de impacto y hacen parecer el problema como algo lejano o insignificante. Se resalta entonces que el primer paso para poder mitigar o eliminar el problema sea el conocimiento a profundidad del mismo.

Para validar el plan y responder a la pregunta de investigación planteada al inicio del presente documento, se realizó un análisis de impacto ambiental bajo metodología Ecoindicadores 99; el cual mostró un beneficio ambiental de 2.996.571 milipuntos en la carga ecológica del EPS al lograr tasas del 10% de reciclaje sobre el total de material fabricado. Demostrando así, que la separación en la fuente, la creación de un sistema de recolección basado en puntos de entrega voluntaria y los incentivos a lo largo de la cadena pueden ejercer un efecto positivo importante.

Este análisis también validó que los esfuerzos actuales de recuperación y procesamiento de residuos en el país son insuficientes y que de continuar con la misma tendencia, la degradación ambiental seguirá aumentando y las consecuencias serán cada vez mayores y más destructivas.

Es importante mencionar que el modelo de cooperación entre las entidades locales y el sector privado debe ser revisado y reformado, para dejar de colocar la responsabilidad en un solo actor y por el contrario distribuirla entre todos los actores de la cadena, ya que países como México han demostrado que la escalabilidad de estos programas, dependen en gran medida de los acuerdos de implementación compartida.

Lo anterior no debe desviar la atención de encontrar formas prácticas, sostenibles, eficientes y alineadas con los principios de la economía circular de manejar los residuos actuales y de reducir la cantidad de material plástico usado, para

impactar el volumen de desperdicios diarios por persona. Como por ejemplo, realizando un estudio de nuevos materiales que faciliten el rediseño de productos, con el fin de reemplazar aquellos elementos que causan mayor impacto al ambiente, como lo son la cantidad de agua utilizada, la utilización de hidrocarburos y sus derivados, y la utilización de agentes nocivos para la salud humana. Esto, con el fin de atacar la causa raíz del problema y para crear soluciones que aborden el problema como un todo y no solo buscar la mitigación de una de sus aristas.

## REFERENCIAS

- Acoplásticos. (2018). Plásticos en Colombia 2017-2018. Acoplásticos. Recuperado de: [https://www.acoplasticos.org/images/banners/publicaciones/PEC2017\\_1Cont.pdf](https://www.acoplasticos.org/images/banners/publicaciones/PEC2017_1Cont.pdf)
- Acoplásticos. (Sin fecha). En el congreso se discutirá proyecto para acabar con las neveras de icopor. Recuperado de. <http://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-noti/154-ns-171023>
- Alcubilla, L. (2015). De la economía lineal a la circular: un cambio necesario. Periódico El País. España. Recuperado el de [https://elpais.com/elpais/2015/10/30/alterconsumismo/1446190260\\_144619.html](https://elpais.com/elpais/2015/10/30/alterconsumismo/1446190260_144619.html)
- Agudelo, A., Vega, A., Rodríguez, J. D., Varela J. S. & Benavides, A. (2017). Rediseño de un proceso que permita el reciclaje del poliestireno expandido (EPS) (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Cali. Colombia <http://hdl.handle.net/11522/10926>.
- Ahmed, M. R. (2016). Effect of Recycling in Post-Consumer Polystyrene Cups (tesis de pregrado). Yrkeshögskolan Arcada, Finlandia
- Aparcana, S. (2017). Approaches to formalization of the informal waste sector into municipal solid waste management systems in low- and middle-income countries: Review of barriers and success factors. Waste Management. 61. 593-607. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.028>.
- Arrata, I. (2017). Recovering plastic waste. Inovell.io. Recuperado de <http://www.inovell.io/en/2017/08/08/plastics-2/>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (Sin fecha). Planes de Gestión de Devolución Posconsumo de Fármacos o Medicamentos Vencidos. Recuperado de <http://portal.anla.gov.co/planes-gestion-devolucion-posconsumo-farmacos-o-medicamentos-vencidos>.

Asipla (Sin fecha).Cómo Reciclar Plástico. Recuperado de <http://www.asipla.cl/como-reciclar-plastico/>

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). (2018). Colombia: Balance 2017 y Perspectivas 2018. Recuperado de [http://www.andi.com.co/Uploads/ANDIBalance2017 Perspectivas%202018.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/ANDIBalance2017%20Perspectivas%202018.pdf)

Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE) (Sin fecha). Reciclado de envases y embalajes de poliestireno expandido usado. Recuperado de <http://www.anape.es/pdf/eco-eps.pdf>

Asociación Uruguaya de Industrias del Plástico (AUIP).( 2017). Plan Piloto para la gestión postconsumo poliestireno expandido. Recuperado de [http://www.aui.com.uy/web\\_ma\\_eps.pdf](http://www.aui.com.uy/web_ma_eps.pdf)

Baeyens, J., Brems, A. & Dewil, R. (2010). Recovery and recycling of post-consumer waste materials. Part 2. Target wastes (glass beverage bottles, plastics, scrap metal and steel cans, end-of-life tyres, batteries and household hazardous waste), International Journal of Sustainable Engineering, 3(4), 232-245, DOI: 10.1080/19397038.2010.507885

Barbosa, A. B. (2018). Desafios do aproveitamento do biogás de aterro sanitário para uso energético. (tesis de pregrado). Universidad Federal do Ceará, Fortaleza, Brazil

Barrero Castro, G. (2016). Caracterización de las propiedades mecánicas y térmicas de muestras de EPS posconsumo, utilizadas en la industria de alimentos y sometidas a un proceso de recuperación (tesis de maestría), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Benosa, S. E. (2018). Waste Not Asia, the official publication of GAIA Asia Pacific. Waste Not Asia, 1(1), 11-14.

Besen, G. R., Jacob, P. R., & Freitas, L. (2017). Política Nacional de Resíduos Sólidos: Implementação e monitoramento de resíduos urbanos. Recuperado de <http://www.iee.usp.br/pics/sites/default/files/livro-politica%20-nacional-de-residuos-solidos.pdf>.

Betancourt, D. J. & Solano J. K. (2016). Síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno-poliestireno expandido (Icopor) reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes. Revista Luna Azul. 43, 286-310. DOI: 10.17151/luaz.2016.43.13

Bodar, C., Spijker, J., Lijzen, J., Waaijers-van der Loop, S., Luit, R., Heugens, E., Janssen, M., Wassenaar, P. & Traas, T. (2018). Risk management of hazardous substances in a circular economy, Journal of Environmental Management, 212, 108-114. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.014>.

BBC Mundo. (2015). ¿Por qué cada vez más ciudades prohíben el poliestireno?. BBC Mundo. Recuperado de [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150701\\_poliestireno\\_prohibicion\\_lp](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150701_poliestireno_prohibicion_lp).

- Cahue Olvera, A. G., & Cruz Reyes, M. A. (2018). El consumidor como actor principal en la cultura de reciclaje. *Denarius*, (34), 175-193.
- Casas, L. & Zapata, N. (2015). Estudio de diseños ecológicos para el ciclo de vida del poliestireno expandido como forma de mejorar su comportamiento ambiental. *Gresia*. 8, 2015. 4-10.
- Collantes Díaz, I. R., Leyva Sánchez, M. P., Mejía Salvatierra, J. P. & Ruíz Muro, D. R. (2017). Planeamiento estratégico de la industria peruana del plástico (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Sercu, Perú.
- Contreras Osorio, L. K. (2015). Investigación de mercados aplicada a la gestión de poliestireno expandido en la ciudad de Pereira. (tesis de pregrado) Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Chan, A. (2016). The Future of Bacteria Cleaning Our Plastic Waste. *Berkeley Scientific Journal*, 21(1). 7-9.
- Calder, J., Mohon Roy, M. & Wang, W. (2018). Performance and emissions of a diesel engine fueled by biodiesel-diesel blends with recycled expanded polystyrene and fuel stabilizing additive. *Energy*. 149. 204-212, ISSN 0360-5442,
- Campos F. de Alvarenga, J. (2015). Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: uma análise da distribuição espacial dos pontos de entrega voluntária de material reciclável em Viçosa/MG. *Revista Políticas públicas & cidades*. 2 (1). 45-67.
- Castrejón Godínez, M. L., Sánchez Salinas, E., Rodríguez, A. & Ortiz Hernández, M. L. (2015). Analysis of Solid Waste Management and Greenhouse Gas Emissions in

México: A Study Case in the Central Region. Journal of Environmental Protection. 06. 146-159. Doi:10.4236/jep.2015.62017.

Comissão Setorial do EPS. (Sin fecha). O que é EPS?. Recuperado de <http://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html>

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2016). Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos 3874. Departamento Nacional de Planeación. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>.

Chaukura, N., Gwenzi, W., Bunhu, T., Ruziwa, D. & Pumure, I.. (2016). Potential uses and value-added products derived from waste polystyrene in developing countries: A review. Resources, Conservation and Recycling. 107. 157-165. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.031>.

Crespo Mendesa, N., Buena, C. & Omettoa, A. R. (2013). Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos. Production. 26..160-175. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.153213>

Dalhousie University. (2015). Solid waste management plan. Version 1. Dalhousie University Office of Sustainability. Recuperado de <https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/dept/sustainability/Solid%20Waste%20Management%20Plan-Final.pdf>.

Darnel Group. (Sin fecha). Darnel obtiene certificación INVIMA para el uso de PET reciclado post-consumo. Recuperado de <http://co.darnelgroup.com/noticias/darnel-obtiene-certificacion-invima-para-el-uso-de-pet-reciclado-post-consumo/>



Decreto 0838 de 2005. "Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones". Bogotá, Colombia, 23 de Marzo del 2005.

Decreto 2981 de 2013. "Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo", Bogotá, Colombia, 20 de diciembre de 2013.

Del Valle Mora, E. (2017). La Responsabilidad Extendida del Productor y los programas posconsumo en Colombia (Gestión ambiental, Facultad de Jurisprudencia n° 5) (Spanish Edition) . Editorial Universidad del Rosario. Kindle Edition

Della Piazza, C. A., Lucas Lopes F. & Quintino L. F..(2017). Logística reversa: a evolução na gestão do resíduo sólido urbano com foco em embalagens pós-consumo no Estado de São Paulo. XIII forum ambiental de alto paulista. 26 a 28 Julio del 2017.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales- residuos sólidos 2012 -2014. Recuperado de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas\\_ambientales/cuentas-residuos/BT-Cuenta-residuos-2014p.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuentas-residuos/BT-Cuenta-residuos-2014p.pdf).

Departamento Nacional de Planeación (DNP).(2016). Rellenos sanitarios de 321 municipios colapsarán en cinco años. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Rellenos-sanitarios-de-321-municipios-colapsar-%C3%A1n-en-cinco-a%C3%B1os,-advier-te-el-DNP--.aspx>.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). Lineamientos para la construcción de estaciones de clasificación y aprovechamiento de residuos

sólidos - ECA. (Pendiente aval sectorial). Recuperado de [https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=245:45-lineamientos-para-la-construccion-de-estacion-de-clasificacion-y-aprovechamiento-de-residuos-solidos-eca&Itemid=311](https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=245:45-lineamientos-para-la-construccion-de-estacion-de-clasificacion-y-aprovechamiento-de-residuos-solidos-eca&Itemid=311)

Dirección General de Calidad Institucional y Gobierno Abierto de Buenos Aires (DGCIGA). (2017). La Ciudad incorporó 81 Puntos Verdes para reciclar basura. Recuperado de <https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/la-ciudad-suma-m%C3%A1s-de-80-puntos-verdes-para-reciclar-basura>

Dzikuć, M. & Piwowar, A. (2015). Life Cycle Assessment as an Eco-Management Tool within the Power Industry. *Pol. J. Environ. Stud.* 24. 2381-2385. DOI: 10.15244/pjoes/58889.

El Instituto Socio-Ambiental de Plásticos (Plastivida). (Sin fecha). Brasil recicla 34,5% de EPS pós-consumo. Recuperado de [http://www.plastivida.org.br/images/releases/Release\\_092\\_Indice\\_Reciclagem.pdf](http://www.plastivida.org.br/images/releases/Release_092_Indice_Reciclagem.pdf)

Ellen Macarthur Foundation. (2019). Designing for reuse and circulation of products and materials. Recuperado de [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/2\\_Products\\_Designing\\_Mar19.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/2_Products_Designing_Mar19.pdf)

Ellen Macarthur Foundation & Material Economics (2019). Completing the Picture: How the Circular Economy tackles Climate Change. Recuperado de [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EMF\\_COMPLETING\\_THE\\_PICTURE\\_V1.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EMF_COMPLETING_THE_PICTURE_V1.pdf).

El Peruano. (2018). Normas Legales: Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. Recuperado de

<https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes-ley-n-30884-1724734-1>.

El tiempo, (2017) El material particulado en un carro a gas es 95 % menor que a diésel' Recuperado de <https://www.eltiempo.com/bogota/comparacion-entre-camiones-de-basura-con-gas-natural-vehicular-y-diesel-en-bogota-153104>

El Tiempo, (2018). Colombia y la cruzada mundial contra el plástico de uso único Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/colombia-y-la-cruzada-mundial-contra-el-plastico-de-uso-unico-286496>

El Tiempo, (2019). La batalla contra plásticos de un solo uso que se libra en el Congreso. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/politica/congreso/la-batalla-contra-plasticos-de-un-solo-uso-que-se-libra-en-el-congreso-373048>

EPS Industry Alliance (EPS-IA). (Sin fecha). About EPS-IA. Recuperado de [http://www.epspackaging.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11&Itemid=29](http://www.epspackaging.org/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=29)

European Manufacturers of Expanded Polystyrene (EUMEPS). (2018) . EUMEPS EU Voluntary Pledge. Recuperado de [https://eumeps.org/content/7-news/eumeps-submitted-voluntary-pledge/20180914\\_the-eumeps-voluntary-pledge.pdf](https://eumeps.org/content/7-news/eumeps-submitted-voluntary-pledge/20180914_the-eumeps-voluntary-pledge.pdf).

Expanded Polystyrene Association of South Africa (EPSASA). (Sin fecha) .About EPSASA. Recuperado de [https://www.aaamsa.co.za/page/associations/EPSASA/Overview\\_EPSASA.pdf](https://www.aaamsa.co.za/page/associations/EPSASA/Overview_EPSASA.pdf)

Faulder, D. (2018). Asian plastic is choking the world's oceans. *Nikkei Asian Review*. Recuperado de <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Cover-Story/Asian-plastic-is-choking-the-world-s-oceans>

Fidra. (2018). Compostable packaging: replacing Expanded Polystyrene in takeaway food and drink containers. Discussion Paper. Recuperado de <https://www.fidra.org.uk/wp-content/uploads/Compostable-packaging-Replacing-expanded-polystyrene-in-food-and-drink-containers-Discussion-Paper-September-2018-1-1.pdf>

Flórez Baño, F. (2016). Revisión del estado del arte de la logística inversa y adaptación al estudio técnico para la disposición final del poliestireno expandido. (tesis de pregrado) Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Florindo, T. J., Bom de Medeiros, G. I., Favarini Ruviano, C. & Severino da Costa, J. (2015). Avaliação do impacto do ciclo de vida: uma discussão metodológica. *Natureza on Line*. 13. 211-219 .

García, Y. M. (2018). Automatización del proceso de selección de plásticos reciclados en Colombia, beneficios para la industria que emplea “botellas plásticas posconsumo”. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/17926>.

Geyer, R., Jambeck, J. & Lavender, L. K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 3 (7). 1-5 . Doi:10.1126/sciadv.1700782.

Gil-Jasso N. D., Segura-González M. A., Soriano-Giles G., Neri-Hipolito J., López N., Mas-Hernández E., Barrera-Díaz C.E., Varela-Guerrero V., Ballesteros-Rivas M. F. (2019). Dissolution and recovery of waste expanded polystyrene using alternative essential oils. *Fuel*. 239. 611-616. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.11.055>.

González, M. C. (2017). Polémica por proyecto de ley que quiere prohibir el icopor. Portafolio. Recuperado de <http://www.portafolio.co/negocios/el-proyecto-de-ley-que-busca-prohibir-el-uso-del-icopor-508827>.

IHOBE (1999). Anexo Eco-indicador '99 Método para evaluar el impacto ambiental a lo largodel Ciclo de Vida. Recuperado de [https://proyectaryproducir.com.ar/public\\_html/Seminarios\\_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf](https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf)

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2007). Norma Técnica Colombiana NTC ISO 14040. Gestión Ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y Marco de Referencia. Recuperado de [http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000127-a0991a28c5/NTC-ISO-14040-2007%20Analisis\\_CicloVida.pdf](http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000127-a0991a28c5/NTC-ISO-14040-2007%20Analisis_CicloVida.pdf)

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2009). Norma técnica GTC 2009. Gestión ambiental de residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente. Recuperado de <https://docplayer.es/79563113-Norma-tecnica-gtc-colombiana-24.html>

Ivanova, I. (2019). States declare war on Styrofoam — "People think it breaks down". CBS News. Recuperado de <https://www.cbsnews.com/news/styrofoam-ban-states-declare-war-people-think-it-breaks-down/>

Kühn S, Bravo Rebolledo E.L, van Franeker J.A. (2015). Deleterious Effects of Litter on Marine Life. I. Marine Anthropogenic Litter. Springer, Cham. 75-116. Doi:10.1007/978-3-319-16510-3\_4.

Knauf. (Sin fecha). Tudo sobre a reciclagem de EPS Isopor. Recuperado de <https://www.mundoisopor.com.br/downloads/e-book-reciclagem-isopor.pdf>

La Rosa, A. D. (2016). 4-Life cycle assessment of biopolymers. *Biopolymers and Biotech Admixtures for Eco-Efficient Construction Materials*. Woodhead Publishing. 57-78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100214-8.00004-X>.

La Vanguardia.(2018). El Parlamento europeo propone prohibir los plásticos de usar y tirar. Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/natural/20181024/452535415567/plastico-de-un-solo-uso.html>.

Lee, S., Kim, J. & Chong, W. (2016). The Causes of the Municipal Solid Waste and the Greenhouse Gas Emissions from the Waste Sector in the United States. *Procedia Engineering*. 145. 1074-1079. Doi:10.1016/j.proeng.2016.04.139.

Ley 142 de 1994. “por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones, Bogotá, Colombia. Julio 11 de 1994.

Ley 1973 de 2019. “Por medio de la cual se regula y prohíbe el ingreso, comercialización y uso de bolsas y otros materiales plásticos en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e Islas menores que lo componen”, Bogotá, Colombia. 19 de Julio de 2019.

Li, W. C., Tse, H. F. & Fok, L.(2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of The Total Environment*. Volumes 566. 333-349, ISSN 0048-9697.

Madrigal, D.V & Oracion, E. (2018). Solid Waste Management Awareness, Attitude, and Practices in a Philippine Catholic Higher Education Institution. *Recoletos Multidisciplinary Research Journal*. 5. 10.32871/rmrj1705.02.04.

Marten B. & Hicks, A. (2018). Expanded Polystyrene Life Cycle Analysis Literature Review: An Analysis for Different Disposal Scenarios. *Sustainability: The Journal of Record*. 11 (1). <https://doi.org/10.1089/sus.2017.0015>.

Mercader Moyano, P., Yajnes, M. E. & Caruso, S. I. (2016). Experimental characterisation of a cement-based compound with recycled aggregates and EPS from rehabilitation work. *Revista de la Construcción* 15. ISSN 0717-7925

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Proyecto piloto de análisis de impacto normativo. Estrategia para envases y empaques. Bogotá D.C. Recuperado de [http://www.acoplasticos.org/acceso\\_clientes/imagenes/Resumen\\_Propuestas\\_consultaPublica.pdf](http://www.acoplasticos.org/acceso_clientes/imagenes/Resumen_Propuestas_consultaPublica.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (MADS) (2016). A 2018 Colombia tendrá una tasa de reciclaje del 20%. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2291-a-2018-colombia-tendra-una-tasa-de-reciclaje-del-20>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (2018). Min iambiente reglamenta la gestión de envases y empaques en Colombia. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4085-minambiente-reglamenta-la-gestion-de-residuos-de-envases>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (Sin fecha). Centro de Documentación. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/>

normativa/43-ordenamiento-ambiental-territorial-y-coordinacion-del-sina-articulos/  
147-plantilla-ordenamiento-ambiental-territorial-y-coordinacion-del-sina-9#docum  
entos

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (Sin fecha). Generalidades  
Programa Posconsumo. Recuperado de  
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/10-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana/asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-articulos/188-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-5#documentos>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (Sin fecha). Programas  
Posconsumo de Residuos. Recuperado de  
[http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Programa\\_posconsumo\\_existente/PLEGABLE\\_POSCONSUMO.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Programa_posconsumo_existente/PLEGABLE_POSCONSUMO.pdf)

Ministry of the Environment and Climate Change. (2017). Strategy for a waste-free  
Ontario. Building the Circular Economy. Recuperado de  
[https://files.ontario.ca/finalstrategywastefreeont\\_eng\\_aoda1\\_final-s.pdf](https://files.ontario.ca/finalstrategywastefreeont_eng_aoda1_final-s.pdf).

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) (2012). Reglamento Técnico del  
Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS): TÍTULO F. Sistemas de  
Aseo Urbano. Recuperado de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/  
ViceministerioAgua/TITULO%20F.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO%20F.pdf)

Monabay Latam. (2018). Lucha contra los plásticos desechables: ¿Cuánto han  
avanzado el Perú y otros países de Latinoamérica?. RRP. Recuperado de  
<https://rpp.pe/blog/mongabay/lucha-contra-los-plasticos-desechables-cuanto-han-avanzado-el-peru-y-otros-paises-de-latinoamerica-noticia-1137105>.



Monteiro, M. A., Sabino da Silva, E. & Gonçalves Souza, J. (2011). Monteiro, Plano de gerenciamento integrado de resíduos de isopor (PGIRI), Belo Horizonte. Fundação Estadual do Meio Ambiente : Fundação Israel Pinheiro. 52 p.

Moncayo, S. (2017). La industria del plástico en Bogotá: Un estudio estratégico frente a los desafíos en el aumento en la contaminación global. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/16245>.

Monterrosa, H. (2019). Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente. La república. Recuperado de <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141>.

Olaitan Ayeleru, O., Dlova, S., Ntuli, F., Kehinde Kupolati, W. & Apata Olubambi P. (2019). Synthesis and characterization of SnO<sub>2</sub> nanofiller from recycled expanded polystyrene. *Procedia Manufacturing*. 30. 635-641. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.089>.

Olsson Schneider, G., Vieira Schwade, P., Santin, C. & Rocha, T. (2017). Desenvolvimento de resina à base de poliestireno expandido (EPS) residual. Pp 683-692. 10.5151/1516-392X-26392.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). The Sustainable Development Goals Report 2015. Recuperado de [http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015\\_spanish.pdf](http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf)

Ospina Lozano S. E., Nieves Castro C. A. & López Velandia A. M. (2017). Análisis comparativo de mezclas suelo cemento modificadas con materiales no

biodegradables. Metodología de la portland cement association Revista Infraestructura Vial / Lanamme. .19, 5-14.

Panigrahi, Shrikant & Weng Kar, Foo & Ai Fen, Tan & Kah Hoe, Lam & Wong, Melvin. (2018). A Strategic Initiative for Successful Reverse Logistics Management in Retail Industry. Global Business Review. Pp 1-25. <https://doi.org/10.1177/0972150918758096>.

Paola Vanessa Saltos Barreiro. (2015). Diseño del proceso de reciclaje de poliestireno expandido por el método de disolución – precipitación (tesis de grado). Universidad Politecnica Nacional. Quito, Ecuador.

Plastics Europe. (2017). Plastic- the facts 2017: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Recuperado de [https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics\\_the\\_facts\\_2017\\_FINAL\\_for\\_website\\_one\\_page.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf)

Poveda Velasco, J., Saucedo Estrada, H., Ayaviri-Panozo, A. & Melo, A (2016). Análisis de la cobertura del sistema de recojo de residuos sólidos urbanos: Un estudio aplicado a la ciudad de Sucre-Bolivia. Conference: ADMPG 2016- Da Crise à Oportunidade, At Natal.

Procolombia. (Sin fecha). Envases y Empaques. Recuperado de <http://www.procolombia.co/node/1262>.

Quiroz, F., Saltos, P., Aldas, M. & Chango, J. (2015). Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación. Revista Politécnica, 36 (21).

Ragaert, K., Delva, L. & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*. 69. 24-58,. [https://doi.org/ 10. 1016/j.wasman.2017.07.044](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044).

Reciclaunicel. (2018). Plan Nacional de Manejo de Residuos de EPS. Resumen ejecutivo. Recuperado de <https://cuentamedelunicel.files.wordpress.com/2018/07/resumen-plan-nacional-de-manejo-de-residuos-de-eps-unicel-meccc81xico-2018.pdf>

Red de Ciudades Como Vamos. (2014). Informe sobre la política pública de inclusión de recicladores de oficio en la cadena de reciclaje. Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Manizales, Medellín. Oscar Andrés Jiménez . Recuperado de [http://www.barranquillacomovamos.co/bcv/images/PDF/CARTILLA\\_DE\\_INFORME\\_NACIONAL\\_DE\\_RECICLAJE\\_II.pdf](http://www.barranquillacomovamos.co/bcv/images/PDF/CARTILLA_DE_INFORME_NACIONAL_DE_RECICLAJE_II.pdf)

Resolución 0330 de 2017. “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”, Bogotá, Colombia, Junio 8 de 2017.

Resolución 1519 de 2017. “Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía hidroeléctrica y se toman otras determinaciones”, Bogotá, Colombia, 26 de julio de 2017.

Resolución 1407 de 2018. “Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones”, Bogotá, Colombia, 26 de Julio de 2018.

Revista Dinero. (2016). Hacia un mundo que consume menos plástico: ¿Qué pasa con Colombia?. Revista Dinero. Recuperado de <https://www.dinero.com/economia/articulo/oportunidad-para-colombia-en-el-mercado-mundial-de-plasticos-/217899>.

Revista Dinero. (2017). Colombia genera 12 millones de toneladas de basura y solo recicla el 17%. Recuperado de <https://www.dinero.com/edicion-impres/pais/articulo/cuanta-basura-genera-colombia-y-cuanta-recicla/249270>.

Ripa, J. (2016). ¿Qué se degrada antes, un chicle o una colilla?. Periódico El país. Recuperado de [https://elpais.com/economia/2016/08/02/actualidad/1470137688\\_788306.html](https://elpais.com/economia/2016/08/02/actualidad/1470137688_788306.html)

Russell, J. R., Huang, J., Anand, P., Kucera, K., Sandoval, A. G., Dantzler, K. W., Hickman, D., Jee, J., Kimovec, F. M., Koppstein, D., Marks, D. H., Mittermiller, P. A., Núñez, S. J., Santiago, M., Townes, M. A., Vishnevetsky, M., Williams, N. E., Núñez Vargas, M., P., Boulanger, L. A., Bascom-Slack, C. & Strobe, S. A. (2015). Biodegradation of Polyester Polyurethane by Endophytic Fungi. *Applied and Environmental Microbiology*. 77 (17). 6076-6084.

Salcido, A. (2017). Sustentabilidad Ambiental. Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. Programa de Sustentabilidad Ambiental Reforma. Researchgate. 10.13140/RG.2.2.14999.98728.

Sánchez Muñoz, M. del P. (2015). ¿Le apuestan los sistemas de manejo de residuos sólidos en el mundo al Desarrollo Sostenible? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 1, 2015, pp. 445-450.

Santa Luzia. (Sin fecha).O passo a passo da reciclagem do Isopor. Recuperado de <https://blog.santaluziamolduras.com.br/o-passo-a-passo-da-reciclagem-do-isopor/>

Secretaria de ambiente de Paraguay & Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) (2017). Plan Nacional de aplicación del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes para la República de Paraguay. Recuperado de [chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-Paraguay-COP5...pdf](http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-Paraguay-COP5...pdf)

Semana rural. (2019). La historia del primer pueblo libre de icopor en Colombia. Recuperado de <https://semanarural.com/web/articulo/la-historia-del-primer-pueblo-libre-de-icopor-en-colombia/856>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2017). Disposición Final de Residuos Sólidos Informe Nacional - 2016. Recuperado de <https://www.superservicios.gov.co/noticias/disposicion-final-residuos-solidos-informe-nacional-2016>.

Soto, J. L. (2014). Alternativas de recogida, tratamiento y eliminación de residuos sólidos urbanos. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Styro recycle (Sin fecha). EPS (Expanded Polystyrene) Guidelines. Recuperado de <https://www.styrorecycle.com/index.php/what-we-accept/>

Torres, L.F. (2017). Bogotá nos margina por vivir cerca a Doña Juana. Periódico ADN. Bogotá, 2. Recuperado de [https://issuu.com/diarioadn.co/docs/adn-bogota\\_def4b6c41fd4ca](https://issuu.com/diarioadn.co/docs/adn-bogota_def4b6c41fd4ca).

Tovar, L. F. (2018). Formalización de las organizaciones de recicladores de oficio en Bogotá: reflexiones desde la economía popular. *Revista Íconos*. 62. 39-63. <http://dx.doi.org/10.17141/iconos.62.2018.3230>

The American Chemistry Council (ACC) and The Canadian Plastics Industry Association (CPIA). (2014). Impact of plastics packaging on life cycle energy consumption & greenhouse gas emissions in the United States and Canadá, Substitution Analysis. Recuperado de <https://plastics.americanchemistry.com/Education-Resources/Publications/Impact-of-Plastics-Packaging.pdf>.

Universidad Nacional de Colombia. (2019). ¿Pueden los insectos ayudar a combatir el hambre y la contaminación?. Recuperado de <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/pueden-los-insectos-ayudar-a-combatir-el-hambre-y-la-contaminacion.html>

Vesga, C & Villafañe, A. (2017). 10 Cosas que se deben considerar sobre el Packaging. El empaque, más que un vendedor silencioso. *Revista Oblicua*. 11,7-17.

Wilcox, C., Van Seville, E. & Hardest, B. D. (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Doi:10.1073/pnas.1502108112.

Yang, Y., Yang, J., Wu, W., Zhao, J., Song, Y., Gao, L., Yang, R. & Jiang, L. (2015). Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests. *Environmental science & technology*. 49. 10.1021/acs.est.5b02661.

Zamudio Peña, W. (2018). Caracterización del poliestireno expandido residual a nivel global: una revisión de literatura. ResearchGate. DOI: 10.13140/RG.2.2.22356.71046

Zhou, C., Jiang, D. & Zhao, Z. (2017). Quantification of Greenhouse Gas Emissions from the Predisposal Stage of Municipal Solid Waste Management. Environmental Science & Technology. 51 (1), 320-327. DOI: 10.1021/acs.est.6b05180

# ANEXOS

## Anexo 1. Presentación Fundación VerdeNatura



### Qué es la Fundación VerdeNatura (FVN)

VerdeNatura es una entidad sin ánimo de lucro que tiene como objetivo realizar acciones dirigidas a reducir y compensar los impactos ambientales negativos de los residuos no reciclados.

Desde hace más de 8 años aporta al medio ambiente un proceso para el reciclaje del ICOPOR (Poliestireno Expandido - EPS) material que antes no se reciclaba en Colombia.

### Acciones que realiza la FVN

1. Reducir los Impactos negativos sobre el aire, el agua y la tierra reciclando el Icopor, evitando la quema del material, la disolución con químicos o la disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios.
2. Desarrollar cadenas de reciclaje entre los actores del ciclo de vida del EPS (Icopor).
3. Realizar programas de sensibilización, divulgación y capacitación en materia de reciclaje.

### Balance Ambiental de la FVN desde julio 2010 a julio 2018

- Más de 2.560 Toneladas de ICOPOR (EPS) recicladas.
- 40.957.000 m3 que no se ocuparon en los rellenos sanitarios de Colombia, alargando su vida útil por más años.
- Ahorros en procesos productivos:
  - en energía eléctrica: 5.828.000.000 kilovatios
  - en agua: 190.270 m3
  - en emisiones de gases efecto invernadero: 5.218.215 kilos de carbono (huella de carbono efecto invernadero CTCE)
- Ahorros ambientales:
  - árboles que se dejaron de talar: 17.060
  - barriles de petróleo ahorrados: 56.536

### Proceso de reciclaje de ICOPOR que realiza la FVN

#### 1. Acopiar el EPS



#### 2. Destrozar y Termo fundir



#### 3. Moler y/o pelletizar



#### 4 A. Producción de materiales reciclados



#### 4 B. Exportar



### Que recicla la FVN

Teléfono (57) 1 3162251 Móvil: (57) 3115085420  
reciclajedeicopor@fundacionverdenatura.org - www.fundacionverdenatura.org



### Residuos pos industriales



Residuos pos consumo,  
desechables EPS y PS (con  
programas y equipos especiales  
en punto de generación)



### Residuos de la construcción



### Y que no reciclamos

EPS (Icopor) contaminado de otros  
materiales, como: cielo raso,  
decoraciones con pinturas, papel etc



### Beneficios de donar ICOPOR para reciclar a la FVN

- Certificado de Disposición Ambiental (CDA) del EPS (Icopor). En donde la Fundación VerdeNatura asume la responsabilidad ambiental de los residuos donados ante las autoridades ambientales.
- Certificado de Donación del EPS (Icopor). En donde la Fundación VerdeNatura certifica ante la DIAN la equivalencia en dinero de las donaciones recibidas por cada donante durante cada año fiscal (deducible del impuesto de renta ante la DIAN. Según legislación tributaria vigente).