

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO POR EL TEREFTALATO DE POLIETILENO

POR:

DIEGO ARMANDO ESPINOSA HILERIO

MONOGRAFÍA

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO POR EL TEREFTALATO DE
POLIETILENO**

POR:

DIEGO ARMANDO ESPINOSA HILERIO

MONOGRAFIA:

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGIA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

ASESOR PRINCIPAL:


M.C. JOSE LUIS RIOS GONZALEZ

ASESOR:


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

ASESOR:


M.C. LUZ MA. PATRICIA GUZMAN CEDILLO

ASESOR:


M.C. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARREAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MAYO DE 2016.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

MONOGRAFIA DEL C. DIEGO ARMANDO ESPINOSA HILERIO, QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGIA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

PRESIDENTE:


M.C. JOSE LUIS RIOS GONZALEZ

VOCAL:


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

VOCAL:


M.C. LUZ. MA. PATRICIA GUZMAN CEDILLO

VOCAL:


M.C. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARREAS AGRONÓMICAS



DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por confiar en mí y darme la oportunidad de seguir estudiando, y apoyándome sin importar las condiciones económicas que se presentaron en el transcurso de mis estudios, por haberme educado de una manera correcta en tener respeto y tolerancia asía las demás personas, y no me queda más que decirles gracias por todo su apoyo incondicional que siempre me brindaron en todo momento de mis estudios desde el kínder hasta terminar mi licenciatura.

A mi esposa Ana Celia Pérez Zavala y mi hijo Diego Armando Espinosa Pérez porque me han dado la felicidad y este logro es para ellos.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi padre dios, por estar siempre conmigo guiándome por el camino correcto por darme paciencia, en el transcurso de mis estudios y sabiduría para poder concluirlos.

A mi Universidad Autónoma Agraria “Antonio narro” por darme la oportunidad de haber habitado en sus aulas y facilitar todas las cosas que siempre se requirieron en el transcurso de mis estudios.

Al departamento de agroecología, profesores y compañeros que siempre se tuvo una armonía positiva en el transcurso de la carrera.

A mis padres Neftalí Espinoza Moreno, Margarita Hilero Cruz y hermanos por estar siempre conmigo en el momento que los necesite.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE GRAFICA	viii
OBJETIVO	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ASPECTO GENERALES DE PET	4
2.1 El origen de los plásticos.....	4
2.2 Fabricación de plásticos a partir de combustibles fósiles.....	4
2.3 Ventajas de los plásticos.....	6
2.4 Desventajas los plásticos	6
2.5 Clasificación general de los plásticos.....	7
2.6 Clasificación de los termoplásticos	7
2.7 Situación actual en materia ambiental en México	11
2.8 Marco legal federal.....	13
2.9 Impacto en los ecosistemas provocados por el PET.....	14
2.9.1 Acidificación.....	16
2.9.2 Eutrofización.....	16
2.9.3 Calentamiento global.....	17
2.9.4 Efectos cancerígenos	17
2.9.6 Efectos respiratorios.....	19
2.9.7 Formación de oxidantes fotoquímicos	19
2.10 Aspectos a considerar sobre la generación y manejo de residuos	23
2.11 Los residuos sólidos urbanos.....	24
2.11.1 Composición.....	24
2.12 Gestión y manejo integral de los residuos sólidos urbanos.....	28
2.13 Alternativa para mejorar el impacto ambiental en nuestros ecosistemas (Reciclaje):	29
2.14 Generación.....	33
2.15 Almacenamiento	34
2.16 Recolección.....	35

2.17 Transporte.....	35
2.18 Transferencia	36
2.19 Tratamiento	36
2.20 Reciclaje.....	36
2.21 Disposición final	37
2.22 Reciclaje de botellas de PET	37
2.23 Tipos de reciclajes	38
2.23.1 Reciclaje primario	38
2.23.2 Reciclaje secundario.....	41
2.23.3 Reciclaje terciario	42
2.23.4 Reciclaje cuaternario	43
2.24 Aplicaciones de las botellas de PET recicladas	44
2.25 Reciclaje según (ecoce Ecología y Compromiso Empresarial)	46
2.26 Programa de acopio social.....	47
II. CONCLUSIÓN	50
IV BIBLIOGRAFÍA	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES	5
Figura 2. ETAPAS CONTAMINANTES	15
Figura 3. CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL	16
Figura 4. GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RSU.....	30
Figura 5. PASOS A SEGUIR DE LOS RSU	33
Figura 6. GENERACIÓN DE LOS PET	34
Figura 7. RECOLECCIÓN DE LOS RSU	35
Figura 8. TRANSPORTE DE LOS RSU	36
FIGURA 9. RECICLAJE MECÁNICO.....	39
Figura 10. PRODUCTO FINAL.....	40
Figura 11. PELLETS	41
Figura 12. RECICLADO QUÍMICO.....	42

ÍNDICE GRAFICA

Grafica 1. INCREMENTO MUNDIAL DE LOS PLÁSTICOS.....	6
Grafica 2. COMPOSICIÓN DE LOS RSU	27
Grafica 3. MATERIALES DE MAYOR PROPORCIÓN.....	28
Grafica 4. BOTELLAS RECUPERADAS POR PAÍSES DEL MUNDO	38
Grafica 5. DISPOSICIÓN FINAL DEL PET RECICLADO	45
Grafica 6. MÉXICO LÍDER EN RECICLAJE.....	49

ÍNDICE DE TABLA

TABLA 1. PLÁSTICOS MÁS USADO	9
TABLA 2. USO DE LA RESINA DE PET EN MÉXICO.....	23

OBJETIVO

Identificar el impacto ambiental provocado por el pet.

RESUMEN

En la presente monografía, se tuvo la necesidad de revisar la situación actual del impacto ambiental que está provocando el plástico del pet, ya que día con día es más grande su consumo a nivel mundial. En México se generan 40 millones de toneladas cada año siendo el pet el que representa el 20% de los RSU, por lo cual nos está provocando un inmenso impacto ambiental en nuestros ecosistemas, ya que se encuentran más expuestos a enfermedades, pérdidas de hábitat, transformación del ambiente, cambios climáticos, por la gran liberación de gases tóxicos, que conlleva la fabricación de estos materiales, por lo cual deberíamos de tomar conciencia la humanidad en especial aquellas empresas que fabrican estos materiales en minimizar estos daños irreversibles, que obtén por el reciclaje ya si bien estos productos se pueden reciclar al 100%.

Discusión

En la presente discusión se habla del tema del impacto ambiental que está provocando el pet al ambiente, por la gran liberación de gases tóxicos, tanto científicos, como empresas y la población deben llegar a un acuerdo para minimizar el impacto, o leyes que rijan esta problemática. Si en México se generan 40 millones anualmente no se diga a nivel mundial.

Palabras claves: Acidificación, Análisis del ciclo de la vida, Residuos sólidos urbanos, Polietileno de tereftalato, Ecología y compromiso empresarial, Manejo integral de los residuos sólidos urbanos.

I. INTRODUCCIÓN

Desde que se fabricaron los primeros plásticos, hace más de 100 años, su uso ha aumentado en forma gradual, hasta convertirse en materiales insustituibles en la sociedad actual. La posibilidad de producir plásticos con propiedades muy variadas los ha llevado a llenar nichos en sectores tan diversos como las telecomunicaciones la industria automotriz o el envase y embalaje, por citar sólo algunos ejemplos (INEGI 2015).

Tereftalato de polietileno (PET): se encuentra también en las bolsas, los juguetes, los frascos e incluso en los chalecos antibalas. En la actualidad aparecen cada vez más en nuevos campos de aplicación y se desarrollan botellas con este material de alta calidad y peso reducido (INEGI 2015).

También se caracterizan por propiedades mecánicas como su alta resistencia y tenacidad. Las cuales pueden durar 500 años aproximadamente De acuerdo a su orientación estructural microscópica presenta propiedades de transparencia y resistencia química (E. Bravo 2005).

El aumento en el uso de materiales plásticos se deriva no sólo de su versatilidad sino de una tendencia global de aumento en el uso de recursos por parte de la sociedad; la economía actual se sostiene en una dinámica de consumo constante que provoca una gran presión sobre el planeta debido a la extracción de materias primas. En este contexto, no sólo se obtienen y transforman recursos naturales también se genera una gran cantidad de residuos que la Tierra no puede asimilar (A. Ruban 2012).

Se han desarrollado múltiples estudios y discusiones relacionados con el impacto ambiental generado por los plásticos, tanto para compararlos con otros materiales, como para establecer diferencias entre distintos polímeros. A este respecto, es importante señalar que no existe un método universal para determinar el impacto

ambiental de un producto, que es un concepto amplio, en el que intervienen muchos factores y que puede tener diferentes interpretaciones. Una de las metodologías de evaluación que ha cobrado fuerza en los últimos años es el análisis de ciclo de vida. Cuando se habla de los impactos de un material, producto o actividad generados en el ambiente, es común que se realicen afirmaciones generales, en ocasiones basadas en percepciones y sin un fundamento científico. Sin embargo, la evaluación del impacto ambiental es una tarea compleja, dado que el ambiente está formado por diferentes componentes que interactúan entre sí; además, debe considerarse que los impactos pueden derivarse de actividades relacionadas con la producción, uso o disposición de los bienes o servicios. Con el fin de realizar un análisis que tome en cuenta todos estos factores se ha generado una metodología conocida como análisis de ciclo de vida (European Bioplastics) Disponible en: <http://en.european-bioplastics.org/wp->

Los plásticos, como todos los otros materiales que utilizamos, se obtienen mediante la extracción y procesamiento de los recursos naturales con que cuenta el planeta. Sin embargo, es posible diferenciarlos con base en el tipo de recursos naturales que han sido empleados como materia prima en su producción. La mayoría de los plásticos utilizados hoy en día se fabrican a partir del procesamiento de combustibles fósiles, como el petróleo o el gas natural, que son considerados como recursos naturales no renovables (European Bioplastics) Disponible en: <http://en.european-bioplastics.org/wp->

El uso tan extendido de los plásticos se debe a sus ventajas frente a otros materiales, como su elevada resistencia a las agresiones del medio, su peso más liviano en comparación con otros materiales utilizados para los mismos fines y su precio más económico debido a su alta producción a escala mundial

Los plásticos, al igual que el vidrio, son materiales no biodegradables, lo cual les confiere una cualidad que los hace muy populares: poder preservar alimentos y sustancias medicinales y orgánicas en general, con una versatilidad y facilidad de manejo únicas, manteniéndose completamente inertes frente a las sustancias que contienen al medio ambiente (B. G. Hermann, 2012).

Una de sus desventajas es su durabilidad en el medio ambiente comparado con su uso efímero durante su vida útil, lo cual constituye un claro inconveniente si su uso es inadecuado; como consecuencia se provoca una elevada generación y acumulación de residuos poliméricos, dañando ecosistemas naturales de manera Irreversible (B. G. Hermann, 2012).

Por eso es necesario y urgente establecer en todos los países del mundo estrategias y políticas que reduzcan al máximo el acumulamiento y contaminación del medio ambiente por materiales del pet desechados así como evitar su disposición final como basura mediante su valorización como nueva materia prima reciclada. Con esta se reducirá su creciente volumen y se generaran oportunidades de negocios y empleos (B. G. Hermann, 2012).

II. ASPECTO GENERALES DE PET

2.1 El origen de los plásticos

Los plásticos, como todos los otros materiales que utilizamos, se obtienen mediante la extracción y procesamiento de los recursos naturales con que cuenta el planeta sin embargo, es posible diferenciarlos con base en el tipo de recursos naturales que han sido empleados como materia prima en su producción. La mayoría de los plásticos utilizados hoy en día se fabrican a partir del procesamiento de combustibles fósiles, como el petróleo o el gas natural, que son considerados como recursos naturales no renovables (SENER 2012).

2.2 Fabricación de plásticos a partir de combustibles fósiles

El petróleo es una mezcla de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos, cuya formación inició hace 430 millones de años a través de la transformación de sedimentos y restos de organismos vivos que quedaron sepultados bajo arena y rocas, dando origen a los yacimientos que explotamos hoy en día. Es un material indispensable en el funcionamiento de la sociedad, pues constituye la principal fuente de energía en los países desarrollados (SENER 2012).

Los distintos compuestos que conforman el petróleo se separan en grupos, con el fin de producir combustibles u otro tipo de productos químicos. Para ello es necesario introducirlos en torres de destilación, que permiten obtener distintas fracciones de hidrocarburos con base en el tamaño de las moléculas que las conforman. Entre las mezclas ligeras que se obtienen por este proceso se encuentra la nafta, un líquido muy inflamable que se transforma en la industria petroquímica para obtener alcanos y alquenos, como el etileno y el propileno, al igual que compuestos aromáticos como el benceno, xileno y toluenos. Estos compuestos son utilizados tanto en la producción de plásticos como en muchos otros procesos de la industria química. Las poliolefinas, que constituyen el grupo de plásticos de mayor

uso, se pueden fabricar a partir de monómeros extraídos de la nafta. Estos requieren de una reacción que conduzca a su polimerización y que los transforma en la materia prima que, en forma de pellets u otra presentación, es empleado por la inmensa gama de sectores industriales que emplean plásticos para fabricar componentes o productos destinados al consumo directo (SENER 2012).

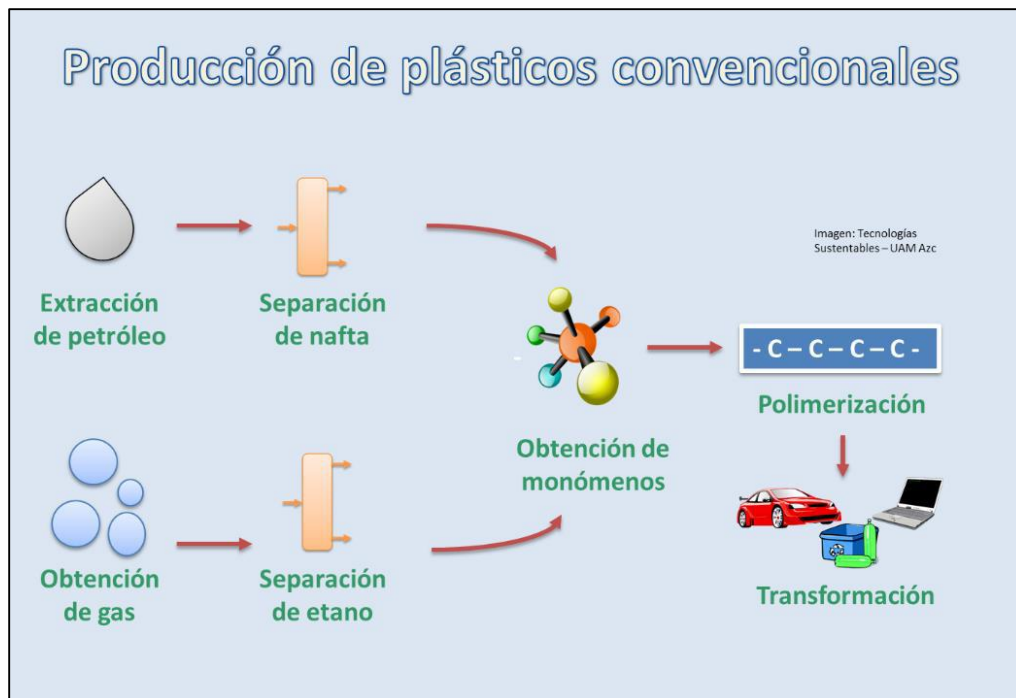
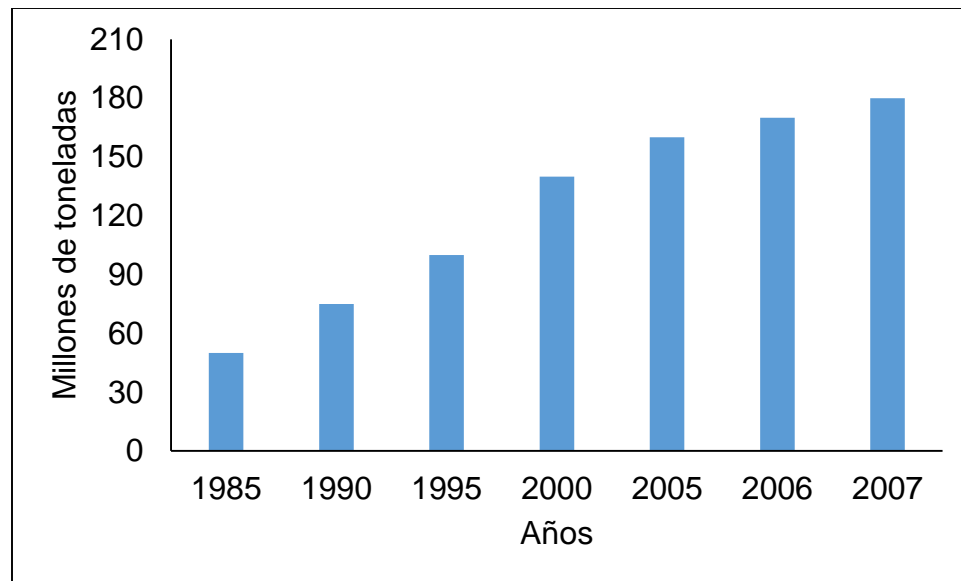


Figura 1. PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES

Aunque desde tiempos remotos el hombre ha utilizado para su beneficio las propiedades de los polímeros de origen natural (caucho, lino, cáñamo, algodón, lana, seda), no fue hasta principios del siglo XX cuando se produjeron los primeros polímeros semisintéticos obtenidos por modificación química de celulosa (Viscosa, acetato de celulosa, nitrato de celulosa). Posteriormente el desarrollo de los plásticos sintéticos tuvo su máximo impulso e implantación desde el comienzo de la II Guerra Mundial (1939-1945), con el descubrimiento del nylon, un material totalmente sintético (Guereca 2006).

En la gráfica 1 se puede obtener información del incremento espectacular del Consumo de plástico mundial en los últimos 20 años. Se puede observar un

aumento constante provocado por países en desarrollo que empiezan hacer nuevos demandantes de este material, sumándose a la demanda (Saldívar 2004).



Gráfica 1. INCREMENTO MUNDIAL DE LOS PLÁSTICOS

2.3 Ventajas de los plásticos

El uso tan extendido de los plásticos se debe a sus ventajas frente a otros materiales, como su elevada resistencia a las agresiones del medio, su peso más liviano en comparación con otros materiales utilizados para los mismos fines y su precio más económico debido a su alta producción a escala mundial (Saldívar 2004).

2.4 Desventajas los plásticos

Una de sus desventajas es su durabilidad en el medio ambiente comparado con su uso efímero durante su vida útil, lo cual constituye un claro inconveniente si su uso es inadecuado; como consecuencia se provoca una elevada generación y a acumulación de residuos poliméricos, dañando ecosistemas naturales de manera irreversible (Saldívar 2002).

2.5 Clasificación general de los plásticos

Una clasificación general de los distintos tipos de plásticos es la siguiente:

Los termoestables tienen una estructura entrecruzada que los hace duros rígidos. Son resistentes a temperaturas más elevadas que los de tipo termoplástico. Aun así, si se someten a temperaturas demasiado altas se descomponen y se vuelven quebradizos. Su estructura densamente reticulada les impide ser solubles (García 2009).

Los elastómeros se caracterizan por recuperar su forma original una vez ha cesado la fuerza a la que han sido sometidos. No pueden fundirse una vez fabricados y son también insolubles (García 2009).

Los termoplásticos presentan una estructura lineal, se pueden fundir y solidificar aplicando calor de manera reversible y retienen su forma al enfriarse son solubles representan la mayor parte de los plásticos de uso común (García 2009).

2.6 Clasificación de los termoplásticos

Los polímeros termoplásticos se pueden clasificar en siete tipos diferentes dependiendo del material utilizado para su fabricación industrial la clasificación está realizada en base a las resinas por las que están constituidos y es indispensable su conocimiento para poder entender su reciclaje (García 2009).

Tereftalato de polietileno (PET): se encuentra en los embalajes, las bolsas, los juguetes, los frascos e incluso en los chalecos antibalas. En la actualidad aparecen cada vez más en nuevos campos de aplicación y se desarrollan botellas con este material de alta calidad y peso reducido. También se caracterizan por propiedades mecánicas como su alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación estructural microscópica presenta propiedades de transparencia y resistencia química (García 2009).

Polietileno de alta densidad (PEAD): Es un material traslúcido, con un punto de fusión promedio de 110°C. Tiene una conductividad térmica baja. Sus principales aplicaciones aparecen dentro del sector de fabricación de envases y embalajes (bolsas, botellas, películas, sacos, tapas para botellas) y como aislante (baja y alta tensión) (García 2009).

Polietileno de baja densidad (PEBD): Presenta una buena resistencia a la tracción, al rasgado y a la perforación o punción, buena resistencia al impacto a temperaturas muy bajas (hasta -95°C) y en películas posee excelente elongación. Sus principales aplicaciones son la fabricación de películas de embalaje, bolsas grandes para uso pesado y acolchado agrícola (García 2009).

Polipropileno (PP): Presentan menor densidad y gran resistencia pudiéndose encontrar en los parachoques de los automóviles, botellas, depósitos de combustible y en algunas fibras sintéticas (García 2009).

Poliestireno (PS): Es el más económico de todos los polímeros termoplásticos, pero no resiste altas temperaturas. Se usa en la fabricación de televisores, impresoras, máquinas de afeitar, indumentaria deportiva, salvavidas y cascos de ciclismo. Su facilidad para el moldeo y su abundante variedad de propiedades le permite desempeñar gran cantidad de aplicaciones diferentes (García 2009).

Policloruro de vinilo (PVC): destaca por su buena resistencia eléctrica y al fuego; se utiliza para ventanas, tuberías, cables, juguetes, calzado, pavimento y recubrimientos. Por sí solo es el más inestable de los termoplásticos, pero con aditivos es el más versátil y puede ser sometido a diferentes procesos para su transformación, lo que le ha hecho ocupar, por su consumo, el segundo lugar mundial detrás del polietileno (García 2009).

Otros: Debido a la gran variedad de termoplásticos, solo se han citado con anterioridad los más importantes, pero se crea este grupo para englobar al resto de plásticos menos comunes pertenecientes a esta familia de materiales. En este grupo

se encuentran materiales como el teflón que es capaz de soportar elevadas temperaturas sin deformarse y es antiadherente. Se utiliza para revestimientos de aviones y cohetes, revestimiento de cables, mangueras y pinturas. El nylon también pertenece este grupo, tiene buena resistencia química a los aceites, grasas o disolventes, pero se ablanda a temperaturas no muy altas. Se usa mucho en la ingeniería mecánica para engranajes o rodamientos y también en el embalaje de alimentos y medicamentos, en prendas de vestir, cerdas para cepillos de dientes, paracaídas, cuerdas de guitarra, cremalleras y tornillos (Cherubini 2009).

La tabla siguiente muestra los nombres, códigos internacionales de identificación, aplicaciones típicas primarias y post-reciclado de los plásticos más usados.

Material	Abreviatura en Español	Código Internacional	Aplicaciones Primarias Típicas	Usos Post-reciclado Típicos
Poliétilen-tereftalato	PET	1	Botellas y envases. Alfombras. Refuerzos para neumáticos. Cintas de video y audio.	Textiles para bolsas, lonas, velas náuticas y alfombras. Cuerdas, hilos, Espumas aislantes.
Poliétileno de Alta Densidad	PEAD	2	Enseres domésticos. Envolturas, películas. Caños para agua y gas.	Bolsas. Botellas de detergentes. Caños. Sustitutos de la madera.
Policloruro de Vinilo	PVC	3	Botellas. Caños. Juguetes. Tarjetas de crédito. Productos médicos. Pisos y marcos de ventana. Aislaciones para cables.	Caños. Muebles de jardín. Barandas. Zapatos. Contenedores.
Poliétileno de Baja Densidad	PEBD	4	Película de empaque (sachets). Bolsas. Juguetes. Contenedores. Caños.	Bolsas de basura e industriales. Caños. Contenedores. Sustitutos de la madera. Membranas aislantes de la humedad. Films para agricultura.
Polipropileno	PP	5	Contenedores (típico de yogur y margarina). Baterías y piezas para auto. Envases para microondas. Medicina. Artículos para el hogar. Caños y tanques	Contenedores. Piezas de automotores. Sillas. Sustitutos de la madera. Textiles.
Poliestireno	PS	6	Envases lácteos (yogur, postres, etc.). Envases descartables (bandejas para alimentos, etc.). Vajilla para aviones. Electrodomésticos. Bazar. Cassettes. CD. Paneles aislantes. Art. de librería. Juguetes.	Accesorios de oficina. Aislamientos térmicos. Bandejas.
Otros		7		

TABLA 1. PLÁSTICOS MÁS USADO

Las actividades y tendencias humanas impactan de forma drástica en el medioambiente, especialmente cuando se da un consumo y uso descontrolado de productos y recursos, tal es el caso del polietileno tereftalato o como es llamado comúnmente el PET, el cual en la actualidad y como consecuencia de los nuevos estilos de vida, se ha convertido en un material altamente utilizado a nivel mundial. El PET es una de las variedades de plásticos más utilizada para la elaboración de envases de bebidas de consumo masivo, aceites, conservas, cosméticos, detergentes, productos químicos y farmacéuticos, esto se debe a que en el mercado de botellas el PET proporciona varias ventajas, su proceso de fabricación por ejemplo utiliza muy pocos recursos naturales (agua, energía y petróleo); además su propiedad de liviandad supone una reducción en los costos de transporte debido a la disminución del consumo de combustible requerido para esto (SENER 2012).

El incremento en el uso de PET está ocasionando efectos ambientales adversos debidos a las actuales formas de disposición de los productos PET una vez son utilizados por el consumidor final. Entre los problemas ambientales ocasionados por el PET se encuentra, mayor acumulación en el medio (períodos de tiempo de 100 a 500 años) debido a la baja degradabilidad que presentan, muerte de animales que quedan atrapados en el interior de botellas cuando son arrojadas a ríos y océanos, inundaciones causadas por el taponamiento de alcantarillas y puntos de desagüe al ser desechados de forma indiscriminada a las calles, disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios debido al volumen que ocupan, cuando son destinados para incineración producen contaminación al aire por la generación de gases de efecto invernadero, afectan la salud humana por la emisión de gases tóxicos y la disposición final de las cenizas contamina el agua subterránea por infiltración de lixiviados (SEMARNAT 2012).

México, al igual que los demás países del mundo tiene problemas ecológicos y ambientales se están deteriorando y modificando los ecosistemas. A nivel internacional los países están enfrentando problemas de contaminación del agua potable, mar, playas, deforestación, desertificación, extinción de especies, efecto

invernadero, disminución de la capa de ozono, falta de espacios en rellenos sanitarios, emisiones tóxicas, gases contaminantes, lluvias ácidas, generación de residuos peligrosos y enfermedades ocasionadas por la contaminación. La explotación industrial ha provocado el incremento del precio del petróleo, escasez de electricidad, alimentos, empleo y materias primas para la producción (SEMARNAT 2011).

Los países subdesarrollados son los que enfrentan mayores problemas de contaminación debido a que al carecer de medios para la subsistencia, mucho menos disponen de recursos para solucionar los problemas sanitarios y ambientales. Por otro lado, la falta de tecnología y sectores industriales avanzados los obliga a exportar productos con los que generan mayores residuos y contaminación ambiental. Diariamente se ven inmersos en toneladas de basura generadas por los habitantes, no siendo capaces de resarcir el daño ecológico actualmente enfrentan la falta de ordenamientos jurídicos que regulen un adecuado manejo de los recursos a través de la reducción de materias primas, la reutilización y el reciclaje (Instituto Nacional de Ecología).

Con el fin de contrarrestar los problemas ambientales los países pueden establecer políticas económicas que busquen conservar el medio ambiente sin perjudicar los sectores económicos (Instituto Nacional de Ecología).

2.7 Situación actual en materia ambiental en México

En México podemos observar cifras alarmantes sobre la generación de residuos:

De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo presentado por el Presidente Felipe Calderón, en México cada año se generan alrededor de 40 millones de toneladas de residuos sólidos. Con estos residuos se podría llenar tres veces el estadio Azteca diariamente (*Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*) Disponible en <http://pnd.presidencia.gob.mx>

El Instituto Nacional de Ecología, manifestó que la generación de residuos sólidos urbanos se incrementa en un 2.2%³ anualmente. Siendo los factores que influyen principalmente al incremento de los residuos el crecimiento de la población y el desarrollo tecnológico.

En volumen el PET representa el 20% de la basura, mientras que en peso 1.5%⁴ de los residuos generados corresponde a los envases PET, equivalentes a 0.6 millones de toneladas anualmente. Cabe señalar que el PET es la resina plástica conocida como Polietileno Tereftalato, utilizada principalmente en la producción de envases para refrescos, agua purificada, agua mineral, salsas, aderezos, aceite comestible y productos de limpieza para el hogar. Los envases PET son fácilmente identificables a través de un símbolo en forma de triángulo formado por flechas con el número 1 en el centro y bajo este, las siglas PET o PETE. Gracias a las propiedades del PET este es 100% reciclable, sin embargo en México solamente se recicla el 20% (*Reciclaje de plástico*, 2007) Disponible en mundoejecutivo.com.mx.

El 52.48% de los residuos plásticos se destina a la fabricación de envases y embalajes, de las cuales el 13%⁶ se utiliza en la fabricación de PET. Equivalentes a una producción anual de entre 8,000 y 12,000 millones de botellas (<http://www.manufacturaweb.com/nivel2>).

El 65% de los envases elaborados de PET se utilizan para la fabricación de refrescos.

México es el segundo consumidor a nivel internacional de la resina PET para la producción de botellas. Ya que es el segundo consumidor mundial de refrescos. México consume 18 billones de litros anualmente de bebidas contenidas en envases PET (Waste Management World, 2006).

De acuerdo a las cifras publicadas por el periódico La Jornada cada mexicano consume 152 litros de refresco anualmente. Por otro lado, cabe señalar que la población Mexicana consume menos leche que refrescos, ya que el consumo nacional de leche en el 2004 fue de 116.29. Situación que contribuye a la desnutrición en México (SAGARPA 2007).

De acuerdo a Pacific Institute (Organización no lucrativa que realiza estudios para el desarrollo y seguridad del medio ambiente) se estima que para producir 1 tonelada de plástico PET se requieren 17 barriles de petróleo. Por lo que encontramos que México requieren 10.20 millones de barriles ($600,000 \times 17$) de petróleo anualmente para la producción anual nacional de envases elaborados con PET (Pacific Institute 2007).

Los sistemas municipales de recolección son insuficientes y deficientes, los rellenos sanitarios representan un costo alto para los municipios en cuanto al espacio, infraestructura, personal de barrido y recolección de basura. El Instituto Nacional de Ecología señala que la recolección de residuos puede llegar a representar más del 60% de los costos totales de los servicios de limpia y saneamiento.

2.8 Marco legal federal

La constitución política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 115, fracción 3, inciso indica “los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes” limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. Garantizar el derecho a toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valoración y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. En su artículo 6 plantea que la federación, las entidades federativas y los municipios, ejercerán sus atribuciones en materia de la prevención de la generación, aprovechamiento, gestión integral de los residuos, de prevención de la

contaminación de sitios y su remediación, de conformidad con la distribución de competencias previstas de esta ley y en otros ordenamientos legales. Y en su artículo 7, fracciones 3, 4 y 5 mencionan que la federación tiene la facultad para expedir las normas a que deberán sujetarse los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de residuos sólidos municipales.

2.9 Impacto en los ecosistemas provocados por el PET

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (LEGEEPA).

Deforestación y afectaciones a la biodiversidad, debido a la construcción de infraestructura plataformas, pozos, campamentos, caminos y ductos.

Contaminación del suelo, agua y atmósfera debida a emisiones no controladas, fugas, derrames y manejo inadecuado de residuos.

Compactación y erosión del suelo.

Producción de gases de efecto invernadero debido a la gran cantidad de energía requerida en el proceso.

De acuerdo a lo señalado por el Instituto Nacional de Ecología, los envases PET tardan aproximadamente 500 años en degradarse. Ocasionando problemas de contaminación del suelo y agua. Con el paso del tiempo los envases PET en los tiraderos de basura, los aditivos y estabilizadores que contienen pueden pasar a formar parte de los lixiviados, creando un peligro potencial para los acuíferos subterráneos. Por otro lado, el plástico está dañando fuertemente los ecosistemas marinos; ya que se ha comprobado que por cada 6 kilos de partículas plásticas en los océanos hay un kilo de plancton. Esto se da como consecuencia del arrastre de los envases plásticos por los ríos y mares. Los peces confunden los pedazos de plástico con el plancton, mientras que las aves los confunden con larvas, camarones o huevos de pescado (México: Thesis Consultores SC, 2002).

Los animales cada vez ingieren mayor cantidad de plástico, perdiendo nutrientes, que ocasionan su muerte. Es importante recordar, que nosotros consumimos los peces y aves que se encuentran en el medio ambiente y han ingerido partículas tóxicas (México: Thesis Consultores SC, 2002).

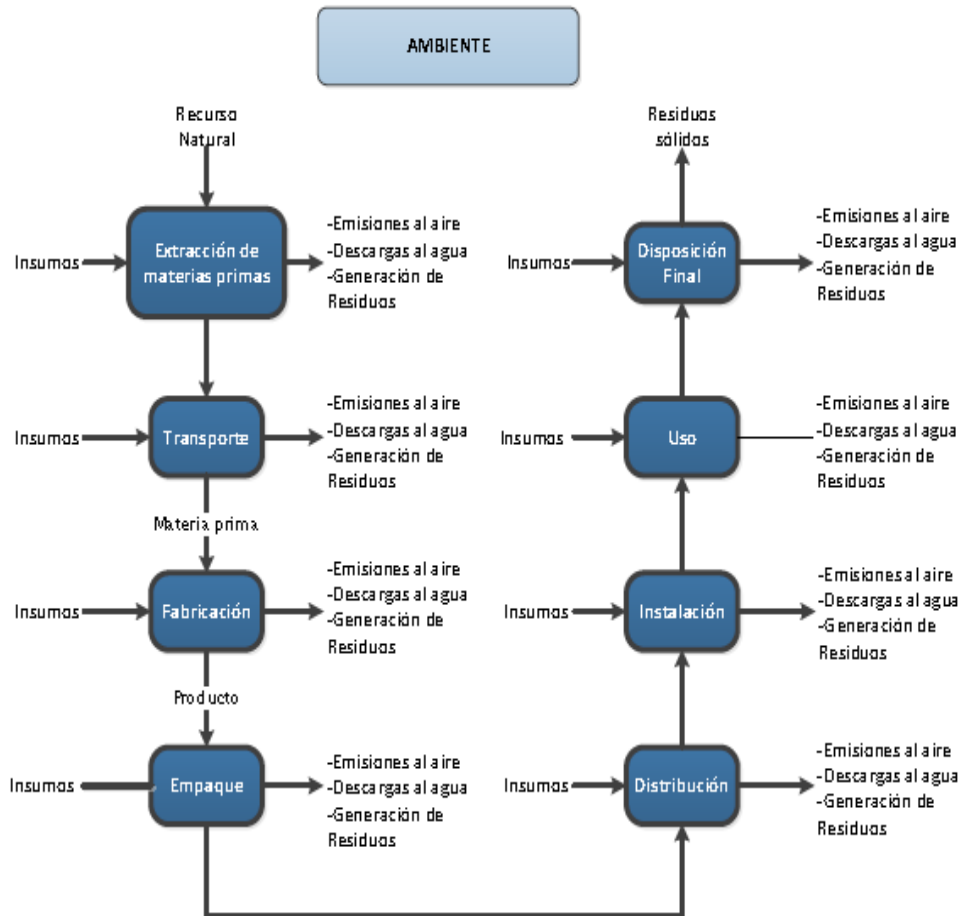


Figura 2. ETAPAS CONTAMINANTES

Las etapas que integran el sistema mostrado en la Figura 2, no siempre son las mismas debido a que los productos o servicios tienen su propia y única configuración, por lo cual cada ACV desarrollado es independiente y único.

A continuación se presenta una descripción general de diferentes categorías de impacto.



Figura 3. CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL

2.9.1 Acidificación

La acidificación se refiere al aumento de la concentración de los iones hidrogeno (H^+) ocasionado por la emisiones antropogénicas y naturales, principalmente los NO_x , NH_3 y SO_2 , en los cuerpos de agua superficial, aguas subterráneas y suelo. Para casi todas las especies hay un grado óptimo de acidez definida, una desviación del mismo es perjudicial para las especies en cuestión (Bare et al, 2003).

2.9.2 Eutrofización

La eutrofización se refiere al enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, en un cuerpo de agua favoreciendo el crecimiento excesivo de materia orgánica a partir de las descargas antropogénicas, provocando un

crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua y evita que la luz solar llegue a las capas inferiores. Como consecuencia de esto, el agua se enturbia, y al disminuir la cantidad de luz, la vegetación muere al no poder realizar la fotosíntesis, generando que otros microorganismos, como bacterias, se alimenten de la materia muerta, consumiendo el oxígeno que necesitaban especies marinas para vivir, y a la vez generando algas tóxicas y microorganismos patógenos (Bare et al, 2003).

2.9.3 Calentamiento global

La categoría de cambio climático se refiere al cambio de temperatura de la Tierra causado por la acumulación de los gases de efecto invernadero (CO₂, CO, CH₄, CFC, NO_x, entre otros) ocasionando incendios forestales, afectaciones a los seres vivos, los ecosistemas, cuerpos de agua, agricultura, zonas costeras, entre otros. El Potencial de Calentamiento Global (PCG) es usado como el factor de caracterización para evaluar y agregar las intervenciones en la presente categoría (Güereca Hernández, 2006).

El indicador de gases de efecto invernadero se deriva de dos propiedades básicas de cada gas. La primera es la habilidad para reflejar el calor y la segunda tiene que ver con la permanencia del gas en la atmósfera. Estas propiedades se comparan con las propiedades del CO₂ y son convertidas en CO₂ equivalentes los cuales pueden ser sumados para obtener un indicador de gases de invernadero (Güereca Hernández, 2006).

2.9.4 Efectos cancerígenos

Para determinar los daños a la salud humana por los efectos cancerígenos se requiere cubrir tres etapas separadas:

Análisis de Destino: Para emisiones al suelo con aire, agua, suelo urbano e industrial a través de la inhalación e ingestión de alimentos, agua y suelo. Los

factores del análisis de destino se calculan a partir de la concentración en el aire, agua potable y la dosis presentada en los alimentos consumidos.

Análisis del Efecto: Se considera el concepto de unidad de riesgo para la estimación de la relación dosis-respuesta y consiste en una estimación probabilística de que un individuo promedio pueda desarrollar cáncer cuando se expone a concentraciones de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la vida del individuo.

El Análisis de Daños: Para obtener la estimación de la gravedad de la enfermedad esta se caracteriza con el parámetro DALY (años de vida ajustados por discapacidad) conociendo previamente la duración de la enfermedad, la tasa de mortalidad y la edad de las personas afectadas. Por lo anterior y conociendo la estimación de los Años de Vida Perdidos (AVP) y los Años de Vida Deshabilitados (AVD) es posible determinar los DALYs a partir de la ecuación 5 (Güereca Hernández, 2006).

$$\text{DALY}=\text{AVP} +\text{AVD}$$

AVP= años de vida perdidos

AVD= años de vida deshabilitados por incidencia de cáncer

2.9.5 Extracción de combustibles fósiles

El daño causado por la disminución de combustibles fósiles se expresa en MJ/kg de material extraído, usando el concepto de energía SURPLUS. La energía SURPLUS se define como la diferencia entre la energía necesaria para extraer un recurso ahora y en algún momento del futuro. La futura energía SURPLUS se calculó acorde a la ecuación 6 (Güereca Hernández, 2006).

$$\text{SURPLUS}=\text{Q} \times \text{N}$$

Q=Cantidad total de energía extraída por el hombre antes de 1990

N=Número de veces que Q es extraída

2.9.6 Efectos respiratorios

Las concentraciones ambientales de partículas en suspensión (PM₁₀, 2.5), los Nitratos, Sulfatos, NO_x, SO_x, O₃, CO están fuertemente asociados con los cambios en las tasas de referencia de los síntomas respiratorios crónicos y agudos, así como las tasas de mortalidad. El indicador de los efectos respiratorios se expresa en DALYs (Bare *et al*, 2003).

2.9.7 Formación de oxidantes fotoquímicos

El ozono (O₃) es un gas muy oxidante reactivo producido de forma natural en pequeñas cantidades en la atmósfera terrestre. Sin embargo el ozono en la troposfera tiene efectos perjudiciales a la salud humana y en los ecosistemas. La caracterización de la formación de oxidantes fotoquímicos se relaciona con la formación de ozono en la troposfera. Las tasas de formación de ozono en la troposfera se rigen por las reacciones influenciadas por las concentraciones de los NO_x, COVs, CO, CH₄ y las condiciones particulares de temperatura y luz solar (Bare *et al*, 2003).

2.9.10 Toxicidad terrestre

Se relacionan los efectos de los compuestos tóxicos sobre los ecosistemas terrestres. Considerando que el factor transporte es de gran relevancia debido a que los contaminantes no permanecen en el medio físico (aire, suelo, agua) donde fueron emitidos y pueden desplazarse y afectar otros medios (Bare *et al*, 2003).

Así mismo, la contaminación incrementa los residuos tóxicos, enfermedades, contaminación del suelo, agua y aire. Los envases de PET, son 100% reciclajes, sin embargo, por la ausencia de instrumentos fiscales, la sociedad no contribuye a la separación de los residuos. En México los costos de disposición o recuperación de los residuos, siempre han estado a cargo del gobierno. Los fabricantes y consumidores quienes son los beneficiarios del producto, solamente contribuyen en forma indirecta a través del pago del impuesto predial. Sin embargo, consideramos

que es necesario que las empresas y la sociedad comiencen a tomar conciencia y asumir el costo de sus acciones (Bare *et al*, 2003).

En el caso de México no existen suficientes leyes en materia ambiental que obliguen a contrarrestar los problemas ecológicos e impulsen el crecimiento de la industria del reciclaje y la implementación de residuos como materias primas para la fabricación de productos secundarios (Bare *et al*, 2003).

El impulsar la fabricación de productos ecológicos puede significar el crecimiento económico del país. Además de reducir la contaminación, del suelo, agua, emisiones tóxicas. La utilización de residuos como materia prima minimiza el uso de energía, petróleo, agua, espacios en rellenos sanitarios e incrementa el empleo y el crecimiento del sector (Bare *et al*, 2003).

La generación de residuos inorgánicos, como los plásticos, ha aumentado considerablemente en los últimos ocho años: mientras en el año 2001 sólo representaban el 4.3% de los residuos sólidos urbanos, en 2010 han incrementado su participación al 10.8 % (Bare *et al*, 2003).

Los plásticos comerciales, se clasifican numéricamente del 1 al 7, indicado en la parte inferior del objeto, esto nos permite identificar y separar los plásticos y maximiza el número de veces que se pueden reciclar. (Duran 2012).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) obliga a los tres niveles del Gobierno (federación, estado, municipio) a diseñar e instrumentar Planes y Programas de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). Los grandes generadores (en el D.F. con más que 50 kg/día), productores, exportadores, importadores y distribuidores comparten la responsabilidad para el manejo de los residuos, y están obligados a elaborar un plan de manejo para sus desechos en cuanto a una reducción, una recolección separativa y una separación en fuente.

La Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal, reporta una disposición final de plásticos de 761.9 ton/día, dentro de éstas, 14.1 toneladas pertenecen a envases hechos de PET ocupando espacios innecesarios en las celdas de confinamiento del relleno sanitario de bordo poniente y con un tiempo de vida medio muy largo. Según datos manejados por el PNUMA en 1996, una botella de PET tarda en degradarse 500 años dentro de un tiradero (Gobierno Federal 2012).

Según Schwanssee (2007), existen buenos motivos relacionados a la importancia del reciclaje del PET entre los cuales podemos mencionar:

Un 52% de los materiales plásticos se destinan a la fabricación de embalajes y envases. Los embalajes y envases (plástico, cartón, tetrapak) representan un 25-30% de los desechos domésticos. Los envases de PET ocupan un 2-5% del peso y 30-50% del volumen en los rellenos sanitarios (Schwanssee 2007).

Por mexicano, se consumen 7 kg de PET al año, sólo en la zona metropolitana se generan cada día 600 toneladas de desechos de PET que son aprovechables como materia secundaria en vez de disminuir recursos primarios(INEGI 2012).

Un 80% de los desechos de PET se exporta del país para utilizarse en la industria plástica en China, los Estados Unidos u otros países latinos, los cuales bajo un esquema de manejo y alternativas de aprovechamiento podrían ser una buena fuente de empleo e ingresos. Las experiencias de reciclaje de PET con el punto Verde en Alemania calculan un ahorro del 60% de energía en comparación a la producción con materia primaria (INEGI).

Las leyes y reglamentos en materia de manejo y gestión de residuos deben responsabilizar a todos los sectores para llevar a cabo un mejor manejo de los productos desechables, por ejemplo, los envases de plástico, desde su producción hasta su consumo y postconsumo según las reglas: Reducir - Reusar – Reciclar. Un

reciclaje nacional del PET no solamente es urgente, respecto a la limpieza pública y a un manejo más eficaz de la gestión integral de residuos sólidos para evitar la rebosa de los rellenos sanitarios municipales. El beneficio también se reflejara en el medio ambiente y en una economía sustentable que permita ahorrar materia prima y recursos energéticos (SENER 2012).

De acuerdo a Ecología y Compromiso Empresarial, A.C. (ECOCE;A.C.) a nivel nacional durante el 2011 se consumieron 770 mil toneladas de plástico PET de las cuales se recuperaron 300 mil toneladas que equivalen al 38.9% del total recuperado a nivel nacional.

Estados Unidos, China y Canadá son los países que más compran PET. China lo utiliza para hacer prendas de vestir y en Estados Unidos los usos son más diversos, pero comúnmente se emplea para la fabricación de alfombras. En Europa, el PET es utilizado para reforzar el pavimento de las carreteras y en Japón como fuente de energía y posteriormente las cenizas se aprovechan para obras de pavimentación (INEGI 2012).

En el mercado nacional, el PET reciclado tiene mucha demanda, ya que se comercializan cerca de 70,000 toneladas anuales, aunque más del 80% es destinado a la exportación (INEGI, 2006). En el ámbito internacional se manejan más de 11 mil millones de toneladas anuales (OMC, 2006), que son destinadas para hacer fibra textil, poliéster, relleno para chamarras. Además como una especie de hilo que permite la confección de prendas de vestir y gorras. También pueden fabricarse materiales de construcción como laminas termoeléctricas.

Se calcula que en nuestro país se recupera solo un 15% del PET desechado anualmente y esto se traduce en costos por manejo de desechos y un desperdicio en la generación de recursos, empleos y divisas.

Artículo	Porcentaje (%)
Refrescos	52.8
Agua purificada	14.9
Aceite	14.5
Alimentos	7.0
Cuidado personal	2.2
Agroquímicos	1.4
Licores	0.3
Otros envases	1.5
Preforma exportada	5.4
Total	100

TABLA 2. USO DE LA RESINA DE PET EN MÉXICO

La elevada producción de basura y el inadecuado manejo de ésta son uno de los grandes problemas ambientales y de salud en México, el cual se ha acentuado en los últimos 50 años debido al aumento de la población y a los patrones de producción y consumo. La basura no sólo genera una desagradable imagen de los campos y las ciudades, sino que contamina el suelo, el agua, el aire y ocupa grandes espacios para su confinamiento, por lo que se convierte en un problema social y de salud pública. (SEMARNAT 2002).

2.10 Aspectos a considerar sobre la generación y manejo de residuos

Los materiales, los productos de consumo y sus envases y embalajes que se desechan como residuos se obtienen a partir de materias primas que provienen de recursos naturales que se están agotando (minerales, petróleo, bosques y otros). (SENER 2012).

Generar y eliminar residuos significa desperdicio de recursos y de energía, además de afectar la economía de quienes los generan y de ejercer presiones sobre los servicios de limpia y los lugares a donde van a parar (Duran 2012).

Cuando los residuos no se entregan al servicio de limpia y se abandonan en las vías públicas o en el medio ambiente o cuando se queman, se originan mayores costos

al sistema de limpia que tiene que retirarlos de la vía pública y se convierten en focos de contaminantes con riesgo para la salud o para el ambiente (Duran 2012).

Los residuos que se pudren producen gases que provocan el efecto de invernadero que está ocasionando el cambio del clima en el mundo y que pueden generar incendios en los tiraderos y la liberación de contaminantes peligrosos; además, los restos de alimentos y las excretas pueden atraer a moscas, mosquitos, cucarachas y ratas que transmiten enfermedades (Duran 2012).

Algunos residuos que se dejan en los patios o azoteas o que se abandonan en calles y lotes baldíos, cuando llueve se llenan de agua y se convierten en criaderos de mosquitos que contribuyen a la transmisión del Dengue. Aunado a ello, pueden constituir un riesgo en las zonas en las que ocurren huracanes o de fuerte viento pues se convierten en proyectiles capaces de ocasionar heridas o bien pueden tapar coladeras y drenes ocasionando inundaciones (Duran 2012).

2.11 Los residuos sólidos urbanos

El Gobierno Federal a través de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos define a los RSU como aquellos residuos generados en las casas habitación, como resultado de la eliminación de los materiales que utilizan en las actividades domésticas, de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de establecimientos y en la vía pública con características domiciliarias, los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos

2.11.1 Composición

Residuo Aprovechable: Cualquier material, objeto, sustancia o elemento que no tiene valor para quien lo genera, pero se puede incorporar nuevamente a un proceso productivo (Decreto 1713 de 2002).

Residuo No Aprovechable: Todo material o sustancia que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación a un proceso

productivo. No tienen ningún valor comercial, por lo tanto requieren disposición final (Decreto 1713 de 2002).

Residuo orgánico biodegradable: Son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: Los restos de comida, de fruta, cáscaras, carnes, huevos.

Residuos Peligrosos: Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos. (Decreto 4741 de 2005)

Residuos Especiales: Residuos sólidos que por su calidad, cantidad, magnitud, volumen o peso puede presentar peligros y, por lo tanto, requiere un manejo especial. Incluye a los residuos con plazos de consumo expirados, desechos de establecimientos que utilizan sustancias peligrosas, lodos, residuos voluminosos o pesados que, con autorización o ilícitamente, son manejados conjuntamente con los residuos sólidos municipales (Decreto 4741 de 2005).

La composición de los RSU es muy variada tanto en México como en todo el mundo. Tchobanoglous (1993) y Sharholly et al. (2007), mencionan que, en la mayoría de los casos, los RSU están compuestos de los siguientes materiales:

Residuos de comida

Papel

Cartón

Plásticos (PET, PEAD, PEBD, PVC, PP, PS,)

Textiles

Caucho

Cuero

Residuos de jardinería

Madera

Vidrio

Polvo

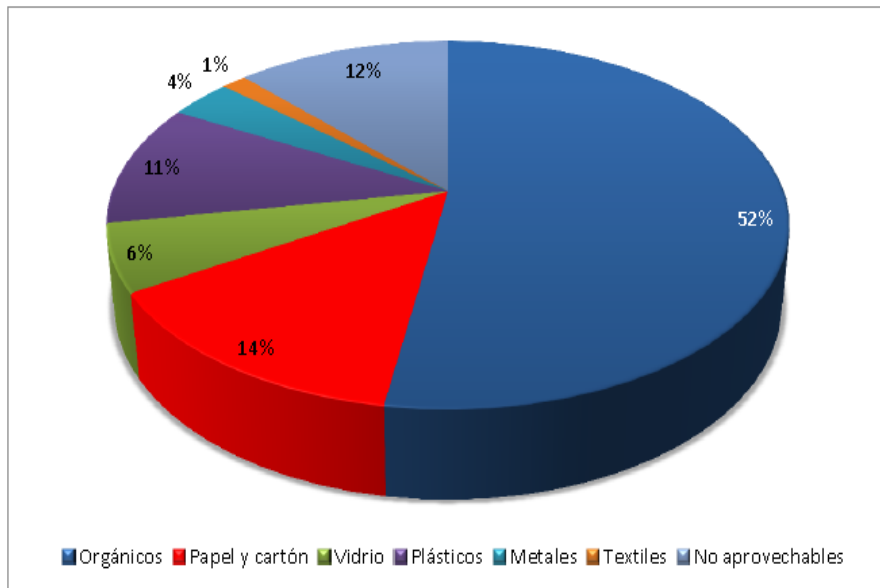
Aluminio

Metales

Residuos sanitarios (toallas sanitarias, pañales, papel sanitario)

Ceniza

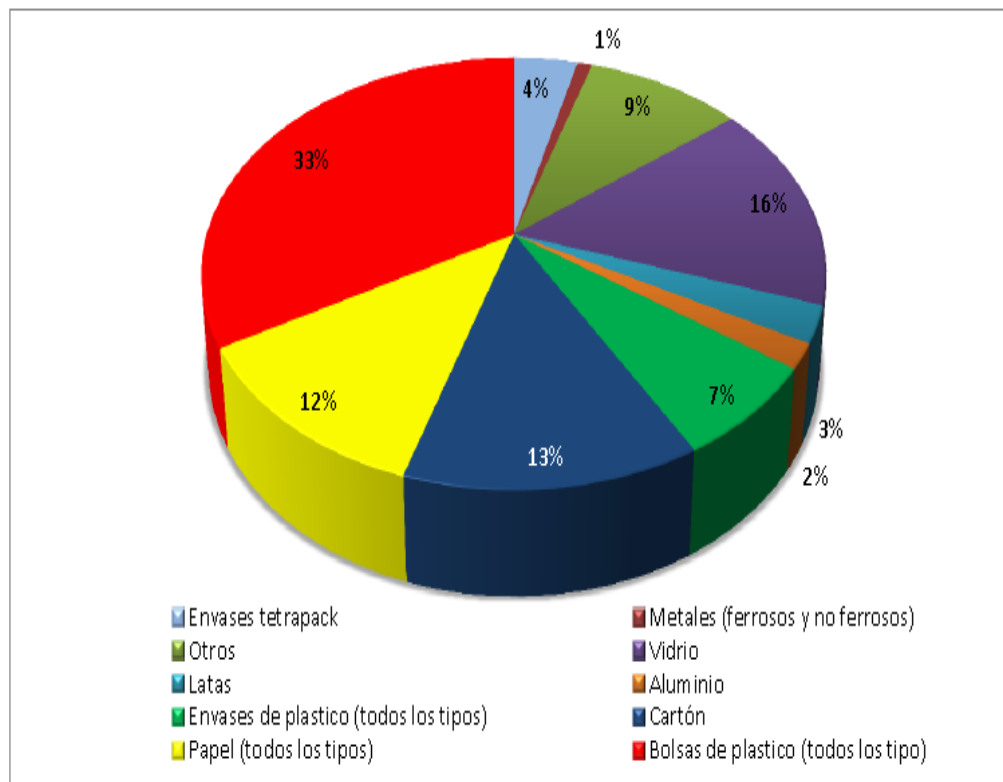
En la Gráfica 2 se plasma la composición de RSU a nivel nacional para el año 2012, el corresponde a 52% de residuos orgánicos, papel y cartón en un 14%, vidrio 6%, plásticos 11%, metales 4% y textiles 1%, mientras que el 12% restante corresponde residuos no aprovechables como residuos sanitarios, polvo, entro otros (SEMARNAT, 2013).



Grafica 2. COMPOSICIÓN DE LOS RSU

La generación y composición de RSU presentada en la Gráfica 2, corresponde a datos nacionales, sin embargo la composición de cada municipio del país varía en función de diversos factores, dependiendo principalmente al nivel socioeconómico de la población, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico, estándares de calidad de vida, nivel de educación, entre otros (SEMARNAT, 2013).

Durán et al. (2013), Mencionan que en el año 2012, en el Estado de México se generaron 4.6 millones de toneladas de RSU, de las cuales, el 23.9% fueron dispuestas en 44 tiraderos a cielo abierto, 19.8% en 22 sitios controlados, 46.1% en 14 rellenos sanitarios y el restante 10.2% no fue recolectado, por lo que se considera que se encuentran dispuestas en algún lugar adecuada o inadecuadamente. El 35% de los RSU generados en el Estado de México corresponden a residuos reciclables, los cuales se encuentran caracterizados acorde a lo presentado en la Gráfica 3.



Gráfica 3. MATERIALES DE MAYOR PROPORCIÓN

Como se ilustra en la Gráfica 3 los materiales que se encuentran en mayor proporción son las bolsas de plástico, seguido del cartón y papel, y en una menor proporción se encuentra el aluminio y los metales ferrosos y no ferrosos.

2.12 Gestión y manejo integral de los residuos sólidos urbanos

El Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos es una parte fundamental de la Gestión Integral de los Residuos e indica como efectuar las actividades de reducción en fuente, separación, reutilización, almacenamiento, transporte y disposición final, es decir, el desarrollo de la ingeniería básica de detalle y ambiental de cada etapa que integra el sistema de manejo.

Si el manejo de los RSU es ineficiente suelen presentarse diversas afectaciones al ambiente y a la población, entre las que se encuentran; la disposición inadecuada de RSU en: cuerpos de agua, terrenos abandonados y vía pública; la incineración a

cielo abierto; contaminación de acuíferos por la filtración de lixiviados al suelo; malos olores; atracción de fauna nociva que son portadoras de distintas enfermedades; afectaciones al personal y a la población; entre otros (SEMARNAT, 2012).

Por otro lado, el consumo de la resina de polietilentereftalato (PET) ha registrado un rápido crecimiento en el mercado mundial de plástico debido a la continua expansión de las botellas para contener principalmente bebidas (Welle, 2011).

El Gobierno Federal a través de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos define a la Gestión Integral de los Residuos Sólidos como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo supervisión y evaluación para el manejo de los RSU desde su generación hasta la disposición final respondiendo a las necesidades y circunstancias de localidad o región.

2.13 Alternativa para mejorar el impacto ambiental en nuestros ecosistemas (Reciclaje):

Reciclaje: El Gobierno Federal (2007), define al reciclaje como la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos, teniendo como cimientos la conservación o ahorro de energía, conservación o ahorro de recursos naturales, disminución del volumen de residuos que hay que eliminar y la protección del medio ambiente.

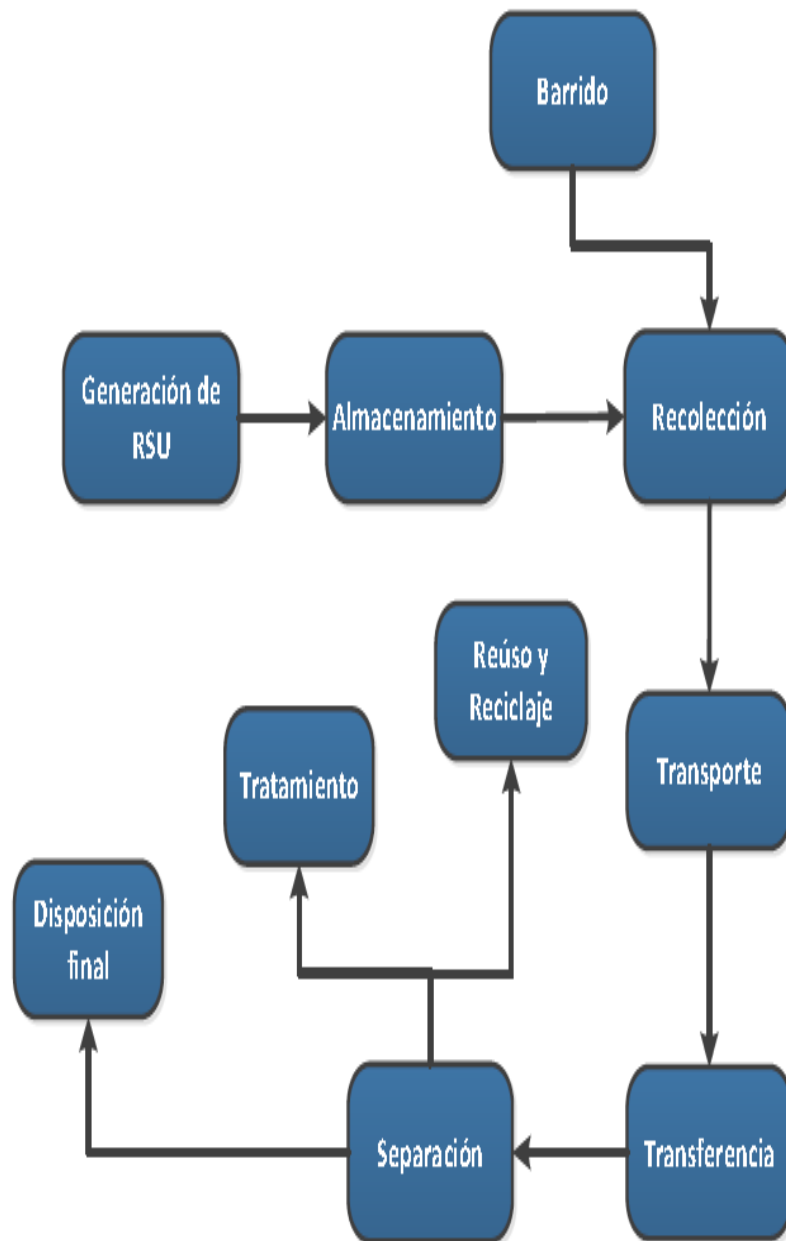


Figura 4. Gestión Integral los Residuos Sólidos Urbanos. Fuente: Aptada de SEMARNAT, 2011.

Figura 4. GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RSU

No todos los municipios cuentan con todas las etapas que presentan algunos pueden contar sólo con la recolección y disposición final, otros municipios más urbanizados pueden tener, estaciones de transferencia, planta de separación y

planta de composta. Lo anterior depende principalmente del presupuesto que se le asigna al manejo de los RSU por parte del gobierno municipal (SEMARNAT, 2011).

De igual forma, el Gobierno Federal a través de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos define a al Manejo Integral de los RSU (MIRSU) como las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

En el año 2011, en el país se generaron 42.1 millones de toneladas de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) (INEGI, 2012), con una composición aproximada de 52% de residuos orgánicos, 36% potencialmente reciclables y 12% residuos no aprovechables (SEMARNAT, 2013).

El 64% de RSU generados en México son dispuestos en 260 rellenos sanitarios y 20 sitios controlados, por lo que se calcula que el 36% restante se encuentran dispuestos inadecuadamente en tiraderos a cielo abierto, barrancas, vía pública, entre otros (INEGI, 2012).

El Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos es una parte fundamental de la Gestión Integral de los Residuos e indica como efectuar las actividades de reducción en fuente, separación, reutilización, almacenamiento, transporte y disposición final, es decir, el desarrollo de la ingeniería básica de detalle y ambiental de cada etapa que integra el sistema de manejo (SEMARNAT, 2012).

Si el manejo de los RSU es ineficiente suelen presentarse diversas afectaciones al ambiente y a la población, entre las que se encuentran; la disposición inadecuada de RSU en: cuerpos de agua, terrenos abandonados y vía pública; la incineración a cielo abierto; contaminación de acuíferos por la filtración de lixiviados al suelo; malos

olores; atracción de fauna nociva que son portadoras de distintas enfermedades; afectaciones al personal y a la población; entre otros (SEMARNAT, 2012).

Por otro lado, el consumo de la resina de polietilentereftalato (PET) ha registrado un rápido crecimiento en el mercado mundial de plástico debido a la continua expansión de las botellas para contener principalmente bebidas (Welle, 2011). En 2007, el consumo mundial de botellas de PET fue de 15 millones de toneladas (Shen *et al.*, 2010), representando entre el 8% en peso y 12% en volumen del total de RSU generados a nivel mundial (Shukla y Harad, 2009).

En México la producción de resina de PET a partir de productos vírgenes en el año 2011 fue de 1.15 millones de toneladas. Se produjeron 38,000 toneladas de resina de PET a partir del reciclaje de las botellas y se importaron 40,000 toneladas procedentes de diferentes partes del mundo teniendo una disponibilidad total de resina de PET de 1.23 millones de toneladas, de las cuales, el 58.3% fueron destinadas para la producción de botellas (García, 2012).

La creciente conciencia con respecto a la importancia de la protección ambiental y los posibles impactos asociados con los productos y servicios ha aumentado el interés por el desarrollo de métodos para comprender mejor y disminuir esos impactos(García, 2012).

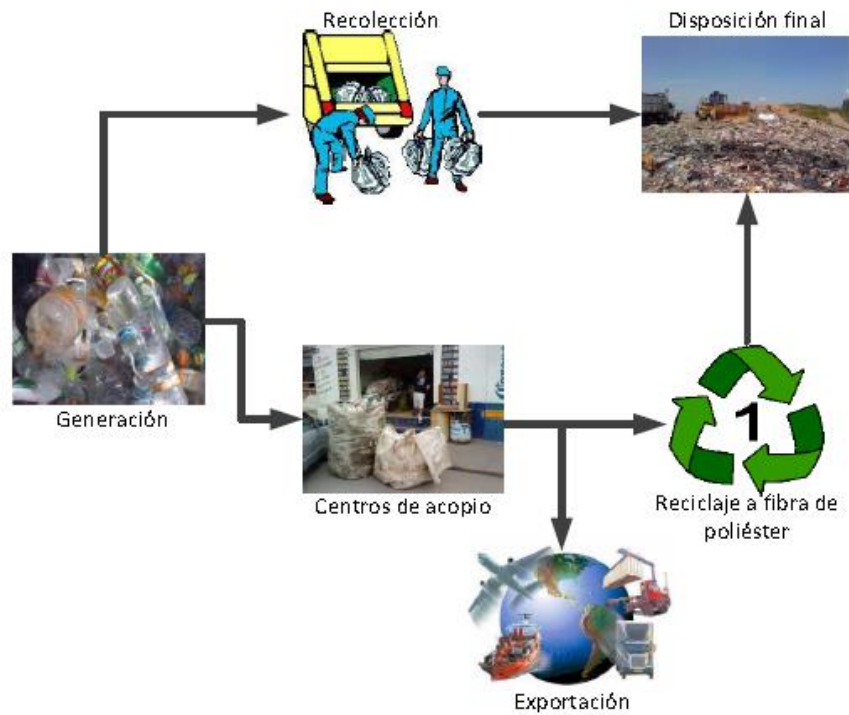


Figura 5. PASOS A SEGUIR DE LOS RSU

2.14 Generación

La generación de RSU abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional. La generación de RSU y su composición son función de la población, el nivel de vida, el grado de desarrollo económico, hábitos de consumo y los métodos de acondicionamiento de los mismos (SEMARNAT, 2012).



Figura 6. GENERACIÓN DE LOS PET

2.15 Almacenamiento

La calidad de operación de recolección y transporte de RSU depende de la forma adecuada del almacenamiento de los mismos. Por lo que un almacenamiento eficiente evita accidentes al personal del servicio de recolección y a la población, proliferación de fauna nociva, minimiza el impacto visual y olfativo, y facilita la recolección de los RSU (SEMARNAT, 2012).

El almacenamiento de los RSU se efectúa en diversos tipos de contenedores de diferentes formas, tamaños y capacidad los cuales deben ser adecuados para contener los RSU generados. Los contenedores deben ser principalmente de material resistente y de fácil manejo (Tchobanoglous, 1993).

2.16 Recolección

La recolección se puntualiza en la recogida de los residuos producidos y almacenados por las distintas fuentes de generación. Esta etapa es la parte medular del servicio de limpia y tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de los RSU de diferentes fuentes de generación y transportarlos a la siguiente etapa de la gestión de los RSU en forma eficiente y al menor costo (SEMARNAT, 2012).



Figura 7. RECOLECCIÓN DE LOS RSU

2.17 Transporte

El transporte se refiere a los medios, instalaciones y accesorios utilizados para efectuar el traslado de RSU desde un lugar a otro, generalmente más distante (. La infraestructura utilizada para esta etapa son camiones con compactación, sin compactación, de redilas, de volteo, principalmente, dependiendo de las características del municipio y del presupuesto asignado (Tchobanoglous, 1993).



Figura 8. TRANSPORTE DE LOS RSU

2.18 Transferencia

La transferencia está representada por el conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el transbordo de los RSU mediante gravedad o equipos mecanizados de los vehículos recolectores a vehículos de gran capacidad (mayor a 25 m³), para transportarlos a la siguiente etapa de la gestión de los RSU. La transferencia normalmente tiene lugar en las estaciones de transferencia (Instituto Nacional de Ecología, 2008).

2.19 Tratamiento

El tratamiento consiste en la transformación física, química, térmica o biológica de los RSU y su objetivo es que los materiales de mayor valor agregado contenidos en los RSU sean reutilizados para el mismo fin para el cual fueron hechos o bien fines diferentes (Tchobanoglous, 1993).

2.20 Reciclaje

El Gobierno Federal (2007), define al reciclaje como la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos, teniendo como cimientos la conservación o ahorro de energía,

conservación o ahorro de recursos naturales, disminución del volumen de residuos que hay que eliminar y la protección del medio ambiente.

2.21 Disposición final

La disposición es la última etapa de la Gestión de los RSU, y la NOM-083-SEMARNAT-2003 la define como la acción de depositar permanentemente los RSU en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos. Generalmente los RSU son dispuestos en rellenos sanitarios, sitios controlados y tiraderos a cielo abierto como las barrancas.

En base a la NOM-SEMARNAT-2003, la construcción de sitios de disposición final se basa en la cantidad de residuos sólidos urbanos o de **manejo especial** que ingresan en el sitio, por toneladas.

Restricción para la ubicación del sitio.

Distancias mínimas aeródromos de servicio público o aeropuerto.

13.00 kilómetros a distancia menores se requiere un estudio de riesgo aviario.

No se deben ubicar en áreas naturales protegidas distancias mínimas a localidades mayores de 2,500 habitantes.

500 metros a partir del límite de la traza urbana, este valor tiene que ser considerado también para los contemplados en el plan de desarrollo urbano.

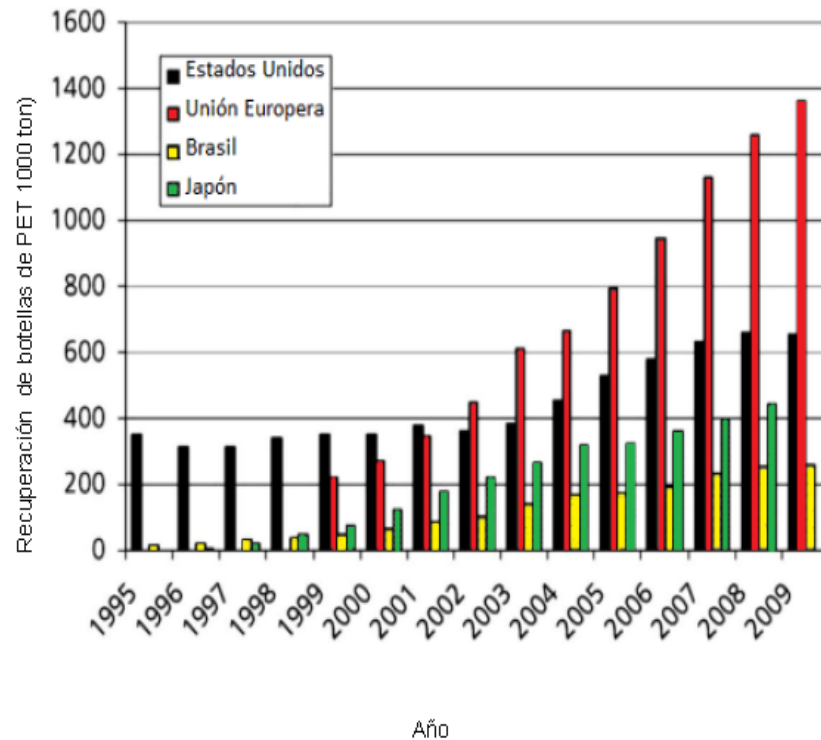
No se debe ubicar en zonas de: marisma, pantanos, y similares, ni en zonas arqueológicas, ni en fallas, cavernas, fracturas geológicas, entre otros.

No se debe de ubicar en sitios donde hay movimientos de suelo ni en zonas de grandes asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno.

2.22 Reciclaje de botellas de PET

Actualmente a nivel mundial existen diferentes tecnologías de reciclaje de las botellas de PET. Algunas de ellas empezaron a desarrollarse a partir de 1970; *i)* reciclaje mecánico, *ii)* reciclaje secundario, *iii)* reciclaje químico y *iv)*

aprovechamiento energético. Cada tecnología depende de diversos factores, como limpieza y homogeneidad de las botellas, valor agregado y la aplicación final (Firas y Dumitro, 2005; Welle, 2011).



Grafica 4. BOTELLAS RECUPERADAS POR PAÍSES DEL MUNDO

En la gráfica 4 se muestra las toneladas de botellas de PET recuperadas por distintos países del mundo para su posterior aprovechamiento. La tendencia del gráfico muestra que año tras año la cantidad de botellas de PET recuperadas aumenta (Welle, 2011).

2.23 Tipos de reciclajes

2.23.1 Reciclaje primario

También llamado reciclaje mecánico, es la técnica más utilizada y consiste en la trituración y lavado de las botellas para producir hojuelas en distintas calidades

dependiendo el tipo de lavado, y son destinadas a la producción de diversos materiales (exceptuando materiales que estén en contacto con alimentos). Adicional a lo anterior, se puede incluir una fundición de las botellas y producir pellets (Assadi *et al.*, 2004; Ávila y Duarte, 2003; Donnini *et al.*, 2010).

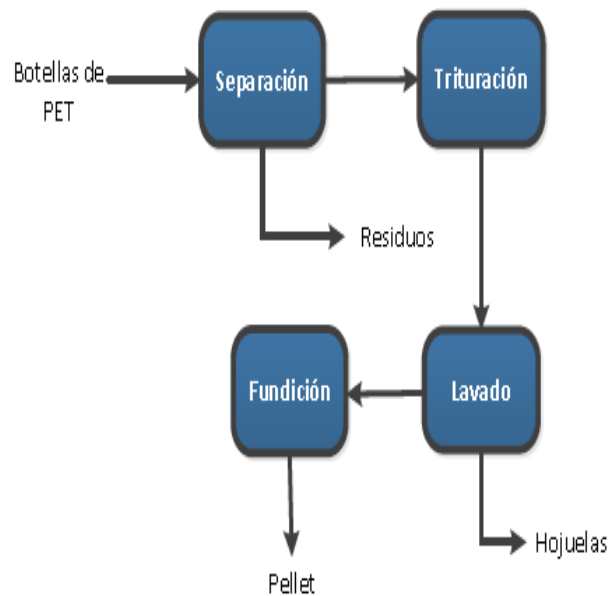


FIGURA 9. RECICLAJE MECÁNICO

La separación se realiza a partir de sistemas automatizados y manuales en dos diferentes niveles:

Macro: Se realiza sobre el producto usando el reconocimiento óptico del color o de la forma.

Micro. Se realiza por propiedad física específica como el tamaño, peso y densidad

La trituración consiste en la reducción del volumen de las botellas de PET. Esta reducción se lleva a cabo dividiendo o fraccionando las botellas por medios mecánicos hasta el tamaño deseado (*Brooks Giles, 2002*).

Generalmente las botellas de PET suelen estar contaminadas con residuos orgánicos, residuos peligrosos, papel, piedras, polvo, pegamento, entre otros materiales, por lo cual se realiza un lavado con agua a temperaturas cercanas a los 80°C y temperatura ambiente y en algunos de los casos dependiendo de calidad obtenida por los lavados con agua se aplica un lavado con NaOH como detergente (*Brooks Giles, 2002*).

Por medio de diferencia de densidades los contaminantes (tapas y etiquetas) del proceso son removidos mediante centrifugación. Finalmente el producto final son hojuelas de PET limpias.

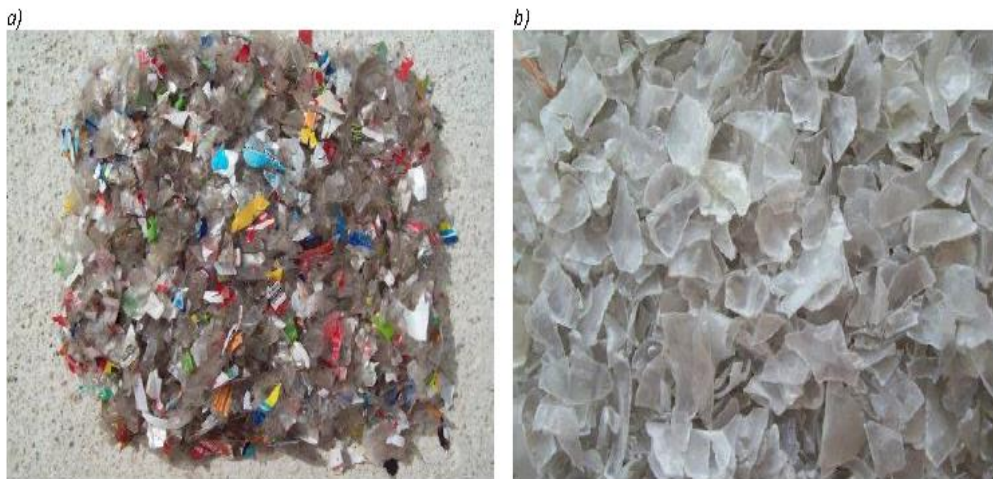


Figura 10. PRODUCTO FINAL

En la Figura 10 se presenta hojuelas de PET limpias y sucias que son producidas por el reciclaje mecánico de las botellas de PET. Las hojuelas limpias pueden ser vendidas o también pueden convertirse en pellets, para esto, las hojuelas son fundidas y el producto se pasa a través de un tubo para tomar la forma de espagueti y que al enfriarse en un baño de agua es cortado en pedacitos llamados pellets como lo muestra la Figura 10(*Brooks Giles, 2002*).



Figura 11. PELLETS

El reciclado mecánico, en comparación con las demás tecnologías de reciclaje es el más económico, pero con la limitante de producir un producto final de menor calidad para un mercado más reducido con un mayor volumen de rechazos (Donnini *et al.*, 2010).

2.23.2 Reciclaje secundario

Esta tecnología convierte al plástico PET en artículos con propiedades que son inferiores a las del polímero original. La mezcla de plásticos, incluyendo tapas, etiquetas de papel, polvo, entre otros, son molidos y fundidos todos juntos en un extrusor. Los plásticos pasan por un tubo con una gran abertura hacia un baño con agua y posteriormente son cortados a distintas longitudes dependiendo de las especificaciones del cliente (Fortelný *et al.*, 2004).

2.23.3 Reciclaje terciario

También llamado reciclado químico es llevado a cabo por la total despolimerización en monómeros de las hojuelas para producir nuevamente resina de PET, previamente es realizado un reciclado mecánico. Las rupturas de este polímero se realizan principalmente por hidrólisis, metanólisis y glicólisis en reactores a temperaturas de hasta 300 °C y 11 MPa (Yang *et al.*, 2002). La desventaja principal de esta tecnología de reciclado son altos costos asociados. Sin embargo, el producto final es una resina de PET con la calidad necesaria para volver a producir botellas u otro contenedor para almacenar alimentos (Barboza *et al.*, 2009).

Figura del reciclado químico se encuentra plasmado en la Figura 12. El reciclado químico se facilita con el empleo de botellas de PET transparente, ya que sin pigmentos tiene mayor valor y mayor variedad de usos en el mercado (Abdelaal *et al.*, 2011).

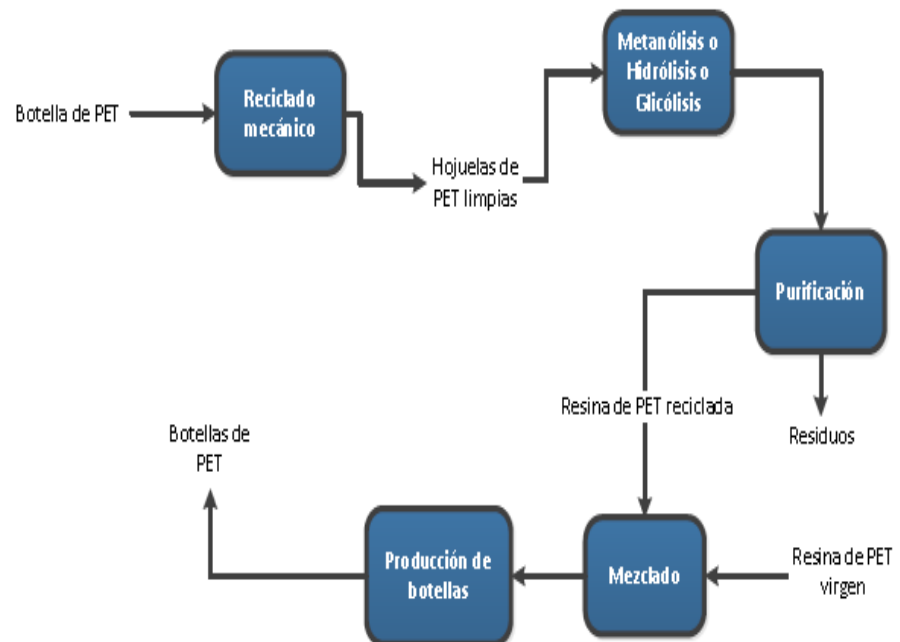


Figura 12. RECICLADO QUÍMICO

La parte central del reciclaje químico es la “lisis” que acompañado de un proceso de purificación a presiones y temperaturas controladas logra eliminar los contaminantes presentes en las hojuelas. En la Figura 11 se observa que el producto final obtenido en la purificación (resina de PET reciclada) es mezclado con productos vírgenes en una relación de % en peso de 20% resina reciclada y 80% resina virgen, lo anterior para que la calidad de la botellas no sea modificada en comparación con la producción de botellas con únicamente producto vírgenes (Brooks y Giles, 2002).

En el país sólo se existe una empresa que se utiliza el reciclado químico para la producción de botellas para contener alimentos (agua y refrescos), “Petsart” que se encuentra ubicada en la ciudad de Toluca dentro del Estado de México. Esta empresa produce y abastece de botellas para contener productos de “cocacola”, “gatorade”, “jarritos”, “gerber”, entre otros (García, 2012).

2.23.4 Reciclaje cuaternario

Denominado también aprovechamiento energético. El PET es un polímero que no contiene halógenos, azufre, o nitrógeno, por lo cual, su combustión produce sólo dióxido de carbono y agua con desprendimiento de energía, ya que en su estructura básica, el PET está compuesto de carbono, hidrógeno y oxígeno y puede utilizarse eficazmente como sustituto de los combustibles fósiles en la producción de energía dado que su poder calorífico corresponde a 23.04 MJ/kg (Chilton *et al.*, 2010).

El aprovechamiento energético de las botellas de PET constituye una opción digna de tenerse en cuenta, ya que contribuye a un ahorro de fuentes de energía no renovables (Colmer y Gallardo, 2007). Su inconveniente es que si su combustión no se lleva adecuadamente se pueden generar dioxinas y furanos causantes de afectaciones negativas al ambiente y a la población.

En México, solo el sector privado, como “cemex”, utiliza las botellas de PET en mezcla con la fracción inorgánica de los RSU (materiales con poder calorífico de consideración como papel, cartón, plásticos, entre otros), para sustituir a combustibles fósiles, y el calor generado por la incineración de los RSU, lo utilizan como combustible alternativo dentro del proceso de producción de cemento. Algunas de las ciudades que utilizan el aprovechamiento energético de las botellas de PET junto con la fracción inorgánica de los RSU para la producción de energía eléctrica por medio de la incineración son Londres capital de Inglaterra y Reino Unido, y Napoli en Italia (Colmer y Gallardo, 2007).

2.24 Aplicaciones de las botellas de PET recicladas

En 2007, a nivel mundial se recuperaron aproximadamente 4.5 millones de toneladas de botellas de PET para posteriormente ser recicladas (Shen *et al.*, 2010). A continuación se enlistan algunas de las aplicaciones de las botellas de PET recicladas.

Fibra poliéster

Combustible alternativo

Madera plástica

Envases de productos no alimenticios

Lamina

Flejes

Monofilamentos

Productos industriales

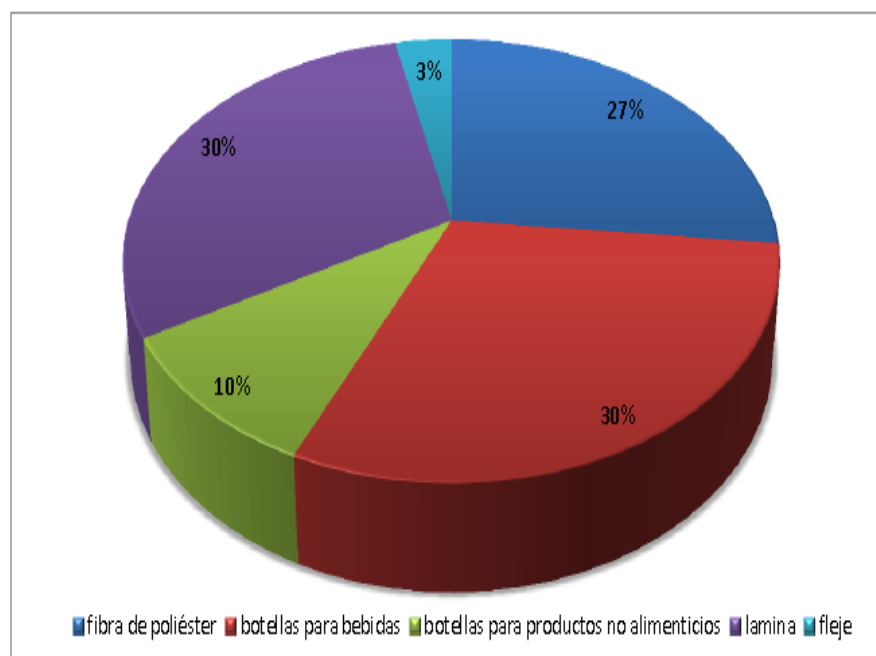
Carcasas de TV, radio y electrodomésticos

Cajas de CD

Piezas de equipos de audio.

Durante el año 2011, en México se generaron 716,000 toneladas de botellas de PET como RSU (lo anterior, considerando que el 100% de las botellas producidas corresponden a las botellas generados como RSU), de las cuales, el 39% se recuperó para su aprovechamiento, por lo que se estima que el restante 61% se encuentran dispuestas en algún lugar adecuada o inadecuadamente (García, 2012).

De las 283,000 toneladas de botellas de PET que lograron recuperarse, el 39.2% fueron exportadas principalmente a Estados Unidos, China, Sudamérica y el restante 60.8% fueron transformadas principalmente en botellas, flejes, laminas y fibra de poliéster dentro del territorio nacional.



Grafica 5. DISPOSICIÓN FINAL DEL PET RECICLADO

Los porcentajes presentados en la Gráfica 5 corresponden a la producción de 32,000 toneladas de fibra de poliéster; 36,000 toneladas de botellas para contener productos alimenticios; 12,000 toneladas para la producción de botellas para contener productos no alimenticios; 36,000 toneladas de lámina; y 4,000 toneladas

de flejes. Todo lo anterior a partir del reciclaje de 172,000 toneladas botellas de PET (García, 2012).

2.25 Reciclaje según (ecoce Ecología y Compromiso Empresarial)

Fuente disponible en (www.ecoce.org.mx 2012).

ECOCE, A.C. es una asociación civil sin fines de lucro fundada en 2002, cuyos objetivos son ambientales y administra un fondo creado por las empresas asociadas, con el cual opera el Primer Plan Nacional Voluntario de Manejo (ACOPIO) de los Residuos de Envases de PET de las empresas envasadoras agremiadas y que representan el 60% de los usuarios(www.ecoce.org.mx 2012).

De acuerdo a Ecología y Compromiso Empresarial, A.C. (ECOCE;A.C.) a nivel nacional durante el 2011 se consumieron 770 mil toneladas de plástico PET de las cuales se recuperaron 300 mil toneladas que equivalen al 38.9% del total recuperado a nivel nacional.

En el momento en que se creó ECOCE, hace diez años, fue necesario evaluar todos los sistemas existentes y tratar de adaptarlos a las circunstancias de nuestro país en cuanto a clima, hábitos, educación, infraestructura, entre otras, para determinar cuál podía ser la opción más viable para desarrollar y llevar acabo la recuperación de residuos de envases.

ECOCE tomó como base principal el sistema de gestión de residuos de Europa llamado ECO EMBALAJES, una asociación civil sin fines de lucro cuya misión es el diseño y desarrollo de sistemas encaminados a la recolección selectiva, recuperación de envases usados y sus residuos, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de los objetivos de reducción, reciclaje y valoración definidos en la norma del Parlamento Europeo sobre envases y residuos de envases.

ECOCE y sus asociados, empresas internacionalmente reconocidas, mantienen su política como instituciones socialmente responsables gracias a las acciones que realizan a través de la asociación, para generar productos sustentables que

contribuyan al servicio de la comunidad, así como a la promoción, conservación y cuidado del medio ambiente en México, particularmente en la gestión de residuos sólidos.

Para contribuir a la educación ambiental de la sociedad mexicana, en ECOCE se llevan a cabo una serie de campañas anuales de comunicación cuyo fin es crear conciencia ambiental y fomentar las acciones que contribuyan al reciclaje y la correcta separación de los residuos.

A través de las campañas se ha buscado convocar a la población a responsabilizarse del manejo correcto de los residuos sólidos, resaltar el carácter ecológico de los envases de PET, así como informarlos sobre las consecuencias de depositar incorrectamente los desechos. Estos esfuerzos de comunicación se han traducido en acciones reales gracias a la participación conjunta de la industria, los medios y la sociedad. Las campañas han estado presentes en distintos medios de comunicación, tanto tradicionales (televisión abierta nacional y local, cine, radio, prensa, espectaculares)

2.26 Programa de acopio social

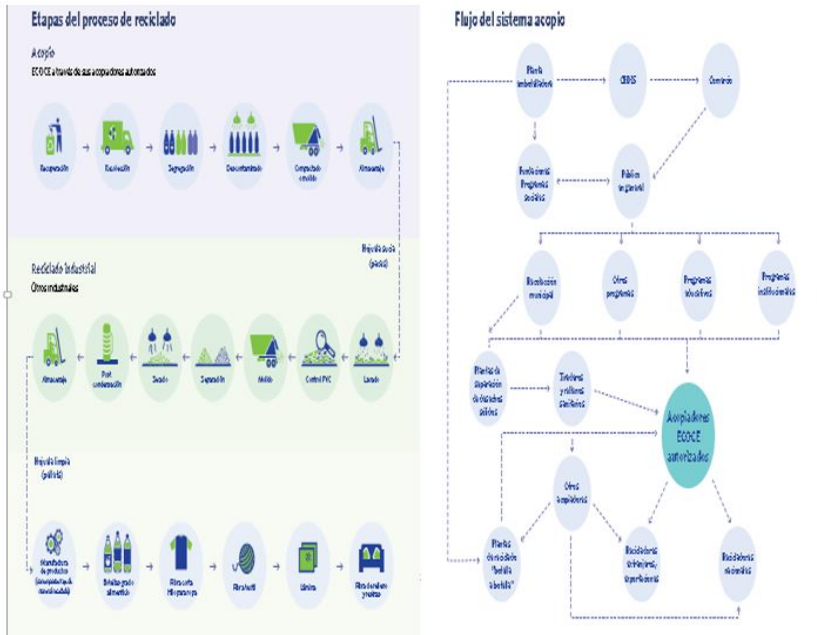
Existe el Programa de Acopio Social, en el cual se intercambian los envases de PET por productos de la despensa básica. Este programa se ha implementado en algunas comunidades de los estados de Tlaxcala y Puebla. Algunos beneficios que se obtienen al poner en práctica este programa son:

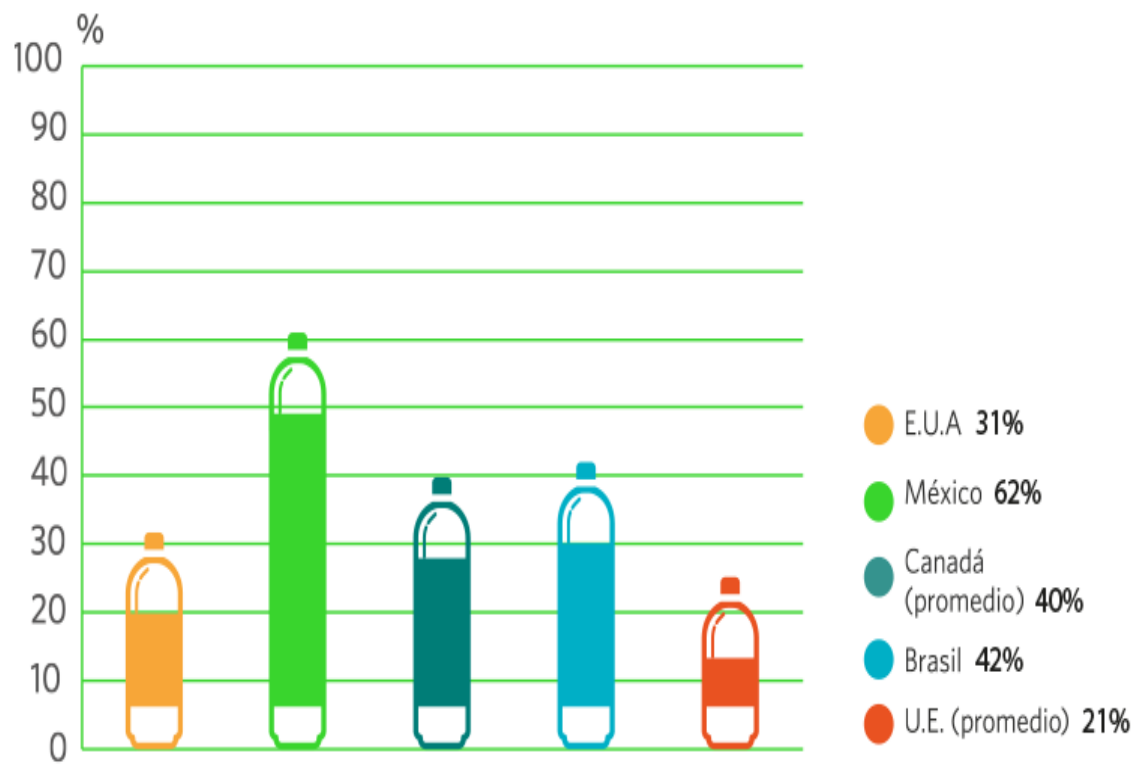
1. Genera autoempleo.
2. Recupera material reciclable a cambio de un apoyo económico.
3. Ahorra espacio y costos en la disposición Final de residuos.
4. Promueve la colaboración entre gobierno, sector público y privado.

5. Fomenta una cultura de cuidado ambiental.

6. Permite ahorro de espacio y costos en la disposición final de residuos.

Este programa se lleva a cabo en los Centros Móviles, donde se intercambian los residuos por despensas y los Centros Fijos de Canje, que requieren mayor infraestructura. Para el manejo de ambos se capacitó a la población sobre la correcta separación de los residuos sólidos y sus características.





Grafica 6. MÉXICO LÍDER EN RECICLAJE

II. CONCLUSIÓN

En la presente conclusión como ya se ha hablado del tema, pues si bien sabemos el problema que estamos teniendo por la contaminación que nos está generando el pet en los ecosistemas y en la sociedad, además de generar mal aspecto cuando van a parar a calles y coladeras. Por eso es necesario y urgente establecer en todos los países del mundo estrategias y políticas que reduzcan al máximo el acumulamiento y contaminación del medio ambiente, por materiales del pet desechados así como evitar su disposición final como basura mediante su valorización como nueva materia prima reciclada. Con esta se reducirá su creciente volumen y se generaran oportunidades de negocios y empleos. En México se generan 40 millones de toneladas cada año de RSU siendo los plásticos los que sobresalen en su mayoría con mayor cantidad debemos de tener mucho en cuenta los seres humanos y la sociedad en tomar conciencia de los recursos naturales porque día a día se agota y su entorno nos favorece para no contraer enfermedades que nos dañen con los gases tóxicos que se generan al fabricar estos materiales, que se han convertido de nuestra vida cotidiana al llegar con su objetivo del gran impacto que nos está provocando el mal uso que le damos a los plásticos, porque no debemos de tirar en el suelo optemos mejor por reusar o reciclar esos materiales que se pueden reciclar al 100%, hoy en día mucha gente depende de este negocio, personas de bajos recursos que se dedican a la pepena, pero no toda la basura es recuperada ya que la mayoría van a parar a barrancos o tiraderos clandestinos, cuando ahí no se le puede dar un buen manejo lo que provoca es una gran liberación de gases tóxicos, cuando una botella de plástico puede durar hasta 500 años dependiendo del material que se allá echo, haciendo daño a los microorganismos que se encuentran en la tierra, evitemos esto. Es responsabilidad de nosotros sociedad y autoridades.

IV BIBLIOGRAFÍA

Castells X. E. y Cadavid C. (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Cataluña, España: Ediciones Díaz de santos, 72-148.

CFE. (2012). *Comisión Federal de Electricidad*. Recuperado el 13 de Octubre de 2012, de <http://www.cfe.gob.mx>

Cherubini F. y Bargili S. (2009). Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration. *Energy*, 2116-2123.

Chiltom T., Burnley S. y Nesaratnam S. (2010). A life cycle assessment of the closed-loop recycling and thermal recovery of post-consumer PET. *Resources, Conservation and Recycling*, 1241-1249.

Coelho T., Castro R., y Gabbo Jr. J. (2011). PET containers in Brazil: Opportunities and challenges of a logistics model for post-consumer waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 291–299.

Colmer Mendoza F. y Gallardo Izquierdo, A. (2007). *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos*. Valencia: De la UPV, 182-254.

den Boer J. y Jager J. (2007). LCA-IWM: A decision support tool for sustainability assessment of waste management systems. *Waste Management*, 1032–1045.

Deng Y. y Englehardt J. (2006). Treatment of landfill leachate by Fenton process. *ScienceDirect*, 3683-3694.

Donnini Mancini S., Saide Schuwartzman J. A. y Rodriguez Noriega, A. (2010). Additional steps in mechanical recycling of PET. *Journal of Cleaner Production*, 92–100.

Durán Moreno A. y Garcés Rodríguez M. (2012). Características y análisis de composición de los residuos sólidos de la Ciudad de México. *Contaminación ambiental*, 39-46.

El portal de los barcos. (2010). *El portal de los barcos*. Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de www.elportaldelosbarcos.com

Emma Kolmy C., Azzaro C. y Hubert A. (2012). Multiobjective waste management optimization strategy coupling life cycle assessment and genetic algorithms: Application to PET bottles. *Resources, Conservation and Recycling*, 66-81.

Encarnación Aguilar, Guillermo (19 de Marzo de 2013). Entrevista con el Subdirector de Investigación sobre el Manejo Integral de Residuos del INECC. (Jiménez Ocampo, Ulises, Entrevistador).

Enríquez García, Franco (20 de Septiembre de 2012). Entrevista con el subsecretario de la secretaría de Obras Públicas de Ecatepec de Morelos. (Jiménez Ocampo, Ulises, Entrevistador)

Federal Office for the Environment. (2011). *Environmental Impacts of Swiss Consumption and Production. A combination of input - output analysis with life cycle assessment*. Bern: Swiss Confederation.

Firas A. y Dumitro P. (2005). Recycling of PET. *European Polymer Journal*, 1453–1477.

Flores Cobián, G. (30 de Septiembre de 2012). Entrevista con el gerente de planta de TdR. (Jiménez Ocampo, Ulises, Entrevistador).

Fortelný I., Michálkova D. y Krulis Z. (2004). An efficient method of material recycling of municipal plastic waste. *Polymer Degradation and Stability*, 975–979.

G.D.F. (2002). *El PET y su situación actual en el Distrito Federal*. México: Secretaría del medio ambiente, 5-13.

García Pantigozo J. (2009). *Planta de reciclado para producción de hojuelas de PET*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 32-38.

García, Santiago (8 de Julio de 2012). Entrevista con Ing. Santiago García, gerente general de APREPET. (Jiménez Ocampo, Ulises, Entrevistador)

Giles G. y Bain D. (2001). *Technology of Plastic Packaging for the Consumer Market*. Londres: Sheffield Academic Press.

Gobierno Federal. (2002). *NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes*. México: SEMARNAT, 18-20.

Gobierno Federal. (2007). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México: Diario Oficial de la Federación 19 de Junio.

Güereca Hernández L. P. (2006). *Desarrollo de una metodología para la valoración en el Análisis del Ciclo de Vida aplicada a la Gestión Integral de los Residuos Municipales*. Tesis de doctorado.

Universidad Politécnica de Cataluña, 91-153.

Gutiérrez Galicia F. (2008). *Análisis del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos en el Centro Histórico de Morelia, aplicando Sistemas de Información Geográfica*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 62-84.

INEGI. (2012). *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado el 13 de Mayo de 2012, de www.inegi.org.mx

Institute for Environment and Sustainability. (2010). *ILCD Handbook. International reference Life Cycle Data System. General guide for Life Cycle Assessment*. Luxembourg: European Union, 29-304.

Instituto Brasileño de Administración Municipal. (2006). *Manual de Gestión Integral de Residuos*

Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y el Caribe. Brasil, 50-253.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación. (2008). *NMX-SSA-14040-IMNC-2008. Gestión Ambiental - Análisis del Ciclo de Vida - Principios y Marco de Referencia*. México., 7-18.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación. (2008). *NMX-SSA-14044-IMNC-2008. Gestión Ambiental - Análisis del Ciclo de Vida - Requisitos y Directrices*. México, 7-35.

Instituto Nacional de Ecología. (2008). *Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos en Áreas Urbanas*. México: INE, 25-63.

Intini F. y Kuhtz S. (2011). Recycling in buildings: an LCA case study of a thermal insulation panel made of polyester fiber, recycled from post-consumer PET bottles. *International Journal Life Cycle Assessment*, 306-315.

Iriarte A. y Gabarrell X. (2009). LCA of selective waste collection systems in dense urban areas. *Waste Management*, 903-914.

Kumar R. y Ramjeeawon T. (2013). Comparative life cycle assessment and social life cycle assessment of used polyethylene terephthalate (PET) bottles in Mauritius. *International Journal Life Cycle Assessment* , 155–171.

López Fonseca R. y Gutiérrez Ortiz J. (2010). Chemical recycling of post-consumer PET wastes by glycolysis in the presence of metal salts. *Polymer Degradation and Stability*, 1022–1028.

Madival S. y Auras R. (2009). Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS clamshell containers using LCA methodology. *Journal of Cleaner Production*, 1183-119.

Madrid Meneses, A. (2011). *Estimacion de costos para plantas de proceso tomando cómo base una planta de polietileno de baja densidad*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 16-49.

McDougall F., White P., Franke M. e Hindle P. (2002). *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*. UK: Blackwell Publishing, 85-370.

Morton-Jones. (1993). *Procesamiento de plásticos: inyección, moldeo, hule, PVC*. México: Limusa, 44-85.

Nakatani J. y Fujii M. (2010). Life-cycle assessment of domestic and transboundary recycling of post consumer PET bottles. *International Journal Cycle Assess*, 590-597.

Olabis O. (1997). *Handbook of thermoplastics*. New York: Marcel Dekker, 31-75.

Organización Panamericana de la Salud /Organización Mundial de la Salud. (2010). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2012, de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/analisis/mexico/mexico.html>

Parra J., Ania C., Arenillas A. y Rubiera F. (2004). High value carbon materials from PET recycling. *Applied Surface Science*, 304–308.

Poeschl M., Ward S. y Owende P. (2012). Environmental impacts of biogas deployment-Part I: life cycle inventory for evaluation of production process emissions to air. *Journal of Cleaner Production*, 168-183.

PRé. (2012). *PRé sustainability*. Recuperado el 10 de Octubre de 2012, de <http://www.pre-sustainability.com>

Rigamonti L. y Grosso M. (2009). Influence of assumptions about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems. *International Journal Life Cycle Assessment*, 411-419.

Rives J. y Rieradevall J. (2010). LCA comparison of container systems in municipal solid waste management. *Waste Management*, 949–957.

Saldívar Ríos R. (2004). *Análisis técnico para la localización de incineradores en estaciones de transferencia de la Ciudad de México*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 74-81.

SCT. (2004). *Rendimientos combustible para vehículos, maquinaria y equipo de conservación*. Recuperado el 4 de Abril de 2013, de http://www.capufe.gob.mx/normateca/normas/77_Bases_para_la_Administracion_del_Parque_de_Maquinaria_a_cargo_de_CAPUFE_dic_05/Anexo05.pdf

SEDESOL. (1997). *Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales*. México, 25-143.

SEDESOL. (2006). *Manual para el Diseño de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos Municipales*. México, 9-27.

SEDESOL. (2012). *Secretaría de Desarrollo Social*. Recuperado el 6 de Julio de 2012, de

<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=15&mun=033>

SEDESOL. (2012). *Unidad de Microrregiones*. Recuperado el 13 de Junio de 2012, de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/indRezSocial.aspx?ent=15&mun=033>

SEMARNAT. (2011). *Curso Gestión Integral de Residuos Sólidos y Residuos de Manejo Especial*. Recuperado el 18 de Enero de 2011, de www.semarnat.gob.mx

SEMARNAT. (2012). *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos naturales*. Recuperado el 31 de Julio de 2013, de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/index.html

SEMARNAT. (2013). *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 31 de Julio de 2013, de

http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RSM01_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce

SENER. (2012). *Secretaría de Energía*. Recuperado el 22 de Octubre de 2012, de http://www.sener.gob.mx/res/Acerca_de/ListaCombustiblesConsideranIdentificarUsuariosPac.pdf

SENER. (2012). *Secretaría de Energía*. Recuperado el 5 de Actubre de 2012, de http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_694_a2_tablas_y_figura?page=2

Society of Environmental Toxicology and Chemistry. (2012). *SETAC*. Recuperado el 26 de Abril de 2012, de <http://www.setac.org/>

Tchobanoglous G. y Theisen H. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. California: McGraw-Hill, 43-878.

Viana M., Carvalho G. y Riul A. (2011). Chemical recycling of PET by catalyzed glycolysis: Kinetics of the heterogeneous reaction. *Chemical Engineering Journal*, 210–219.

http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia_residuos.pdf

<http://www.conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf>

“El origen de los plásticos y su impacto en el ambiente” Universidad Metropolitana Nacional. “Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias” Universidad Veracruzana.