El Colegio de la Frontera Sur

Université de Sherbrooke

Manejo de Residuos Sólidos Municipales en Belice, Canadá y México: Una perspectiva informativa

TESINA

presentada como requisito parcial para optar al grado de Maestría Profesionalizante en Ecología Internacional

por

Tatiana Deyanira Gómez Villalpando

2016

Agradecimientos

“Yo saco la basura a la calle envuelta con papel y cuidado. Quedan allí mezcladas, las sobras de la vida, cáscaras del tiempo y recortes del alma.”

Jorge Calvetti

Gracias a Dios, energía multiradial que se manifiesta de diferentes formas y texturas para mi enriquecimiento espiritual, en el ámbito académico y personal.

Gracias al apoyo otorgado de CONACYT. Gracias a ECOSUR y a la Université de Sherbrooke por todo el aprendizaje que he adquirido de todos sus catedráticos.

Gracias a la Dra. Birgit, sus comentarios y retribuciones siempre pertinentes me ayudaron al desarrollo de ésta tesina.

Gracias al Dr. Antonio, sus observaciones y opiniones enriquecieron sustancialmente el perfeccionamiento de ésta tesina.

Gracias a todas las personas que viajaron conmigo en esta aventura, algunos más cerca de mí físicamente que otros, pero todos en mis pensamientos. He aprendido mucho de cada uno y tomo lo mejor de lo vivido.

Gracias a mi familia, sobre todo a mis padres, mis pilares. Mi mamá, mi mayor fuente de inspiración. Mi papá, un hombre increíblemente valiente ante la vida. Mis hermanos, mis tías, mi Liyita… en fin, todos, todos.

Resumen

La desmesurada producción e inadecuada gestión de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) se ha vuelto una problemática a nivel mundial. Provocando contaminación y degradación del ambiente, tanto terrestre como marino, y problemas de salud. Son múltiples los factores que determinan la generación y el volumen excesivo de los RSM. De ahí la importancia de una gestión integral de los RSM, enfocando las acciones en la reducción y en patrones de consumo responsable. No obstante, existen diferencias en el manejo de los RSM entre las naciones. Los países más industrializados, por ejemplo, consumen más recursos y energía pero también tienen tasas más elevadas de reciclaje y un mayor control en la disposición final de los RSM, mientras que las economías emergentes consumen menos recursos pero reciclan solo una pequeña parte (o a veces nada) de los RSM y por lo general, la disposición final no es la adecuada.

A través de un análisis descriptivo, el lector conocerá la gestión pública de los RSM en Belice, Canadá y México. Se presenta la clasificación y los principales flujos de producción de los RSM, así como los costos de manejo. Mediante un ejercicio comparativo entre los tres países, resulta que México genera más RSM al año, sin embargo cada canadiense produce más RSM al día. Canadá lleva un adecuado manejo de los RSM debido a un marco normativo pertinente y acuerdos con las empresas para el reciclado de los RSM. En general, se recalca con énfasis que reducir y promover hábitos de consumo responsable son acciones sumamente importantes para evitar cantidades exorbitantes de RSM. Ya que una gestión integral de los RSM evita un despilfarro de recursos energéticos y económicos, sobretodo de los materiales 100% reciclables, como es el caso de los plásticos.

Palabras clave: Residuos Sólidos Municipales, problemática, generación, gestión, reducción

Résumé

La production excessive et la mauvaise gestion des Déchets Solides Municipaux (DSM) est devenu une problématique mondiale. Elle implique la pollution et la dégradation de l'environnement tel que les milieux terrestres et marines ainsi que des problèmes de santé. Il existe de nombreux facteurs qui déterminent la génération d'un volume excessif de DSM, d'où l'importance de la gestion intégrée des DSM en mettant l'accent sur des actions de réduction et des modes de consommation responsables. Cependant, il existe des différences dans la gestion DSM entre les nations. Les pays industrialisés, par exemple, consomment plus de ressources et d'énergie, mais ont aussi des taux plus élevés de recyclage et un meilleur contrôle de l'élimination finale des DSM, tandis que les économies émergentes recyclent une petite partie (ou parfois rien) des DSM et habituellement, l'élimination finale ne convient pas.

Grâce à une analyse d'information, le lecteur en apprendra sur la gestion publique des DSM au Belize, au Canada et au Mexique. La classification, les principaux flux des DSM et les coûts de gestion sont également présentés. Du à un exercice comparatif entre les trois pays, le Mexique génère plus de DSM par année mais chaque canadien produit plus de DSM par jour. Le Canada a une bonne gestion des DSM en raison des lois et règlements et en raison des accords avec des entreprises pour le recyclage des DSM. Dans l'ensemble, il est souligné avec insistance que réduire et faire la promotion des habitudes de consommation responsables sont des éléments très importants pour éviter des quantités exorbitantes de DSM. Ainsi, la gestion intégrée des DSM évite un gaspillage des ressources énergétiques et économiques, particulièrement des matériaux 100% recyclables, tels que les plastiques.

Mots clés: Déchets Solides Municipaux, problématique, génération, gestion, réduire

Tabla de contenido

Agradecimientos ii

Resumen iii

Résumé iii

Lista de figuras vi

Lista de tablas vii

Glosario vii

Lista de abreviaciones y acrónimos ix

Introducción 1

Capítulo 1. Marco conceptual sobre los Residuos Sólidos Municipales (RSM) 10

1.1 Definición 11

1.2 Clasificación 15

1.3 Generación 16

1.4 Problemática 19

1.5 Gestión 21

Capítulo 2. Residuos Sólidos Municipales en los países de referencia 25

2.1 Belice 25

2.2 Canadá 30

2.3 México 37

Capítulo 3. Marco Normativo 44

3.1 Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales (ISWM) 44

3.2 Economía Circular (CE) 47

Capítulo 4. Posibles soluciones para la adecuada gestión de los RSM 51

4. 1 Educación ambiental 51

4.2 Bioplásticos 53

Conclusiones 59

Anexo 1. Diagrama gráfico de los RSM 68

Anexo 2. Matriz comparativa sobre los RSM en Belice, Canadá y México 69

Referencias 74

Lista de figuras

Figura 1. Clasificación de los RSM 16

Figura 2. Factores de generación de RSM 17

Figura 3. Jerarquía de la gestión de los RSM 24

Figura 4. Clasificación de los RSM en Belice 26

Figura 5. Clasificación de los RSM en Canadá 31

Figura 6. Clasificación de los RSM en México 38

Figura 7. Tasas de generación de los RSM en Belice, Canadá y México 43

Figura 8. Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales 46

Figura 9. Ciclos de la Economía Circular 49

Lista de tablas

Tabla 1. Generación de los RSM en Belice 28

Tabla 2. Código de identificación de resinas 32

Tabla 3. Generación de los RSM en Canadá 34

Tabla 4. Generación de los RSM en México 40

Glosario

Residuos Sólidos Municipales	Materiales sólidos no peligrosos descartados diariamente por las actividades de consumo que realizan las personas principalmente que residen en las áreas urbanas, (sin descartar las áreas rurales) siendo las casas-habitación el principal origen de producción. Contemplando los sectores comercial e industrial como otros orígenes de generación.
Manejo Integral de los RSM	Involucra desde el barrido de los RSM hasta la adecuada disposición final, incluyendo la colección (fuente de origen), al tratamiento o

	reciclaje de los materiales. Promoviendo la jerarquía de gestión de los RSM.
Jerarquía de Gestión de los RSM	Modelo de prevención de la utilización de materias primas para hacer nuevos productos, seguido de la minimización del uso de las mismas. El reuso de los materiales y el reciclado, junto con la recuperación de la energía, son los procesos siguientes. Para finalmente, dejar como opción la dispoción final hacia el relleno sanitario y sitios controlados.
Economía Circular	Incorporación de los RSM como nuevos insumos en los procesos industriales, reduciéndose el volumen de los desechos. Teniendo dos ciclos: el reciclado y la conversión de energía de los RSM.

Lista de abreviaciones y acrónimos

AIDIS	Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BSWMA	Secretaría de Gestión de los Residuos Sólidos de Belice
CCME	Cónsul Canadiense del Medio Ambiente
CSO	Oficina de Estadísticas de Belice
CE	Economía Circular
EC	Secretaría del Medio Ambiente de Canadá
EPA	Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de América
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ISP	Sociedad de la Industria del Plástico
ISWA	Asociación Internacional de los Desperdicios Sólidos
ISWM	Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

OPS	Organización Panamericana de la Salud
RSM	Residuos Sólidos Municipales
SC	Oficina de Estadísticas de Canadá
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
UN	Organización de las Naciones Unidas
UNEP	Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas
UNPD	Programa de Población de las Naciones Unidas
WB	Banco Mundial
WHO	Organización Mundial de la Salud

Introducción

Todos ya sabemos que existe un deterioro de los sistemas naturales: los bosques tienden a desaparecer cada vez más rápido debido a fuertes presiones antropogénicas por el cambio del uso de suelo, así como el deterioro de la capa de ozono y el incremento de gases de efecto invernadero, además de la contaminación del agua y aire que se presenta cada vez a niveles mayores, entre otros fenómenos, incluyendo el incremento de los volúmenes de los residuos generados. No obstante, en la naturaleza, en esencia no hay desechos porque los que un organismo expulsa se vuelven nutrientes para otros, según el principio de sostenibilidad (Miller, 2007). Por el contrario, la humanidad produce grandes cantidades de desechos que no se utilizan y que contaminan el ambiente (Boada & Toledo, 2003; Gilpin, 2003; Craig *et al.* 2007; Miller, 2007; Ellis & Ramankutty, 2008).

Como resultado de las diferentes actividades productivas que desarrollan las sociedades, se generan una serie de residuos sólidos, líquidos y/o gaseosos. Los cuales pueden tener efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana si no se realiza una gestión adecuada (Craig *et al.* 2007). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) señala que los residuos se suelen clasificar en residuos peligrosos y residuos no peligrosos (UNEP, 2013). Según Val (2004) una categoría principal de los residuos son los desechos sólidos. Para el Banco Mundial (WB) los desechos sólidos se dividen en dos tipos: residuos sólidos municipales y desechos tóxicos municipales (WB, 2012). Esta investigación exploratoria abarcará los residuos sólidos municipales (RSM), que

dentro de la clasificación de UNEP son residuos no peligrosos. Los RSM son los objetos descartados por los humanos que residen en casas-habitación principalmente de las áreas urbanas, en términos muy generales. Una definición más amplia se encuentra en el primer capítulo. Los flujos de los RSM se pueden clasificar resaltando sus propiedades tangibles, por ejemplo: materiales orgánicos, papel y cartón, plásticos, vidrio, metales y otros que no entran en ninguna de éstas categorías. Y estos a su vez, se pueden subdividir conforme a sus características químicas, como por ejemplo, el caso de las resinas de los plásticos.

La cantidad generada de RSM a nivel mundial supera los 5 millones t/día, según el *Global Waste Generation Clock* de la Asociación Internacional de los Desperdicios Sólidos (ISWA); señalando en su base de datos, empezando a contar desde el 1^0 de mayo del 2012 hasta la fecha, que la generación total de RSM es mayor a 7,080,239,900 toneladas. Lo que significa que cada persona genera de 3 a 4 veces de su peso en kg de RSM, resultando una tasa promedio per cápita de 271.7 kg/año (ISWA, 2013). El Banco Mundial señala que 1.3 billones de toneladas de RSM son producidos cada año, siento la tasa per cápita diaria de 1.2 kg (WB, 2012). Para el 2025 se estima un volumen de 2.2 billones de toneladas de RSM, y una tasa de generación de residuos per cápita de 1.42 kg/día (WB, 2012). Particularmente, un estudio realizado en el 2010 por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) sobre los RSM en 21 países de América Latina y el Caribe (incluidos Belice y México) declara que la generación per cápita de RSM es de 0.93 kg/persona/día,

generando un total de 436,000 toneladas al día, en esta región del mundo (BID-AIDIS-OPS, 2010). Para Canadá, el Cónsul Canadiense del Medio Ambiente (CCME) señala que la generación per cápita de RSM es de 2.13 kg/persona/día (CCME, 2014). Las estimaciones son diferentes dependiendo los países, incluso entre algunas regiones entre ellos y/o ciudades o municipios (WB, 2012).

Por otro lado, los flujos de generación de los RSM a nivel mundial principalmente se derivan del material orgánico, 45.34%, 16.26% proviene de papel y cartón, 10.47% de plástico, 3.78% de vidrio, 3.48% metales y otros RSM representando 20.66% (ISWA, 2013). En términos generales, 30% de los RSM no se colectan, 49% tienen como disposición final los rellenos sanitarios o sitios diseñados para su confinamiento, 13.3% es reusado, reciclado o recuperado y 7.7% es convertido en energía (ISWA, 2013). Países como Suecia y Reino Unido son líderes en reciclar y convertir energía a partir de los RSM.

El inadecuado manejo de los RSM produce problemas tanto en la salud de la población como en los sistemas naturales (Boada & Toledo, 2003; Craig *et al.* 2007; Miller, 2007; Opara, 2008; Steffen *et al.* 2011). Los cuales pueden generar gases de efecto invernadero, contaminación de los suelos y cuerpos de agua, además de la proliferación de fauna nociva y la transmisión de enfermedades (BID-AIDIS-OPS, 2010). En los desechos, se reconoce que existen agentes nocivos que podrían ser causales de determinadas infecciones a la salud de las personas, aunque la falta de estudios epidemiológicos no ha permitido corroborarlo directamente (BID-AIDIS-OPS, 2010). La fracción orgánica genera descomposición y desprendimiento de gases y olores. Los residuos desprenden

lixiviados (sustancias que contaminan el suelo y por ende, los mantos freáticos). Todo esto provoca la reducción de la productividad natural de los ecosistemas alrededor de ellos (Steffen *et al.* 2011).

La contaminación en tierra ocasionada por el inadecuado manejo de los RSM ha generado otro problema o medio de dispersión de la disposición final de los RSM, tratándose de la contaminación física de los océanos (*garbage patch*). El UNEP declaró que los residuos sólidos en el océano son un problema ambiental emergente (UNEP, 2011; UNEP, 2014). Este tema es derivado, específicamente por la presencia de plástico en el mar. Investigaciones muestran que el plástico en el mar, está afectando la ecología de los mismos (Barnes *et al.* 2009; Cole *et al*. 2011; Kershaw *et al.* 2011; van Cauwenberghe & Janssen, 2014; Eerkes-Medrano *et al*. 2015; Gall & Thompson, 2015; Jambeck *et al.* 2015; Santos *et al.* 2015). Actualmente, más de 5 billones de piezas de plástico están flotando en los océanos (van Sebille *et al*. 2015). Los mismos autores también declaran que al menos 40,000 toneladas de plástico son dispersadas en los océanos cada semana por la inadecuada gestión de los RSM. Se cree que aproximadamente 28 millones de toneladas de plásticos terminaron en los océanos en el año 2012 (Phys, 2013). Sin embargo, el plástico en pequeñas fracciones es tema de debates de importancia científica. Según investigaciones de Laist (1997), Derraik (2002), Macfadyen *et al.* (2009), Young *et al.* (2009), Jacobsen *et al.* (2010) y Hammer *et al.* (2012) al menos 250 diferentes especies de animales han sufrido el consumo de plásticos en su organismo (al confundirlos con alimentos); incluyendo 86% de todas las especies de las tortugas, 44% de todas las

especies de las aves marinas y 43% de los mamíferos marinos. Lo que es más alarmante de estas cifras, es que las fracciones más pequeñas de plástico están siendo ingeridas por el fitoplancton (Mato *et al.* 2001).

A éstos pedazos del material señalado anteriormente, los llaman microplásticos (partículas de plástico menor a 5 milímetros de diámetro) (Arthur *et al.* 2009; Cole *et al.* 2011; van Cauwenberghe & Janssen, 2014; Eerkes-Medrano *et al.* 2015; Lusher *et al.* 2015; van Sebille *et al.* 2015). Si el fitoplancton y los animales marinos están "comiendo" los microplásticos, éstos están presentes ya en su torrente sanguíneo y quizás permanecerán trazas de tóxicos en su organismo. Y si en la cadena trófica de alimentación del humano, como fuente de proteína, están estos animales, entonces el hombre también está consumiendo plástico (Cole *et al.* 2011; van Cauwenberghe & Janssen, 2014; Gall & Thompson, 2015; Santos *et al.* 2015). Todavía es debatible este argumento, debido a la falta de estudios epidemiológicos (UNEP, 2014). Incluso según dos estudios recientes, la contaminación por los microplásticos ya ha se mostrado hasta las regiones árticas (Obbard *et al.* 2014; Lusher *et al.* 2015).

Según investigaciones de Strasser (2000), Bernache *et al.* (2001), Boada & Toledo, (2003), Gilpin (2003), Craig *et al. (*2007) y Bauman (2010) hablar de causas de la generación de los RSM, se debe a la visión de desarrollo económico y la industrialización de los procesos, así como a la globalización y a la apertura de mercados; los cuales han sido factores claves a nivel macro para la producción excesiva de los RSM. Igualmente, a nivel micro, los patrones de consumo y el aumento del poder adquisitivo son factores influyentes, concluyen

los autores. Todo esto, aunado al incremento de la población y al aumento de la tasa de urbanización de los países.

A esta problemática, surge una idea en común para el manejo de los RSM, a nivel de los procesos productivos industriales, particularmente de la producción del plástico y otros materiales 100% reciclables, llamándola Economía Circular (CE). La CE propone la incorporación de los RSM como nuevos insumos en los procesos industriales, reduciéndose el volumen de los desechos. Abarcando el reciclado y la conversión de energía de los RSM (UNEP-ISWA, 2015). Esto podría ser aspecto sumamente importante para una visión holística e integral del manejo de los RSM. Por ende, de materias primas y ahorro de recursos, tanto materiales como energéticos (Craig *et al.* 2007; Opara, 2008; UNEP-ISWA, 2015).

Referente a la estrategia de investigación de esta tesina, consistió en realizar una búsqueda analítica utilizando el método conocido como meta-análisis. Esta técnica de investigación cuantitativa integra de manera estructural, sistemática y estadísticamente, la información obtenida en diferentes estudios sobre un problema determinado (Céspedes, 1995; Aronson *et al.* 2010). A partir de artículos publicados en una base de datos (principalmente *Scopus* y *ScienceDirect*), así como de publicaciones de organizaciones internacionales (ISWA, UNEP, WB, entre otras) y documentos oficiales de los gobiernos de Belice, Canadá y México, se analizó el manejo de los RSM a nivel global, haciendo énfasis en particular en los países previamente citados. La búsqueda de información tuvo una duración de aproximadamente 6 meses, de noviembre del 2015 a abril 2016. Las preguntas de investigación fueron las siguientes: ¿Qué son los residuos sólidos municipales?,

¿Por qué es menester la gestión de los mismos?, ¿Qué costos y beneficios tiene su manejo integral?, ¿Cómo influye el marco normativo para la correcta gestión de los residuos sólidos municipales?, ¿Cuáles son las posibles soluciones para controlar su generación? y ¿Qué innovaciones presenta la ingeniería para la fabricación de plásticos menos dañinos al medio ambiente?

Son cuatro capítulos que integran esta tesina. En el capítulo 1 (Marco conceptual sobre los Residuos Sólidos Municipales) se presenta el tema focal, es decir, la definición, clasificación y generación de los RSM en un contexto general. La problemática y la gestión relativa a éstos también se incluyen en él. En el capítulo 2 (Residuos Sólidos Municipales en los países de referencia) trata sobre la clasificación, la composición y la generación de los RSM, así como de datos sobre la colecta y la disposición final de los RSM en Belice, Canadá y México. Además del costo del manejo de los RSM. Asimismo se señalan algunas de las reglamentaciones diseñadas para los RSM. En el capítulo 3 (Marco normativo) presenta como las acciones legales son la base para una adecuada gestión de RSM. Se analiza el tema del Manejo Integral de los RSM y de la Economía Circular. Por último, el capítulo 4 (Posibles soluciones para la adecuada gestión) abarca aspectos importantes para la posible reducción de los RSM. Educar y concientizar a la población sobre la problemática de los RSM y cómo puede ser importante actuar personalmente y localmente para evitar la generación excesiva de los RSM. El otro aspecto relevante en este apartado, es referente a las innovaciones en la industria de los plásticos. Y como anexos finales se realizó un diagrama de ideas sobre los RSM y una matriz comparativa de los diferentes

aspectos vistos sobre los RSM en Belice, Canadá y México. El análisis de la matriz es parte de las conclusiones.

Desde mi punto de vista, vivimos en sociedades de plástico y de un consumo excesivamente superfluo y banal. La mayoría de los productos comprados o adquiridos presentan una envoltura de este material. El tema de la adecuada gestión de los residuos sólidos siempre ha sido de mí interés, en especial el tema de los plásticos, y ésta fue una de las razones para que me haya inclinado a una formación ambiental, es decir Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Sé que todo tiene una relación con la naturaleza, y muchas veces esa correspondencia es negativa. La sobreexplotación de los recursos naturales tiende a ser excesiva. Por otro lado, he escogido aparte de mí país, México, Belice y Canadá porque son los países en los cuales he visto personalmente la gestión de los residuos sólidos municipales, además de que han sido lugares en los que la Maestría en Ecología Internacional ha tenido vínculos directos.

Por otro lado, se podría plantear a la Economía Circular como clave para procesos productivos eficientes, promoviendo el reciclaje de materiales, como el vidrio y el metal. No obstante, la ingeniería ambiental es relativamente muy joven en países de Latinoamérica. México, al igual que otros países del mundo, incluido Belice, enfrenta grandes retos para la gestión integral de los RSM. Sin embargo, la tónica de mi tesina es, en términos generales, optimista; se sostiene que el correcto manejo de los RSM puede ser alcanzable y que es posible educar y concientizar a todos los actores involucrados (gobierno, empresas, escuelas, sociedad civil)

sobre la problemática de los RSM. Asimismo, esto se puede lograr con la puesta en marcha de leyes y normativas ambientales para su buena gestión.

Objetivo General

Analizar la gestión pública del manejo de los residuos sólidos municipales (RSM) en Belice, Canadá y México, así como realizar un cuadro comparativo entre los tres países.

Objetivos Particulares

Conocer acerca de la generación de los residuos sólidos municipales y su disposición final en Belice, Canadá y México.

Conocer las diferentes leyes en el sector del manejo de residuos sólidos municipales en Belice, Canadá y México.

Evaluar la educación ambiental (3 R's) en los tres países referente a los residuos sólidos municipales como posible solución a su manejo.

Conocer acerca de los bioplásticos como una fuente alternativa de plástico.

Capítulo 1. Marco conceptual sobre los Residuos Sólidos Municipales (RSM)

En este primer capítulo trataré el contexto general de los RSM, además de la definición, los flujos de clasificación y la generación de los mismos. Posteriormente señalo la problemática de los RSM y a la postre su gestión. Aunque éste último aspecto, se analiza a más detalle en el capítulo 3.

Vivimos en una era de constante cambio social y evolución tecnológica. Nuestros patrones de consumo tienen una relación directamente proporcional con el impacto causado al medio ambiente y los procesos planetarios (Craig *et al.* 2007; Rockström & Karlberg, 2010). Es por eso, que se entra a una nueva fase de tiempo, el Antropoceno (Rockström & Karlberg, 2010; Steffen *et al.* 2015). Se denomina así, debido a la más intensa demanda de recursos naturales que la humanidad haya experimentado jamás (Rockström & Karlberg, 2010). Esto aunado a la mayor explosión demográfica registrada, según reportes del Programa de Población de las Naciones Unidas (UNPD) (2007) y el Banco Mundial (WB) (2012). Además al aumento sin precedentes de la transformación de materias primas e industrialización de las mismas, ocasionando un consumo de productos y bienes a gran escala, y en muchos casos, produciendo un derroche de recursos (Boada & Toledo, 2003; Craig *et al.* 2007). Todo esto produciendo alteraciones en los ecosistemas, cambiando su estructura, composición y funcionamiento original (Ellis & Ramankutty, 2008). Aparte de estos cambios, la humanidad está generando desechos que están modificando las características del ambiente, según el *Worldwatch Institute* (WI) (2013).

Actualmente, más de la mitad de la población radica en zonas urbanas y la tasa de urbanización está creciendo cada vez más. La tasa de urbanización para el año 2012 fue de 49% (UNPD, 2007; WB, 2012). Según la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2012) se espera, para el año 2050, que la población rebase los 9,000 millones de personas. Utilizando modelos matemáticos y proyecciones, la tasa de urbanización será del 70% (UNPD, 2007; FAO, 2012). Esta acentuación de población se notará drásticamente en los países en vía de desarrollo (UNPD, 2007; FAO, 2012; WI, 2013).

El incremento de la población y por consecuente el aumento de la tasa de urbanización, demandarán más bienes y servicios en las zonas urbanas (FAO, 2012; WB, 2012). Esto significará simbólicamente un incremento en los residuos desechados, comúnmente llamados basura. Además de esto, no hay que descartar de que los hábitos de consumo y el aumento del poder adquisitivo de las personas son también parámetros a considerar cuando se conceptualiza la generación de residuos (Strasser, 2000; Boada & Toledo, 2003; Bauman, 2010). Según el UNEP los residuos se suelen clasificar en residuos peligrosos y residuos no peligrosos (UNEP, 2013). Según Val (2004) una categoría principal de los residuos son los desechos sólidos. Los desechos sólidos se dividen en dos tipos: residuos sólidos municipales y desechos tóxicos municipales (WB, 2012).

1.1 Definición

Para saber a qué se refiere un residuo sólido municipal (RSM), empezaré con la definición por separado de cada una de sus palabras, para después proponer la definición usada en este trabajo. Esto es para clarificar un poco su significado.

“Residuo” es aquel material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación. “Sólido” se refiere a la cohesión de las moléculas de un cuerpo, manteniendo constante su forma y volumen. Mientras que la palabra “Municipal” es relativa a un territorio, es decir a un municipio. Estas definiciones fueron tomadas del Diccionario de la Real Academia Española (DRAE, 2015). Por ejemplo, “Desecho sólido” es definido como cualquier material no deseado o descartado que no es líquido ni gas (Palnitkar, 2002). Para Opara (2008) “Desechos sólidos” son residuos orgánicos e inorgánicos derivados de las actividades que la humanidad realiza y de los cuales pierden su valor de primer uso.

No obstante, hay muchas definiciones sobre el término “Residuos Sólidos Municipales”. Éstas varían conforme a los contextos entre jurisdicciones internaciones, instituciones y países, e incluso ciudades (WB, 2001). Según el UNEP e ISWA no es realista sugerir una sola definición global de los RSM, ésta tiene que ser clara y aplicada consistentemente entre cada país (UNEP-ISWA, 2015). A veces se incluyen los escombros de construcción y demolición y otros residuos especiales que pueden entrar en el flujo de residuos urbanos. En general, se excluyen los residuos peligrosos (UNEP, 2013). Los residuos sólidos municipales son desechos sólidos que se producen cada día proviniendo principalmente de las casas habitación; otros orígenes son las escuelas, oficinas, empresas e instituciones públicas (WB, 2001; ISWA, 2013). Para algunos autores, la mayoría de los RSM provienen de las casas habitación (aproximadamente entre un 60 y 70%) (Ramachandra, 2006; Nadi *et al.* 2009). Los RSM son una mezcla

heterogénea de diferentes tipos de materiales desechados no peligrosos generados de diversas fuentes, incluyendo algunos residuos derivados de la agricultura y procesos industriales (principalmente envases, embalajes, contenedores y cajas de cartón o plástico) (WB, 2001). El UNEP (2013) señala que los RSM son todos los residuos sólidos generados en un área, excepto los desechos industriales y agrícolas. La Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de América (EPA) considera los hospitales como otra fuente de generación de los RSM (EPA, 2015), siendo la mayoría de éstos en su naturaleza no peligrosos, ya que incluyen cartón o plástico de cajas de embalaje. Particularmente a la gestión de los residuos hospitalarios**,** la Organización Mundial de la Salud (WHO) ha elaborado una guía detallada sobre la gestión de los mismos, abarcando etapas como de prevención, generación y manejo (UNEP, 2013).

Los RSM son restos de los productos que se consumen, contenedores, muebles, ropa, botellas, restos de comida, periódicos, pinturas y baterías (EPA, 2015). La legislación ni de Belice, ni de Canadá, ni de México incluyen los hospitales como fuente generadora de los mismos. No obstante, BID-AIDIS-OPS (2010) define a los RSM, como desechos sólidos provenientes de las actividades propias de los núcleos poblacionales en general, que incluyan los residuos de origen domiciliario, comercial, de servicios, institucional, de mercados, hospitalarios comunes o no peligrosos, los generados en las oficinas de las industrias, en el barrido y limpieza de calles y áreas públicas, en podas de plantas de calles, plazas y jardines públicos.

Para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Banco Mundial (WB) es importante mencionar que el término de los residuos sólidos municipales está ligado al estilo de vida de los residentes que viven en las áreas urbanas (ciudades) (WB, 2012; SEMARNAT, 2013). Para André & Cerdá (2004) los RSM son los desechos generados por las actividades propias de las ciudades. Explicando que las zonas rurales tienden a producir menores cantidades de residuos sólidos por dos razones, en éstas áreas los habitantes no consumen de la misma manera productos y bienes que los residentes de las zonas urbanas, y porque la cantidad de población es menor, por lo que la generación de RSM es menor (André & Cerdá, 2004; WB, 2012). Además de que el poder adquisitivo disminuye en las zonas rurales, las personas no adquieren tantos productos con empaque de plástico y algunos reutilizan los residuos sólidos (WB, 2012). No obstante, hay una dilema de connotación del concepto de los RSM en áreas rurales (WB, 2012; ISWA, 2013; UNEP-ISWA, 2015). Por ejemplo, generalmente, en América Latina los avances en materia de rellenos sanitarios se han localizado principalmente en las grandes ciudades (SEMARNAT, 2009) y México no es la excepción. Cuando se analiza la disposición adecuada de los residuos por tipo de localidad, en las zonas urbanas casi 90% de los residuos se dispone en rellenos sanitarios y sitios controlados, mientras que en las localidades rurales o semiurbanas esta cifra es de tan sólo del 9.6% (SEMARNAT, 2009).

Entonces la definición de los RSM que se propone para este trabajo es la siguiente: materiales sólidos no peligrosos descartados diariamente por las actividades de consumo que realizan las personas principalmente que viven en las

áreas urbanas, (sin descartar las áreas rurales) siendo las casas-habitación el principal origen de producción. Sin embargo, otros orígenes de producción de los RSM son los sectores comercial e industrial.

1.2 Clasificación

Al igual que la definición de los RSM, la clasificación de los mismos varía de igual manera. Según el WB (2001), los RSM se dividen en dos categorías principales: los combustibles y los no combustibles. Los primeros abarcan papel/cartón, plástico, caucho/cuero, restos de comida y finalmente madera; mientras que los segundos son principalmente vidrio y metales. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2013) tiene también su propia clasificación sobre la composición de los RSM, siendo las siguientes categorías: restos de comida, papel/cartón, madera, textiles, caucho/cuero, plástico, metales, vidrio y otros. El ISWA (2013) señala que su clasificación de referencia de los RSM es un tanto parecida a la anterior. Ya que los flujos, en términos generales, son material orgánico, plásticos, papel y cartón, vidrio, metales y otros RSM.

Distintos autores apuestan por la clasificación más simple de los RSM, orgánicos e inorgánicos (Tchobanoglous & Kreith, 2007; Nadi *et al.* 2009). Ramachandra (2006) postula que la clasificación de los RSM es manejada como desechos orgánicos y materiales aptos para el reciclaje. Craig *et al.* (2007) muestran que la clasificación típica de los RSM en los Estados Unidos de América está relacionada al tipo de material descartado: papel/cartón, vidrio, metales, plásticos, madera, restos de comida/podas de césped y otros. Según el Cónsul Canadiense del Medio Ambiente (CCME) (2014), los RSM incluyen residuos orgánicos, desechos

reciclables, y residuos materiales de casas e industrias, comercios e instituciones, así como los materiales generados por el sector de la construcción, y actividades de renovación y demolición. Para ésta institución, los RSM generalmente no son peligrosos en su naturaleza.

Es así, que en resumen, se postula que los RSM se pueden clasificar dependiendo de la fuente generadora, del tipo de material, de la composición química y de su respectiva producción (Figura 1). Particularmente para los países señalados en ésta investigación, es decir Belice, Canadá y México, la clasificación se tomó de instituciones gubernamentales del propio país.

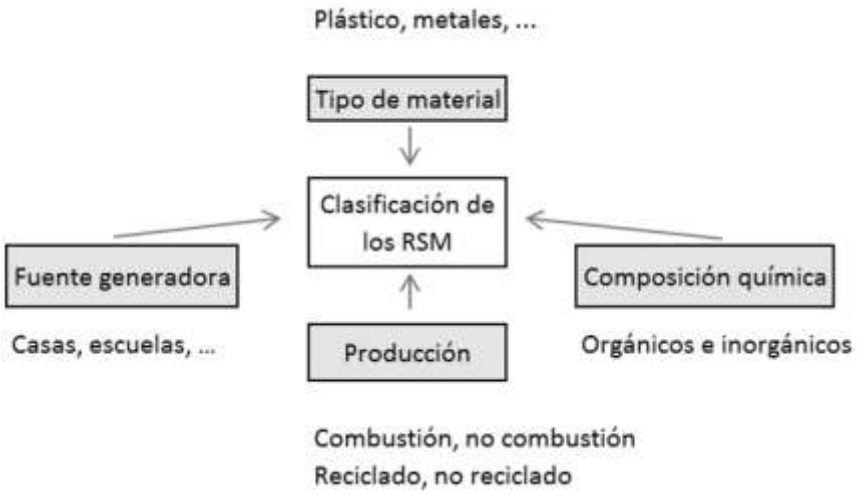


Figura 1. Clasificación de los RSM

Elaboración propia basada en WB (2001), Ramachandra (2006), Tchobanoglous & Kreith, (2007), Craig *et al*. (2007), Nadi *et al.* (2009), IPCC (2013) y CCME (2014).

1.3 Generación

La producción excesiva de residuos es un síntoma de la ineficiencia de los procesos productivos, de la escasa durabilidad de los productos y de hábitos de

consumo insostenibles (Bernache *et al.* 2001). Jordan & Simioni (1998) expresaron que la cantidad de residuos generados es, por tanto, un indicador del grado de ineficacia de la utilización de las materias primas y los productos que la sociedad utiliza. La humanidad está confrontada desde varias décadas con un aumento considerable de la cantidad de residuos producidos y también de su nocividad. Esta tendencia está ligada al aumento del estándar de vida y de los modelos de consumo**.** La constante generación de residuos es claramente una característica irrefutable de las sociedades industrializadas (Boada & Toledo, 2003), como lo es en ésta revisión el caso de Canadá y ciertamente algunas regiones de México. Otras investigaciones argumentan lo mismo, como la de Bauman (2010), la cual destaca la cultura de consumo, haciendo alusión a la modernidad junto con el sistema capitalista y el proceso general de globalización de las economías. La figura 2 ejemplifica los factores antes mencionados que hacen que se generen en demasía los RSM.

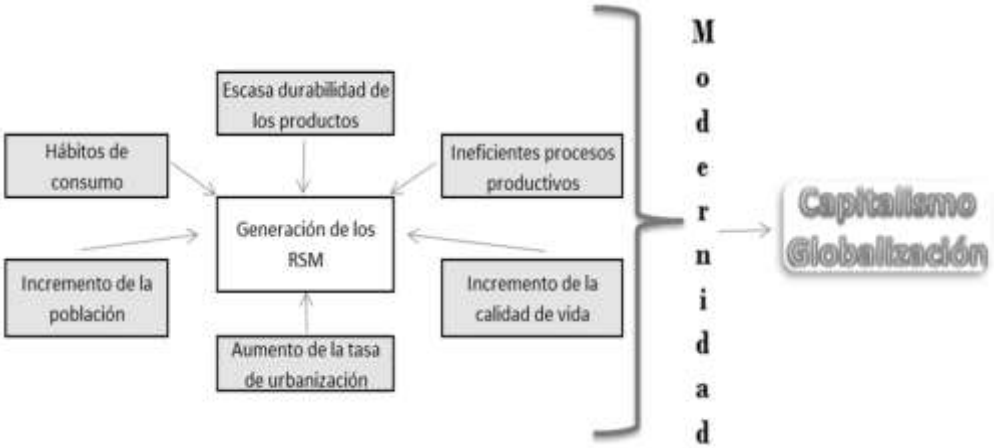


Figura 2. Factores de generación de RSM

Elaboración propia basada en Jordan & Simioni (1998), Bernache *et al.* (2001), Boada & Toledo (2003) y Bauman (2010).

Este consumismo promueve un modelo de vida “desechable”, que genera en sí residuos con casi nulas posibilidades para promover y realizar el reciclaje (Strasser, 2000). Sin embargo, la mayoría de los residuos desechados en las sociedades industrializadas contiene mucho material reutilizable o reprocesable (Craig *et al.* 2007). Estos países que son lo que demandan más energía y recursos naturales, ya tienen una larga experiencia en la gestión que actualmente se lleva acabo sobre los RSM. Esto debido a la formulación de leyes y firmando tratados internaciones respecto a los RSM en la década de los 60’s (UNEP-ISWA, 2015), como es el caso de Canadá. En México, empezó desde los 90’s (SEMARNAT, 2009).

Referente a la estadística oficial de la generación de los RSM, la más reciente data del año 2013 y fue tomada del *Waste Atlas Report,* tomando en cuenta 162 países (Belice, Canadá y México incluidos) y cubriendo 97% de la población, señalando que la producción global de residuos sólidos municipales fue de 1.84 billones de toneladas (ISWA, 2013). Por otro lado, la tasa promedio de generación de residuos sólidos per cápita fue de 271.7 kg (ISWA, 2013). Otra investigación nombrada *“What a waste? A Global Review of Solid Waste Management”* editada por el Banco Mundial trata sobre la generación de los RSM a nivel mundial, tomando en cuenta 161 países, incluyendo Belice, Canadá y México de igual manera. Para el año 2012, 2,982 millones de personas residieron en áreas urbanas produciendo en promedio 1.19 kg/día de RSM por persona (WB, 2012). Por lo tanto, la producción total de RSM fue de 3,532,255 t/día (WB, 2012). Las estimaciones para el año 2025 son alarmantes. Siendo la cantidad de 4,287

millones de personas que habitarán en nichos urbanos, la tasa de generación de RSM per cápita será de 1.42 kg/día, alcanzando una cantidad total de RSM de 6,069,705 t/día para ese año (WB, 2012).

Sin embargo, hay notables diferencias entre algunos países. Por ejemplo, los países menos productores de residuos sólidos tienen el promedio de 76 kg por persona y los más generadores alcanzan hasta 2080 kg de producción de RSM por individuo (ISWA, 2013). Esto sigue una tendencia de mayor generación de los mismos, en el hemisferio norte que en el hemisferio sur (a excepción de Australia y Nueva Zelanda). Como lo cita Toledo (1998) en su libro Economía de la Biodiversidad, la civilización industrial del norte tiene elevados niveles de consumo que demanda estilos productivos de alta intensidad energética. Señalando que el poder adquisitivo y los hábitos de consumo condicionan los tipos y cantidades de residuos generados. Para esto, Wilson & Velis (2015) señalan que casi la mitad de los residuos sólidos municipales se generan en Europa, EUA, Canadá, Japón, Australia y Nueva Zelanda. No obstante, los países más generadores de RSM son China, EUA e India (ISWA, 2013).

1.4 Problemática

Existen razones para inquietarse por la cantidad de residuos sólidos que producimos de manera directa o indirecta. Una es por lo menos tres cuartas partes de ellos representan un desperdicio innecesario de recursos valiosos del planeta o son fuentes potenciales de energía, metales y otros materiales (Craig *et al.* 2007 y Miller, 2007). La otra es que al producir los sólidos que utilizamos y solemos descartar, se produce la contaminación del aire (incluyendo los gases del efecto

invernadero), contaminación del agua (por ejemplo, la presencia de RSM, particularmente de plásticos en aguas oceánicas y todos los problemas que ésta conlleva), degradación del suelo y muchos desechos sólidos y peligrosos (Miller, 2007). Las sociedades enfrentan el gran problema de la erosión de la capacidad de la tierra de la absorción de nuestros desechos (Steffen *et al.* 2011).

Por ejemplo, en el año 2010, el IPCC estimó que alrededor del 3% de los gases de efecto invernadero (principalmente metano) fueron producidos por los RSM. Los problemas de la inadecuada disposición final de los RSM son muy conocidos en la actualidad. Según UNEP-ISWA (2015) la incorrecta gestión de los RSM tiene impactos directamente negativos a la salud en las personas, siendo los infantes los más susceptibles; debido a que la inadecuada gestión de los RSM, genera focos de infección y vectores de virus (UNEP, 2014). Estos podrían ser desde el cólera, dengue y otras infecciones estomacales (UNEP-ISWA, 2015). Los residuos no recolectados o no dispuestos finalmente de una forma sanitariamente adecuada pueden ocasionar un aumento en el número de casos registrados de enfermedades como dengue, leptospirosis, distintos trastornos gastrointestinales, dificultades respiratorias e infecciones dérmicas, efectos que son amplificados cuando la población carece de servicios de saneamiento básicos (BID-AIDIS-OPS, 2010).

Otro aspecto de la incorrecta gestión de los RSM, es su disposición final. Según, Boada & Toledo (2003), usualmente en países de América Latina, son comunes los tiraderos a cielo abierto. La incineración llevada a cabo sin ningún control fue y en algunos países es la primer alternativa de la eliminación de los desechos

(Boada & Toledo, 2003). La incineración incontrolada de los RSM crea partículas contaminantes, como las dioxinas y furanos (BID-AIDIS-OPS, 2010; GAIA, 2013; UNEP, 2013). El contacto directo con estas sustancias puede estar relacionado con ciertos tipos de cáncer (CCME, 2014). Otro potencial daño de la incorrecta gestión, es por supuesto, la contaminación física. Ésta crea pérdidas en el turismo o daños a infraestructuras físicas (UNEP-ISWA, 2015). Al turismo, porque el entorno se vuelve menos atractivo (UNEP, 2013). Sin dejar de mencionar daños a la pesca, por no controlar la contaminación de los cuerpos de agua (UNEP, 2013). Por otro lado, la construcción de plantas de generación de energía por combustión de los RSM ha sido una alternativa ecológica que muchos países han tomado para el correcto manejo de los RSM (Craig *et al.* 2007).

1.5 Gestión

Los RSM se relacionan con la puesta en marcha de políticas públicas. Siendo una de las más principales y urgentes para agendar en los gobiernos de este siglo XXI (UN, 2015). Es una prioridad a escala nacional, debido a que una inadecuada gestión de los RSM se relaciona con problemas de salud y aspectos negativos ambientales (UNEP, 2014). Los gobiernos municipales tienen la responsabilidad de gestionar un sistema integral para la recolección y la disposición final de los mismos (ISWA, 2013). Y para esto es importante conocer la producción de los mismos en el presente, para así hacer estimaciones de cuánta será la cantidad de RSM en el futuro y poder tomar decisiones al respecto. La cantidad global de los RSM esperada para el 2025 será de 2.2 billones de t/año (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012; WB, 2012). El costo estimado del manejo de los RSM para éste mismo

año (2025) se prevé que sea de 375 billones de dólares, 175 billones más que el año 2010 (WB, 2012).

Por ejemplo, a nivel internacional la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible aborda temas sobre el manejo de los recursos naturales y de ecosistemas, la resiliencia y la sostenibilidad en 17 objetivos estratégicos y 159 metas relacionadas a cumplirlos (UN, 2015). Particularmente, el Objetivo 12 trata de modalidades de consumo y producción sostenibles. El cual tiene una meta, que señala:

> *"12.5 Para el 2030, disminuir de manera sustancial la generación de desechos mediante políticas de prevención, reducción, reciclaje y reutilización"* (UN, 2015, p. 26)

Esta gestión tiene que ir encaminada a la reducción de los mismos y logrando introducirlos de nuevo a la cadena de producción industrial (por lo tanto comercial), llamándola "Economía circular" (tratada ampliamente en el capítulo 3) (UNEP-ISWA, 2015). La estrategia de gestión de residuos configura una jerarquía de acciones que da la máxima prioridad a evitar la generación de los mismos, seguida de una reducción de residuos, para dar continuidad a la reutilización y el reciclado de materiales de desecho, la recuperación de energía y, en último lugar, a la eliminación final de los residuos (Miller, 2007).

Los desechos o residuos representan una pérdida enorme de recursos, tanto de materiales como energéticos (Craig *et al.* 2007; Opara, 2008). Promover el reciclado como industria rentable depende en gran parte de contar con un proceso

de recolección organizado que prevenga la contaminación cruzada entre los desperdicios para reducir los costos involucrados en su reutilización. El reciclado de materiales es muy variado; desde la simple reutilización de un objeto a complejos procesos de recuperación por medios físicos y químicos (Craig *et al.* 2007). No obstante, reducir los RSM antes de generar nuevos productos, debe ser una prioridad para las ciudades del siglo XXI, especialmente si se habla de la sustentabilidad (UN, 2015; UNEP-ISWA, 2015). Es posible y económicamente rentable concebir y convertir una sociedad en la que la mayor parte de los bienes duraderos fueran utilizados durante mucho más tiempo, para posteriormente descomponerlos en sus diversas partes, y recuperar las materias primas originales (Craig *et al.* 2007).

La figura 3 muestra la jerarquía propuesta de UNEP (2011; 2013) y UNEP-ISWA (2015) para la correcta gestión de los RSM en el siglo XXI. Ésta organización está basada en la prevención de la utilización de materias primas para hacer nuevos productos y seguido de la minimización del uso de las mismas. Posteriormente sigue el reuso de los materiales y el reciclado, junto con la recuperación de la energía. Para finalmente, dejar como opción el relleno sanitario y el manejo de los RSM a través de los sitios controlados.

Figura 3. Jerarquía de la gestión de los RSM

Elaboración propia basada en UNEP (2011; 2013) y UNEP-ISWA (2015).

Capítulo 2. Residuos Sólidos Municipales en los países de referencia

Este capítulo tratará sobre la clasificación, la composición y la generación de los RSM, también datos sobre la colecta y la disposición final de los RSM en Belice, Canadá y México. Asimismo se señalarán algunas de las reglamentaciones diseñadas para el manejo de los RSM en los tres países. A la postre, se muestra un cuadro comparativo de la generación de los RSM.

2.1 Belice

Según diversas fuentes como Young (2008), la Secretaría de Gestión de los Residuos Sólidos de Belice (BSWMA) (2011) y la Oficina de Estadísticas de Belice (CSO) (2012) Belice enfrenta un gran problema respecto al manejo de sus RSM. Reportes del Banco Interamericano de Desarrollo (IADB) (2011) y el BSWMA (2011), existen 3 tipos de fuentes de origen de la generación de RSM llamándolos: residuos domésticos o basura residencial producida por las actividades de consumo de las casas-habitación; desechos comerciales, provenientes de actividades del sector comercial (en general negocios, incluido el turismo) y otros residuos provenientes de instituciones y escuelas. La mayoría de los RSM son producidos por los habitantes que residen en las áreas urbanas y provienen de las casas-habitación (BSWMA, 2011). La clasificación de los RSM se divide de manera simple en “RSM Orgánicos” y “RSM Inorgánicos” (BSWMA, 2011). Los primeros se subdividen a su vez en materiales biodegradables, y otros materiales. Los segundos se subdividen en: papel, plástico, vidrio, metales, materiales peligrosos y otros (BSWMA, 2011). La

siguiente figura detalla de manera visual la clasificación completa de los RSM en Belice, según el BSWMA (2011).

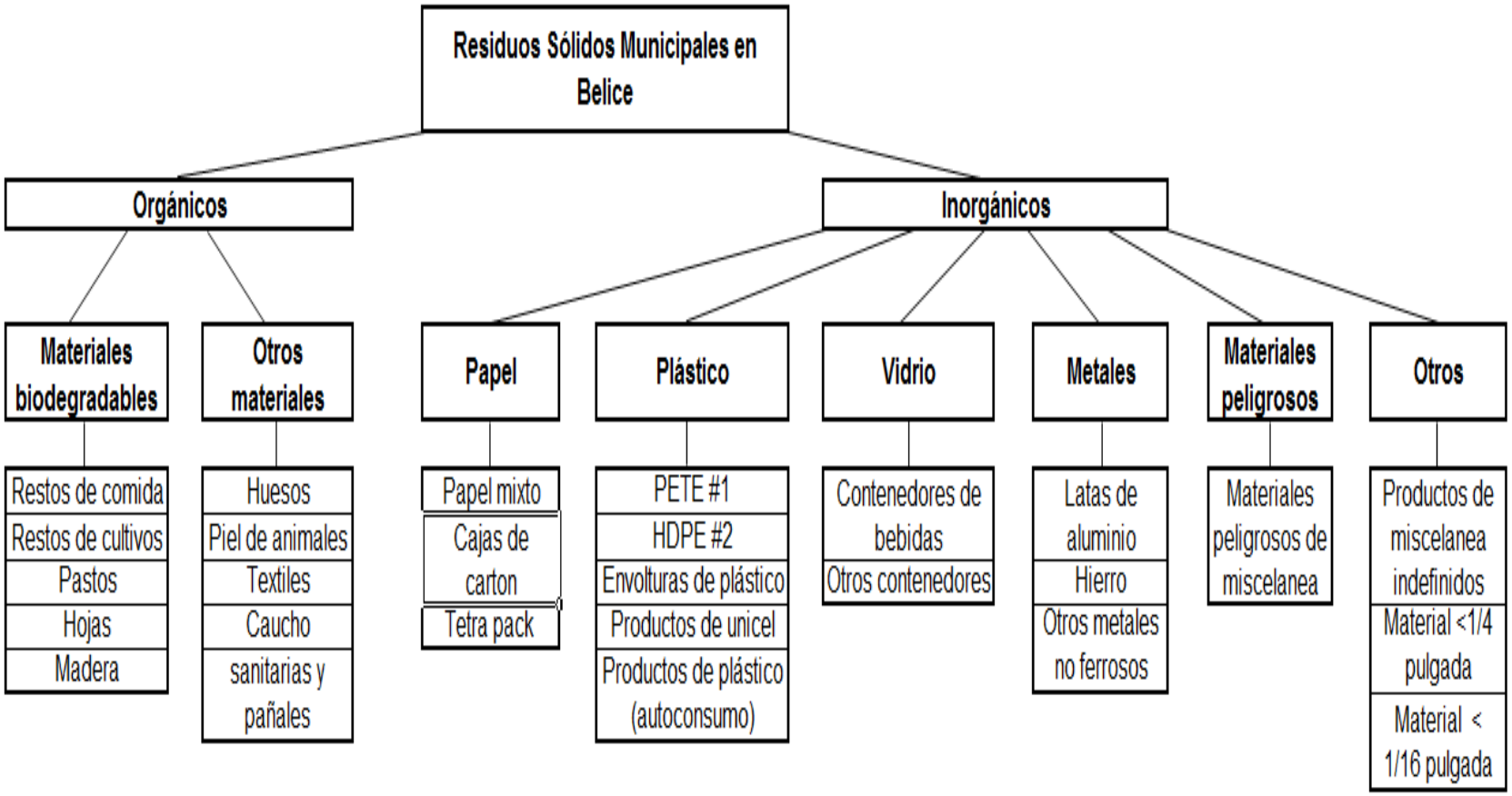


Figura 4. Clasificación de los RSM en Belice

Elaboración propia con datos basados en BSWMA (2011).

Abordando el tema de la composición de los RSM en el país, el 60% de éstos son material orgánico y 20% de papel y cartón (WB, 2012; ISWA, 2013). Plástico, vidrio y metal representan 5% cada uno (WB, 2012); para BSWMA (2011) la composición de los RSM abarca 33% material biodegradable, 19% plástico y 16% papel. Tratándose de la generación de los RSM en Belice, el *Waste Atlas Report* dice que su tasa per cápita de generación de los RSM es de 403.4 kg/año, es decir 1.10 kg/día. Resultando un total de 143,852 t/año de RSM entre sus 356,600 habitantes viviendo tanto en áreas urbanas como las rurales (ISWA, 2013). No obstante, el WB hace la distinción entre los RSM generados entre las áreas urbanas y las rurales (WB, 2012). Así pues, el WB señala que Belice tiene 124,224 personas habitando las áreas urbanas. Ésta población tiene una tasa de generación de RSM de 2.87 kg/persona/día, produciendo una cantidad total de 130,130.85 t/año.

La misma referencia citada anteriormente hace una proyección del aumento de la cantidad de los RSM para el año 2025. Para ese año 237,000 habitantes radicarán en núcleos urbanos (casi 100,000 personas más). La tasa de generación de RSM será de 2.3 kg/persona/año, y la tasa de generación anual de 545 t/día. La CSO señala que en el 2011 la tasa de generación de RSM fue de 0.680 kg/persona/día (CSO, 2012). Es importante recalcar, que la misma institución declara que carece de información para dar estimaciones sobre la generación de sus RSM. Sin embargo, al hacer cálculos para éste último, yo me basé en el último censo poblacional (2010), el cual registró a 323,359 personas, que es el total de la población (por lo tanto incluye áreas urbanas y áreas rurales). Resultando

entonces, una generación de 80,257.70 t/año de RSM. Esta información se puede ver en la siguiente tabla; señalando que conforme a la referencia citada, la generación de los RSM es muy variada.

País	Belice			
Referencia	PT	PAU	GPC	GT
Waste Atlas Report (2013)	356,600	-	403.4	143,852
World Bank (2012)	-	124,224	356.52	130,130.85
Propio gobierno (CSO, 2012)	323,359	146,329	248.2	80,257.70

PT: Población total (# habitantes)
PAU: Población en área urbana (# habitantes)
GPC: Residuos Sólidos Municipales per cápita (kg/año)
GT: Residuos Sólidos Municipales total (t/año)

Tabla 1. Generación de los RSM en Belice

Elaboración propia con datos de WB (2012), CSO (2012) e ISWA (2013).

Por otro lado, la colecta y disposición final de los RSM es realizada de manera independiente con subvenciones del gobierno de cada distrito, excepto por el distrito de Belice, que se realiza de manera privada (CSO, 2012). La cobertura de colección de los RSM es de 85.2% (BID-AIDIS-OPS, 2010; ISWA, 2013). Aunque el WB señala que ésta es del 50%, marcando que 100% de los RSM que se colectan oficialmente tienen como disposición final el único relleno sanitario que hay (WB, 2012; ISWA, 2013). Desafortunadamente en las áreas rurales, la colecta de los RSM es casi nula o ausente, por lo que la gente los quema (BID-AIDIS-OPS, 2010). Del otro 50% de los RSM no recolectados, 85.2% su

disposición final son vertederos a cielo abierto y 14.8% son quemados a cielo abierto (BID-AIDIS-OPS, 2010; WB, 2012).

Como se señaló precedentemente, Belice carece de información sobre los RSM, por lo que la legislación es limitada (BID-AIDIS-OPS, 2010; BSWMA; 2011; IADB, 2011; CSO, 2012; UNEP, 2013). El país tiene únicamente dos leyes relativas al manejo de los RSM, *The Environmental Protection Act No. 22/1992* y *The Environmental Protection Act No. 328/2003* (IADB, 2011). Refiriéndose a los números, según el WB (2012) los costos del manejo de los RSM en países como Belice, en la etapa de la colección abarca desde los 30 hasta los 75 US $/t. Mientras que la disposición final al relleno sanitario es de 15 a 40 US $/t (WB, 2012).

2.2 Canadá

Según reportes de la Oficina de Estadísticas de Canadá (SC) (2012) y del Cónsul Canadiense del Medio Ambiente (CCME) (2014) existen diversos tipos de fuentes de origen de la generación de RSM en el país: residuos residenciales producidos por las actividades de consumo de las casas-habitación; desechos comerciales, provenientes de actividades industrial y comercial; residuos provenientes de instituciones y escuelas; sin olvidar los desechos no peligrosos derivados de las actividades de construcción y demolición de bienes. Los RSM que provienen de las casas-habitación representan casi 1/3 de los RSM en total (SC, 2012). La clasificación de los RSM fue tomada del CCME. La división primaria de los RSM se compone de fibras de papel, plástico, metal, vidrio, materiales especiales, materiales aptos para composta (composteables) y otros materiales. La figura 5 detalla la clasificación completa de los RSM en Canadá, según el CCME (2014).

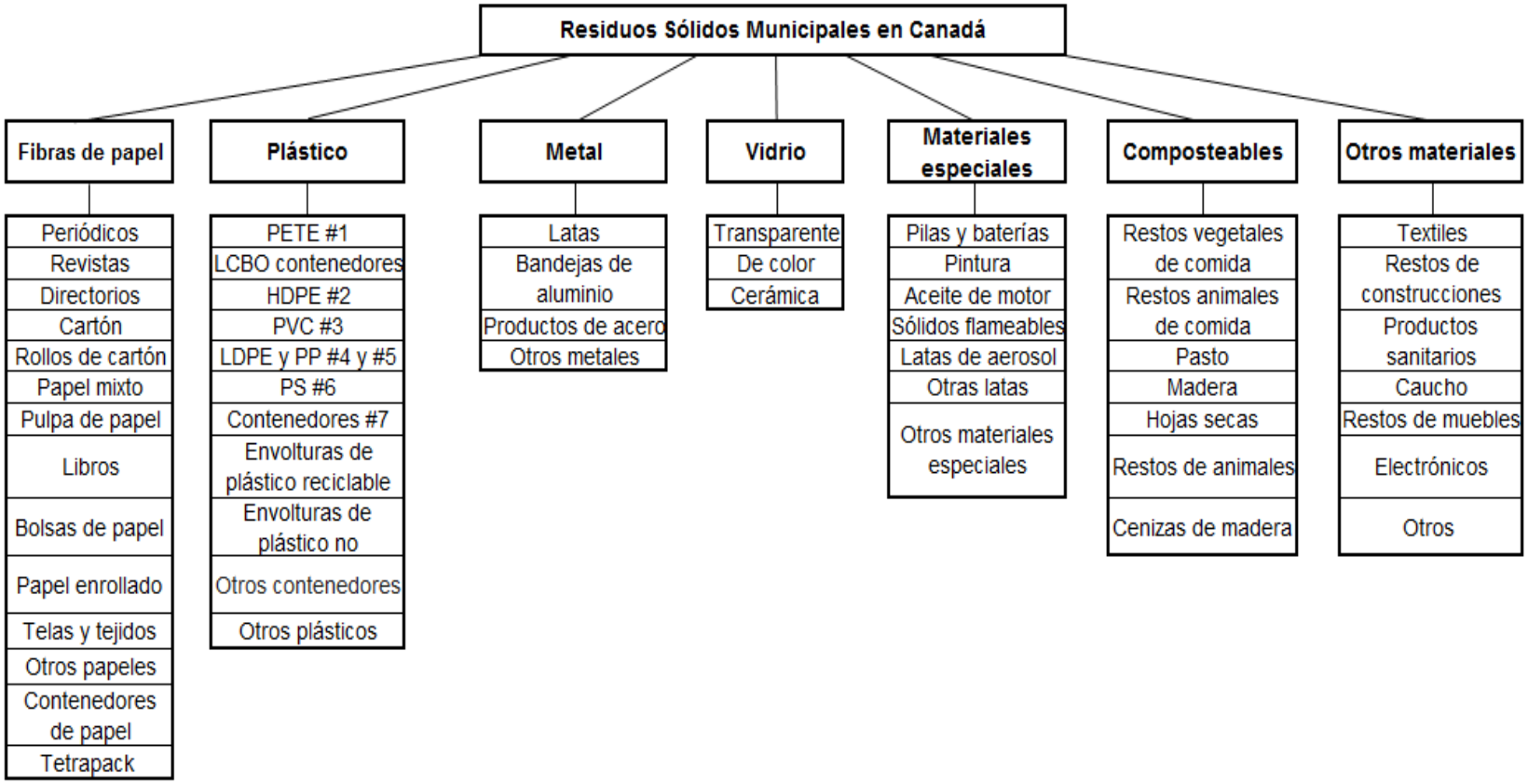


Figura 5. Clasificación de los RSM en Canadá

Elaboración propia con datos del CCME (2014).

Como se puede apreciar en la sección de plástico, se dividen principalmente por las propiedades químicas (contenido de resina que presentan los mismos). Es decir, se basan en el Código de Identificación de Resinas de la Sociedad de la Industria del Plástico (ISP). En la siguiente tabla, se pueden ver las categorías de las resinas de plásticos y los usos más comunes en la fabricación de diversos objetos, como son bolsas de plásticos, juguetes, entre otros.

Código de identificación de resinas (ISP)			
Plástico	**Siglas**	**Nombre**	**Usos**
#1	PETE	Tereftalato de polietileno	Fabricación de botellas de bebidas y contenedores para condimentos, aderezos y mermeladas.
#2	HDPE	Polietileno de alta densidad	Contenedores de leche, agua y jugos, así como también envases para líquidos de limpieza y champús. También es utilizado para hacer las bolsas de plástico y recubrimientos de las cajas de cereal.
#3	PVC	Policloruro de vinilo	Bolsas para los productos de cama, paquetes de carne y embutidos, juguetes de plásticos, manteles, paquetes de medicamentos, contenedores y discos compactos.
#4	LDPE	Polietileno de baja densidad	Bolsas para pan, periódicos, vegetales, bolsas de basura y alimentos congelados, así como también en los envases de cartón y vasos para líquidos fríos o calientes.
#5	PP	Polipropileno	Contenedores de yogurt, envases para alimentos fríos y para medicamentos.
#6	PS	Poliestireno	Styrofoam, que es utilizado para hacer vasos, platos, tazones, recipientes desechables y bandejas de carne.
#7	Otros	-	Incluye materiales elaborados con más de una de las resinas de las categorías 1 a la 6.

Tabla 2. Código de identificación de resinas

Elaboración propia con datos basados en ISP (2014).

El ISWA (2013) señala que la composición de los RSM de Canadá es en su mayoría de origen orgánico, 40%. Papel y cartón representa un 20% respectivamente del total de los RSM (ISWA, 2013). WB (2012) señala que la sección orgánica es de 24%, 47% es de papel y 13% es de metales. SC (2012) marca que los flujos de RSM principalmente son: 29% origen orgánico, 17% es cartón, 24% es papel, 4% plásticos, 8.5% restos de construcción y 2% llantas.

En países industrializados, como Canadá, un aspecto importante a señalar de la fracción orgánica de los RSM, es que aproximadamente 1/3 de los mismos, es comida (incluso a veces intacta), según el *World Resources Institute* (WRI, 2015). Radio Canadá (2015) publicó un artículo en donde concluía que una familia canadiense promedio desperdiciaba una sobre cuatro bolsas llenas de productos de comida; costándole aproximadamente entre $700 y $1,600 al año.

Tratándose de la generación de los RSM en Canadá, como primer instancia el *Waste Atlas Report* señala que su tasa per cápita de generación de los RSM es de 777 kg/año, es decir 2.13 kg/día. Resultando un total de 26,793,119 t/año de RSM entre sus 34,482,779 habitantes residiendo tanto en áreas urbanas como rurales (ISWA, 2013). El WB señala que Canadá tiene 21,287,906 personas habitando las áreas urbanas. Solamente esta cantidad de población tiene una tasa de generación de RSM de 850.45 kg/persona/año, es decir 2.33 kg/persona/día produciendo una cantidad total de 18,104,299.66 t/año. La estimación para el año 2025 de la cantidad de población que radicará el áreas urbanas será de 31,445,000 de personas; la tasa de generación de residuos será de 2.2 kg/persona/día, y la generación diaria será de 69,179 toneladas de RSM (WB, 2012). El CCME (2014) declara que la cantidad de la generación de los RSM en el país, para el año 2008 fue de 777 kg/persona/año (lo mismo que ISWA). Siendo 256 kg/persona/año de residuos sólidos derivados de los desechos descartados del origen de las casas-habitación. Resultando un total de 26,793,119 t/año de RSM entre sus 34,482,779 habitantes (CCME, 2014). Como se puede ver en la tabla 3, los datos son los mismos entre el ISWA (2013) y el CCME (2014). Por otro

lado, la cobertura de colección de los RSM es de 99% y la tasa de reciclaje es un poco más del 25% (SC, 2012; WB, 2012; ISWA, 2013). El país cuenta con más de 2000 rellenos sanitarios para la disposición final de los RSM (SC, 2012). Canadá tiene 5 plantas de conversión de energía, convirtiendo al año aproximadamente 763,000 t/RSM (SC, 2012). Cerca de 13% de los RSM son usados para producir composta (biofertilizante) (WB, 2012).

País	Canadá			
Referencia	PT	PAU	GPC	GT
Waste Atlas Report (2013)	34,482,779	-	777	26,793,119
World Bank (2012)	-	21,287,906	850.45	18,104,299.66
Propio gobierno (CCME, 2014)	34,482,779	-	777	26,793,119

PT: Población total (# habitantes)
PAU: Población en área urbana (# habitantes)
GPC: Residuos Sólidos Municipales per cápita (kg/año)
GT: Residuos Sólidos Municipales total (t/año)

Tabla 3. Generación de los RSM en Canadá

Elaboración propia con datos según WB (2012), ISWA (2013) y CCME (2014).

Respecto al marco normativo de Canadá sobre los RSM es amplio y diverso. Según la Secretaría del Medio Ambiente de Canadá (EC) (2015) la responsabilidad de la gestión de los RSM es compartida entre los tres tipos de gobierno, el federal, provincial/territorial y municipal. Recordando que los RSM son materiales que se pueden reciclar o hacer composta; las fuentes de origen las casas-habitación, comercios e instituciones, así como los sitios de construcción y demolición (CCME, 2014; EC, 2015). La colecta, el procedimiento (reciclado o

composta) y la disposición final son responsabilidades de los gobiernos municipales, mientras que las provincias/territorios son responsables de la aprobación y el debido monitoreo éstas operaciones (EC, 2015). Cada provincia/territorio tiene su propia legislación sobre los RSM que se generan sobre su área (EC, 2015). Se mencionan a continuación: *Waste Management Act 2004 (British Columbia)*, *Waste Reduction and Management Strategy 2007 (Alberta)*, *Waste Reduction and Pollution Prevention Strategy 2012 (Manitoba)*, *Waste Reduction Act 2002 Strategy 2013 (Ontario)*, *Solid Waste Management Action Plan 2011-2015 (Québec)*, *Action Plan 2001 (New Brunswick)*, *Solid Waste Resource Strategy 2001 (Nova Scotia)*, *Strategy 2002 (Newfoundland and Labrador)* y *Solid Waste Action Plan 2010 (Yukon Territory)*.

A nivel federal, el gobierno se encarga, sobretodo, de la gestión sobre el desarrollo sustentable en materia de los residuos y sustancias tóxicas, así como el movimiento internacional de las mismas (EC, 2015). Además realiza la ingeniería y operación de tierras destinadas para la disposición final de los RSM, programas sobre los gases de efecto invernadero, asimismo programas sobre la gestión correcta de los RSM, con la *Canadian Environmental Protection Act 1999* (CEPA, 1999) (EC, 2015) y el *National Zero Waste Council* (2012). De la misma manera, Canadá sigue las recomendaciones del manejo y la responsabilidad de la gestión de los RSM de *Thematic Strategy on the Prevention and Recycling of Waste*, como lo hace la Unión Europea.

El CCME gestiona dos programas desarrollados con la industria: *Extended Producer Responsability* (EPR) y *Product Stewardship* (PS) para la colecta y

reciclado de los diversos RSM (CCME, 2014; EC, 2015). Las industrias son encargadas y tienen la responsabilidad de la gestión, colecta y reciclado de las botellas de plástico y de vidrio y de latas en general (EC, 2015). Asimismo, la EPR está ligada a *Strategy for Sustainable Packaging*, relacionada al empaque amigable con el medio ambiente de los productos, haciendo incluso énfasis en la fabricación de bioplásticos en la cadena productiva. Y esta, a su vez, se relaciona principalmente con *Paper and Paperboard Environmental Council* y *Canadian Plastics Industry Association*.

Por otro lado, hablando de números, los costos del manejo de los RSM en países como Canadá (clasificándolo como país desarrollado), en la etapa de colección, disposición final como el relleno sanitario, plantas de compostaje y generación de energía oscilan en promedio 279 US $ por tonelada de RSM (WB, 2012). Se desglosan a continuación: la colección cuesta desde los 30 hasta los 75 US $/t. Mientras que la disposición final al relleno sanitario es de 15 a 40 US $/t, datos según el WB (2012). 35 a 90 US $/t se valora el compostaje, igualmente la generación de energía es de 70-200 US $/t. Por otro lado, SC (2012) señala que el país (2008) se gasta anualmente 2.6 billones de dólares en el manejo de los RSM, siendo el monto más alto el de la recolección (transporte) de 1,700,000 de dólares (CCME, 2014).

2.3 México

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) existen 4 tipos de fuentes de origen de la generación de RSM: las casas-habitación, los de comercios e industrias, además los que provienen de las instituciones y escuelas, y por último los de vías y lugares públicos (SEMARNAT 2009; 2013). La mayoría de los RSM son producidos por los habitantes que residen en las áreas urbanas y provienen de las casas-habitación, los cuales pueden ser envases, embalajes o empaques de diversos materiales (SEMARNAT, 2009). La clasificación de los RSM se divide de manera primaria en “RSM Orgánicos” “RSM Inorgánicos” y “Basura” (SEMARNAT, 2009). Los inorgánicos se subdividen en: papel, plástico, metal, vidrio y otros. La figura 6 detalla de manera visual la clasificación completa de los RSM en México, según SEMARNAT (2009).

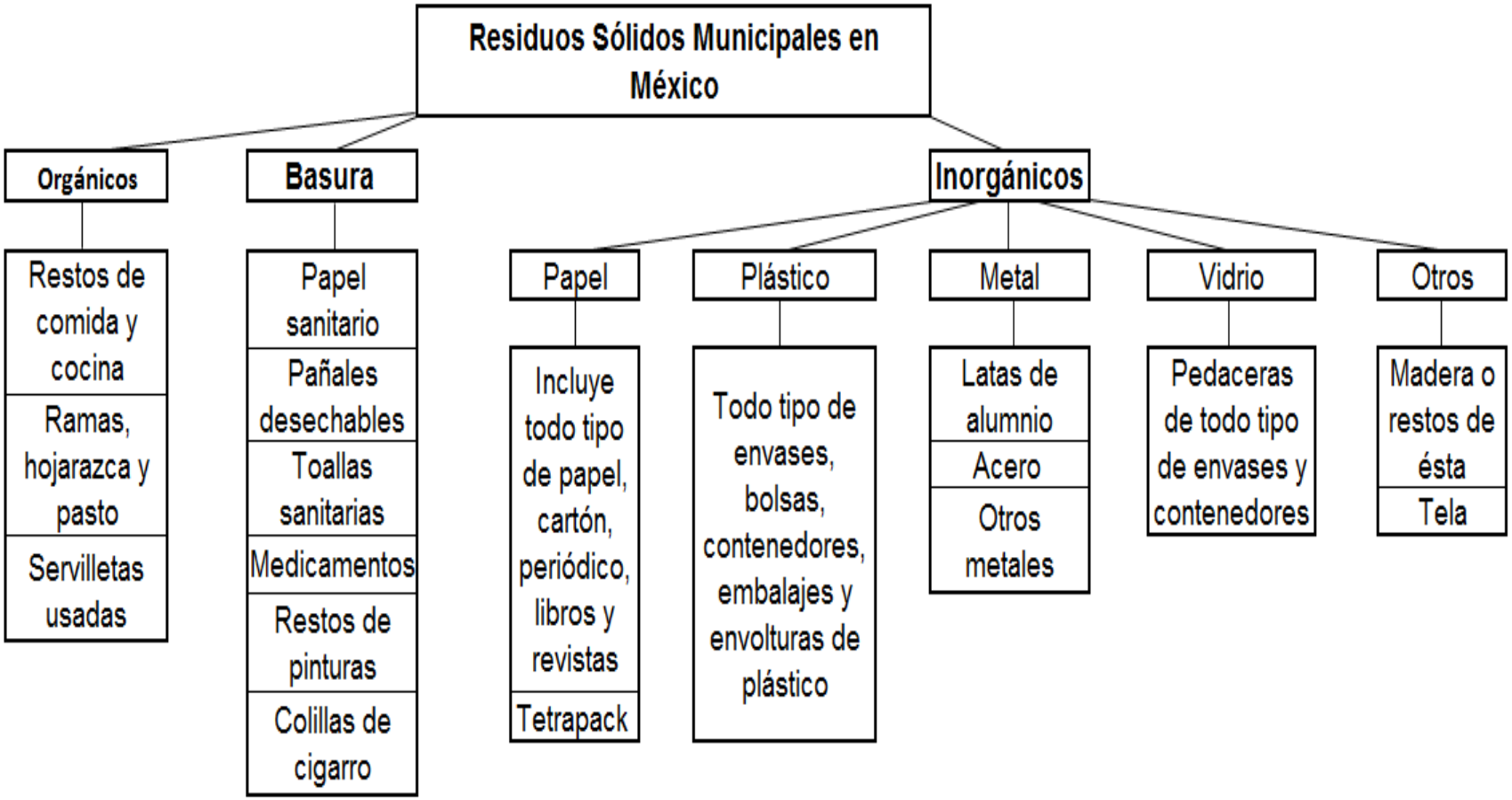


Figura 6. Clasificación de los RSM en México

Elaboración propia con datos de la SEMARNAT (2009).

La mayoría de los RSM en México es de origen orgánico, 51.5%, y 15.2% de papel y cartón (WB, 2012; ISWA, 2013; SEMARNAT, 2013). Respecto a la generación de los RSM en México, *Waste Atlas Report* declara que su tasa per cápita de generación de los RSM es de 343.1 kg/año, es decir 0.94 kg/día. Resultando un total de 39,385,595 t/año de RSM entre sus 114,793,341 habitantes viviendo tanto en áreas urbanas como en rurales (ISWA, 2013). El WB aclara que México tiene 79,833,562 residentes en las áreas urbanas. Ésta población tiene una tasa de generación de RSM de 1.24 kg/persona/día, produciendo una cantidad total de 36,132,670.16 t/año. Para el 2025, México tendrá 102,258,000 personas que vivirán en zonas urbanas. La tasa per cápita de generación será de 1.75 kg/día, logrando una acumulación anual de 65,317,297.5 toneladas de RSM (WB, 2012).

La SEMARNAT (2009) señala que para el año 2007, la generación per cápita de los RSM fue de 349 kg/año, es decir, 0.95 kg/día, entre los 103,263,388 personas viviendo tanto en áreas urbanas como rurales, produciendo un total de 36,038,922.41 toneladas al año. Esta información se puede ver en el tabla 4. La cantidad de producción se incrementó en casi un 30% en los últimos 10 años, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2012).

País	México			
Referencia	PT	PAU	GPC	GT
Waste Atlas Report (2013)	114,793,341	-	343.1	39,385,595
World Bank (2012)		79,833,562	452.6	36,132,670.16
Propio gobierno (SEMARNAT, 2009)	103,263,388	-	349	36,038,922.41

PT: Población total (# habitantes)

PAU: Población en área urbana (# habitantes)

GPC: Residuos Sólidos Municipales per cápita (kg/año)

GT: Residuos Sólidos Municipales total (t/año)

Tabla 4. Generación de los RSM en México

Elaboración propia según SEMARNAT (2009), WB (2012) e ISWA (2013).

La cobertura de colección de los RSM en las áreas urbanas es de 93.2% y su tasa de reciclaje es de 3.3% (BID-AIDIS-OPS, 2010; WB, 2012; ISWA, 2013). Avedoy (2006) señala que en México 10% de su flujo de residuos municipales se recicla. La tasa actual de reciclaje de plásticos es aproximadamente de 12% (Belmont, 2010). Sin embargo, según la OPS menos del 5% de los RSM generados (2,2%) en América Latina y Caribe (México incluido), es formalmente recuperado y reciclado (OPS, 2005). Según el INEGI (2012) y SEMARNAT (2013), los datos del último estudio relacionado a los RSM datan del año 2010. En esta publicación, la institución señala que México cuenta con 1881 sitios de disposición final, de los cuales 238 son rellenos sanitarios y 1643 son tiraderos a cielo abierto. En México, el manejo de los RSM se entiende a la colección y la disposición final de los mismos (INEGI, 2012). Según la SEMARNAT (2009), en el 2007, 67% de los RSM se dispuso en rellenos sanitarios y sitios controlados y el resto se depositó en sitios no controlados, es decir 33%.

BID-AIDIS-OPS (2010) señala que el 65.6% de los RSM tienen como disposición final el relleno sanitario, vertedero controlado y el vertedero a cielo abierto representan casi un 12% cada uno, siendo que la quema a cielo abierto es de 5.9% principalmente en las zonas rurales. La investigación señala que México tiene sólo una planta de generación de energía eléctrica a través del biogás capturado del relleno sanitario ubicado en la ciudad de Monterrey. Ésta instalación genera el alumbrado público de la ciudad y zonas conurbadas, casi todos los edificios gubernamentales y los servicios de la líneas 1 y 2 del metro (SEMARNAT, 2009; INEGI, 2012).

La legislación de México indica que corresponde a los municipios la responsabilidad de prestar el servicio de limpia (SEMARNAT, 2009; INEGI, 2012; SEMARNAT, 2013). La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) señala el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento y disposición final de los RSM. Por otro lado, La Ley Estatal de Protección al Ambiente (LEPA), establece disposiciones de observancia obligatoria para cada estado, teniendo como objetivo la prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como los fundamentos para el manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos. De la misma forma se creó Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) (2003) con su debido reglamento. Y en el 2004 se creó la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, la cual determina aspectos para el manejo y disposición de los RSM. Principalmente el marco normativo a los RSM en México, es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (García & Tena, 2006; SEMARNAT, 2009; INEGI, 2012; SEMARNAT; 2013). La LGPGIR establece las atribuciones de los

diferentes niveles de gobierno referente al tratamiento y a la disposición y de los tipos de residuos (incluidos los RSM) y demanda que la SEMARNAT formule e implemente el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Por otro lado, en México lamentablemente la ley no es tan estricta con las empresas, referente al manejo de los RSM, como en la legislación de Canadá. Sin embargo, en la actualidad hay iniciativas como “Empresa Socialmente Responsable” y cierto tipo de certificaciones, como la ISO-14000 que actúan y “regulan” el manejo de los residuos, enfocándose más a la gestión de los residuos peligrosos o sustancias peligrosas a empresas que generan en demasía éstos tipos de desechos (SEMARNAT, 2013). Respecto a los números, según el WB (2012) los costos del manejo de los RSM en países como México (economía emergente), en la etapa de la colección abarca desde los 40 hasta los 95 US $/t. Mientras que la disposición final al relleno sanitario es de 25 a 65 US $/t. Empero, BID-AIDIS-OPS (2010) señala que en los países de América Latina (incluido México) el barrido cuesta 24.89 US $/km, la colección (34.22), transferencia (12.01) y disposición final (24.43) es de 70.66 US $/t.

Para finalizar este capítulo, el siguiente apartado es un cuadro comparativo sobre la generación de los RSM entre los 3 países; pudiéndose notar claramente diferencias sobre los volúmenes generados. Retomando nuevamente que la cantidad de población, los hábitos de consumo, el poder adquisitivo, así como otros aspectos influyen en la generación de los RSM. Y a lo mejor, la gente pensaría son simples números, pero va más allá de eso. Reducir los RSM antes de generar nuevos productos, debe ser una prioridad para las ciudades del siglo XXI (por ende sus ciudadanos), especialmente si se habla de sustentabilidad (UN, 2015; UNEP-ISWA, 2015).

País	Belice * (CSO, 2012)				Canadá * (CCME, 2014)				México *(SEMARNAT, 2009)			
Referencia	PT	PAU	GPC	GT	PT	PAU	GPC	GT	PT	PAU	GPC	GT
Waste Atlas Report (2013)	356,600	-	403.4	143,852	34,482,779	-	777	26,793,119	114,793,341	-	343.1	39,385,595
World Bank (2012)	-	124,224	356.52	130,130.85	-	21,287,906	850.45	18,104,299.66	-	79,833,562	452.6	36,132,670.16
Propio gobierno *	323,359	146,329	248.2	80,257.70	34,482,779	-	777	26,793,119	103,263,388	-	349	36,038,922.41

PT: Población total (# habitantes)

PAU: Población en área urbana (# habitantes)

GPC: Residuos Sólidos Municipales per cápita (kg/año)

GT: Residuos Sólidos Municipales total (t/año)

Figura 7. Tasas de generación de los RSM en Belice, Canadá y México

Elaboración propia basado en SEMARNAT (2009), CSO (2012), WB (2012), ISWA (2013) y CCME (2014).

Capítulo 3. Marco Normativo

Este capítulo empieza con la importancia de legislación aplicable a los RSM en términos muy generales (aunque ya se había abordado un poco de este tema en el capítulo 1). Para después aterrizar al tema del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales (*Integrated Solid Waste Management*) y posteriormente trataré el tópico de la Economía Circular ligada a los RSM.

3.1 Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales (ISWM)

La reglamentación formal y oficial a través de leyes, reglamentos, normas y tratados es el principal enfoque para la prevención de la contaminación promoviendo la protección del ambiente (Gilpin, 2003) y por ende, la salud y calidad de vida de las personas. Es por eso que diversas organizaciones como la UN, la WHO y el IADB comenzaron a preocuparse sobre el manejo de los RSM a nivel global. Este movimiento internacional produjo el "Marco Decenal de Programas de Modalidades de Consumo y Producción Sostenible" dentro de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río +20). Promoviendo patrones de producción y consumo sostenibles. En general, la puesta en marcha de las políticas públicas referentes al gestión de los RSM deben abarcar acciones financieras, operativas, administrativas, sociales, educativas, de supervisión y evaluación, así como acciones de monitoreo constante sobre el manejo de los RSM (WB, 2012; ISWA, 2013; UN, 2015; UNEP-ISWA, 2015).

Es así que surge el Manejo Integral de los RSM (ISWM). El cual, tiene varias definiciones dependiendo instituciones e autores. Sin embargo, la tomaré del UNEP la cual señala textualmente así:

> *"Integrated solid waste management refers to the strategic approach to sustainable management of solid wastes covering all sources and all aspects, covering generation, segregation, transfer, sorting, treatment, recovery and disposal in an integrated manner, with an emphasis on maximizing resource use efficiency."* (UNEP, 2013, p.154)

El manejo (o gestión) de los RSM involucra desde el barrido de los mismos hasta la adecuada disposición final, la colección (incluyendo la separación desde la fuente origen), al tratamiento/reciclaje de los RSM, son parte elemental del manejo integral**.** La figura en la página siguiente trata acerca del manejo que se debe de seguir para un óptimo ahorro tanto de energía como de recursos y una valorización de los residuos (uso eficiente de los mismos). La gestión de residuos incluye beneficios inclusive a las generaciones futuras, porque les garantiza un medio ambiente más limpio, una sociedad más inclusiva, y una economía más sólida dando como resultado la introducción a la equidad intergeneracional (GAIA, 2012; UNEP, 2013). Es importante mencionar que, el éxito de la gestión de residuos depende de que se produzca un giro radical en los patrones de producción y consumo (UNEP, 2013).

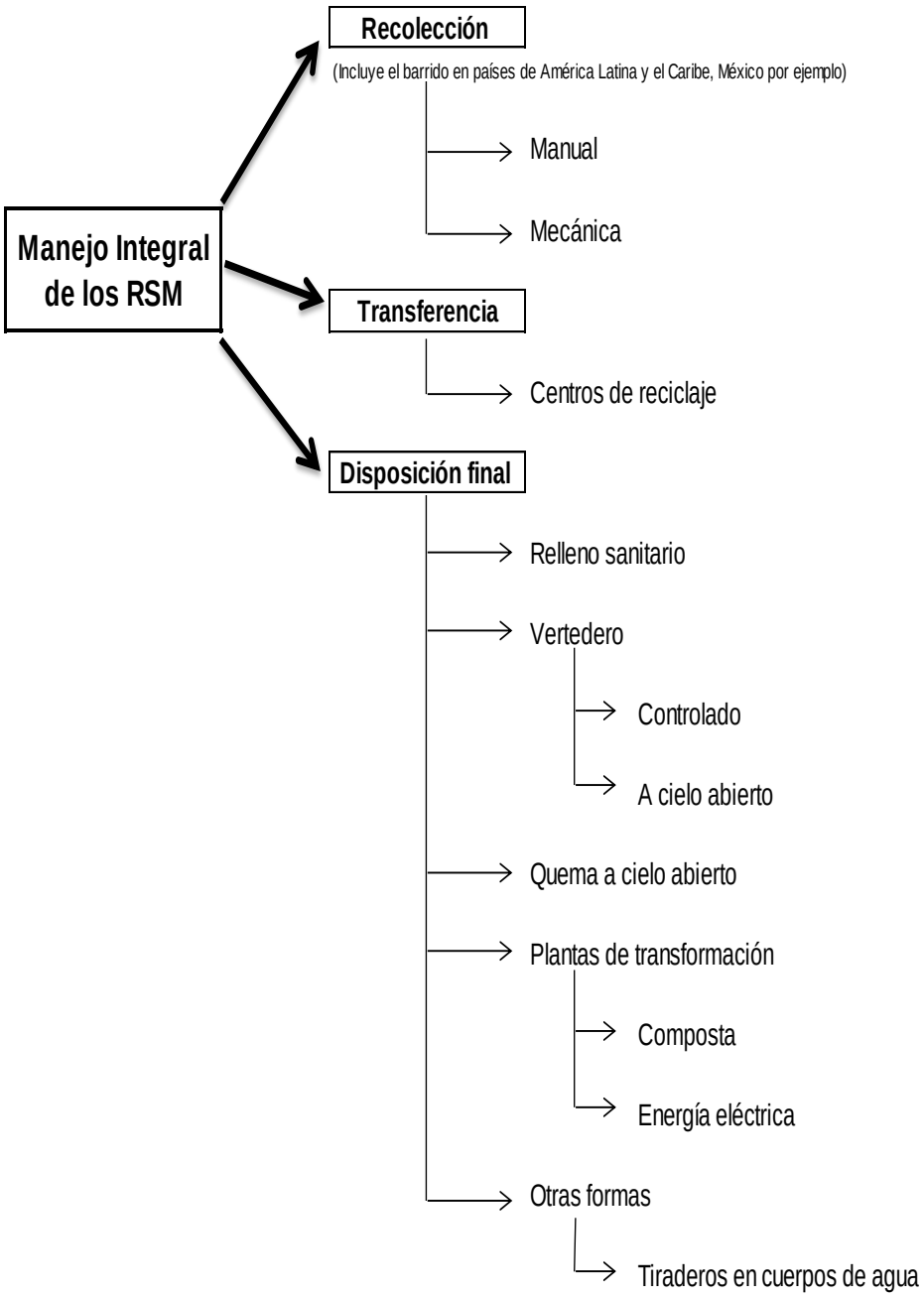


Figura 8. Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales

Elaboración propia con datos basados en WB (2012), ISWA (2013), UNEP (2013), UNEP-ISWA (2015).

Los servicios administrados de los RSM en América Latina y Caribe en general son los relacionados al barrido, la recolección, las estaciones de transferencia y la disposición final (BID-AIDIS-OPS, 2010; UNEP, 2013). Sin embargo, la necesidad más grande se observa en el aspecto económico y financiero de la provisión de éstos servicios. En la mayoría de los países de la región no existe una normativa regulatoria económica-financiera apropiada, ni un ente encargado de la función (BID-AIDIS-OPS, 2010). El UNEP (2013) señala dos aspectos trascendentales a señalar referente al manejo de los RSM en países en desarrollo. El primero es que, la participación del sector informal en la gestión de los residuos suele ser importante en éstos países (México, por ejemplo) (UNEP, 2013). El segundo aspecto es que los residuos orgánicos constituyen el 60-70% de los RSM.

3.2 Economía Circular (CE)

La “Economía Circular” (CE) surge de la necesidad de la incorporación de los RSM con alta capacidad para reciclarse como insumos en los procesos de producción industriales (UNEP, 2014). Su principal idea es que los residuos, no son objetos inútiles e inservibles. Esto provoca, a su vez, una reducción en el volumen generado de los desechos para su posterior disposición final. Es importante mencionar que, éste término es un sistema mayoritariamente usado en el sector industrial de China, con la promulgación y la promoción de la Ley de la Economía Circular del 2009 (ISWA, 2013). Actualmente las economías europeas, siguen este modelo para la gestión de sus RSM, como es el caso de Suecia e Inglaterra (ISWA, 2013; UNEP-ISWA, 2015). La CE propone que gradualmente una proporción importante de recursos materiales que se

usan en los sistemas de producción en los procesos industriales, se pueden y deben reutilizarse en un segundo proceso, generándose una incorporación de los residuos como insumos en la industria, reduciéndose el volumen de los desechos (UNEP-ISWA, 2015). Según el ISWA (2013) si no se sigue el sistema CE, para el 2050, habrá al menos 1,000 millones de personas que vivirán en áreas urbanas donde el manejo de los RSM será un gran problema social y de salud pública. *Ocean Conservancy* (2015) señala dos predicciones muy alarmantes sobre la relación plásticos-recursos pesqueros, en el escenario en que no se llevara a cabo la CE. Los océanos tendrán 1 tonelada de plásticos por cada 3 toneladas de pescado, para el año 2025. Y para el 2050, se encontrarán más plásticos que pescado (por peso). De hecho CE, fue un tópico sumamente relevante que se trató recientemente en el *World Economic Forum* (WEF, 2016), celebrado en Davos, Suiza en enero del 2016. Dentro de la CE, surge un apartado llamado *New Plastics Economy*, que plantea una nueva iniciativa del proceso industrial de la fabricación del plástico (sobre todo el usado en empaques) y sus múltiples beneficios que este conllevaría (WEF, 2016).

La siguiente figura representa gráficamente el sistema CE, que tiene a su vez dos ciclos: el reciclado y la conversión de energía de los RSM. El primero de ellos abarca como primer eslabón la separación de los residuos sólidos provenientes de las fuentes generadoras (casas-habitación, por ejemplo); para después ir a los centros de acopio de materiales aptos para el reciclaje o, si no, las estaciones de transferencia. Este primer ciclo es ideal, sobretodo, para el reciclado de plásticos (PlasticsEurope, 2015). El segundo ciclo se compone de aprovechar los demás RSM (los que no se utilizaron nuevamente como materia prima en los procesos de producción), en energía eléctrica.

La cual es suministrada a los hogares, en forma de iluminación o calefacción (PlasticsEurope, 2015).

Figura 9. Ciclos de la Economía Circular

Fuente: Plastics Europe (2015).

Por ejemplo, Suecia es líder a nivel mundial en la transformación de sus RSM. De hecho, el país importa RSM de Italia y Grecia. El país recicla casi el 100% de sus RSM, según la Asociación de Reciclaje y Gestión de los Residuos de Suecia (*Avfall Sverige, 2015*). La institución promueve la visión de *Zero waste lifestyle* a los ciudadanos de su país. Con los residuos orgánicos se produce composta o biodisel, bajo procesos químicos complejos. El papel y periódico son nuevamente transformados en celulosa de papel; las botellas son reusadas o transformadas en nuevos productos y los contenedores de plástico son convertidos en materia prima plástica (*Avfall Sverige, 2015*). Los demás RSM son transformados en energía eléctrica. Pero eso no es todo, el agua que se utiliza en todos los procesos señalados anteriormente, es purificada y se vuelve agua potable (*Avfall Sverige, 2015*).

Para concluir éste capítulo, el manejo integral de los RSM se encarga de la valoración de los residuos: la reutilización, reciclaje y compostaje (UNEP, 2013). Según Craig *et al.*

(2007), la clave para lograr una gestión integral de los RSM, lo primero que se tiene que hacer es el desarrollo de incentivos y leyes como alternativas a la sociedad del despilfarro. Es evidentemente que, países como Canadá, emplea el ISWM en sus RSM la idea de la CE. Por otro lado, México apenas comienza con la idea del ISWM, sobretodo la fase de conversión de energía a través de los RSM (SEMARNAT, 2009). En cuanto al plástico usado, que puede ser incorporado al mismo proceso productivo que le dio origen, en América Latina (México incluido) el problema radica en la separación y limpieza, por lo que es más frecuente que sólo se recicle el plástico proveniente de fuentes industriales y no de las domésticas (SEMARNAT, 2001; BID-AIDIS-OPS, 2010). Es entonces que un marco normativo eficiente tiene que evitar el desaprovechamiento de los RSM.

En general, se podría decir que si no se reciclan los residuos orgánicos, se convierten en materia orgánica desaprovechada como biofertilizante o como transformación de energía. El papel y cartón representarían entonces, una pérdida de la conexión celulosa-madera-bosques. El plástico no reciclado es petróleo y energía desperdiciados. Los metales son pérdidas de minerales valiosos. En pocas palabras, estamos tirando, desechando, desaprovechando y desperdiciando recursos naturales, así de simple (Boada & Toledo, 2003; OPS, 2005; Craig *et al.* 2007; Miller, 2007; Tchobanoglous & Kreith, 2007; SEMARNAT, 2009; BID-AIDIS-OPS, 2010; UNEP, 2011; FAO, 2012; GAIA, 2012; WB, 2012; ISWA, 2013; Phys, 2013; UNEP, 2013; WI, 2013; CCME, 2014; UNEP, 2014; EC, 2015; EPA, 2015; UN, 2015; UNEP-ISWA, 2015; Wilson & Velis, 2015; WRI, 2015).

Capítulo 4. Posibles soluciones para la adecuada gestión de los RSM

En este último capítulo, trataré de las posibles soluciones que a mi parecer, podrían ser importantes para la reducción del volumen de los RSM. Partiré con la Educación Ambiental (incluyendo ambas, la formal y la no formal), enfatizando la ejecución de pequeñas acciones encaminadas a la reducción del autoconsumo de los RSM (particularmente en el uso del plástico). Esto definitivamente podría ser una herramienta para cambiar la mentalidad sobre la acumulación de los RSM (primeramente a nivel personal y después, quizás, a nivel local) y hacer la diferencia principalmente en la aplicación de las 3 R's. Después finalizaré con el tema de los bioplásticos, como neotecnología alternativa de plásticos no convencionales. ¿Por qué hago énfasis en el uso de éste tipo de material, el plástico? respondiendo ésta pregunta, haré una analogía con un silogismo: actualmente hay un uso desmedido del uso plástico, el plástico proviene del petróleo, por lo que el petróleo se usa en demasía. Otros materiales, como el vidrio y los metales, son 100% reciclables. El papel y cartón se pueden volver a hacer pulpa de celulosa, y se utilizan nuevamente para la fabricación de papel y cartón. El plástico es también reciclable casi en toda la totalidad dependiendo del tipo de resina del que esté hecho.

4. 1 Educación ambiental

Después de la declaración de Estocolmo en 1972, los políticos y representantes concordaron varios aspectos sobre la importancia de cuidar el medio ambiente, así como el empleo de técnicas y estrategias educativas que conlleven a la conservación de los recursos naturales (Boada & Toledo, 2003; Gilpin, 2003; Craig *et al.* 2007). Por el contrario, no indagaré mucho en los conceptos de educación ambiental, debido a que la

finalidad es, sobretodo, realizar un énfasis en la divulgación de la práctica de las 3 R's: Reducir, Reutilizar y Reciclar (a nivel público). Porque pienso que involucrarse en el quehacer medioambiental, específicamente en los patrones de consumo responsable, con miras hacia el desarrollo sustentable, es muy realizable en el aspecto personal, no el utópico de masas. El IPCC (2013) afirma que la minimización, el reciclaje y la reutilización de residuos, a nivel individual, representan un potencial importante y cada vez mayor para la reducción indirecta de las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la conservación de las materias primas, una mejor eficiencia energética y de los recursos y evitando el consumo de combustibles fósiles. Según Craig *et al.* (2007) educar con información pertinente sobre la problemática de la inapropiada gestión de los RSM, es el segundo eslabón para la correcta gestión de los mismos.

Recordando que la jerarquización de la gestión de los RSM que propone UNEP (2011) y UNEP-ISWA (2015), establece una prioridad en las opciones del manejo de los RSM a través de un orden de predilección. La cual inicia con la prevención y minimización de los RSM, después en el reuso y reciclado, siguiéndole la recuperación de energía, posteriormente sitios de relleno sanitario y como última opción los sitios de confinamiento. Pero para éste apartado, lo más importante son los primeros. Ya que directamente impactan en los patrones de consumo a nivel personal. Entonces las 3R's tratan de: Reusar, Reducir y Reciclar los RSM.

Según EC (2015) en Canadá, el cabildo de las cabezas municipales, los gobiernos de las provincias/territorios y ciertamente algunas ONG's contribuyen a promover la reducción de los RSM, el reciclado de los mismos y una disposición final adecuada. Por ejemplo, la Semana de la Reducción (*Waste Reduction Week*) es un evento anual para

tratar los RSM en todas las escuelas y empresas de todos los municipios del país (EC, 2015). El gobierno constantemente hace énfasis en la divulgación de las 3 R's, a través de *Zero waste lifestyle* en los hábitos de consumo de sus ciudadanos (EC, 2015). Respecto a la educación ambiental formal en Canadá, según la Red de Políticas de Educación y Sustentabilidad (SEPN) (2014) hay más de 6,000 *Green Schools*, donde se enseña la importancia del cuidado del medio ambiente, abarcando temas como como la conservación del agua, la reducción de los residuos y patrones de consumo y protección de la fauna silvestre. Todos estos programas tienen una importancia para el desarrollo de los municipios hacia las iniciativas ambientales locales y federales (SEPN, 2014).

En México, por ejemplo de los 2456 municipios que hay, sólo 314 tienen programas locales orientados a la gestión de los RSM, haciendo alusión en la divulgación de la práctica de las 3 R's (INEGI, 2011). Referente a la educación ambiental formal en el país, Pronatura México A.C., la SEMARNAT y la SEP (Secretaría de Educación Pública) lanzaron el "Programa Piloto de Certificación Ambiental Escolar: *Eco-Schools* México" para el ciclo escolar 2012-2013, el cual comprende 5 líneas de acción para lograr ser una escuela verde; y una de esas líneas precisamente es el manejo de residuos sólidos. El programa fue realizado en 600 escuelas en tres estados (Estado de México, Morelos y Quintana Roo). No hay información para Belice de este apartado.

4.2 Bioplásticos

El nombre de plástico deriva del griego *plastikos* "para formar", en alusión a que se trata de materiales sintéticos compuestos por polímeros, siendo el origen de éstos, el petróleo, recurso natural no renovable (Craig *et al*. 2007; Segura *et al.* 2007). El uso de

los plásticos es altamente versátil, son materiales ligeros, ampliamente maleables, resistentes a la erosión y de bajo costo (Gilpin, 2003; Craig *et al*. 2007; Segura *et al.* 2007; Song *et al.* 2009; Chen, 2014; Pacheco *et al.* 2014). Se usan en aplicaciones tan dinámicas como los envases y embalajes de casi cualquier tipo de producto, la fabricación de automóviles, en el área de las telecomunicaciones y hasta la de medicina (Siracusa *et al.* 2008; Andrady & Neal, 2009). Y es que, si damos una vuelta a nuestro entorno más cercano, veremos muchas cosas fabricadas de plástico, desde objetos para el cabello hasta para accesorios del celular. Cada año se producen en promedio 300 millones de toneladas de plástico globalmente (EP, 2015). Para ejemplificar, en el 2009, la generación solamente del plástico que se utiliza en el empaque, fue 29 kg por persona en Europa (Eurostat, 2011). Cerca de 1/3 tiene vida útil solo una vez (Andrady & Neal, 2009; Reed, 2015). Hemos llegado al *Plasticene age* (Reed, 2015)**,** esto por el uso exagerado del plástico.

Es entonces que las acciones por reciclarlo, especialmente el Polietileno (PETE #1 y LDPE #4), son urgentes (Gross & Kalra, 2002).Por ejemplo el Cloruro de Polivenilo (PVC #3) es ampliamente usado en todo el mundo, para la fabricación de juguetes, contenedores y discos compactos; quemarlo produce Cloruro de Hidrógeno, un gas altamente corrosivo (Craig *et al.* 2007). El Polipropileno (PP #5), junto con el Polietileno, unos de los plásticos más utilizados, tardan hasta 500 años en descomponerse (Gross & Kalra, 2002).

Citando nuevamente a *Ocean Conservancy* (2015), los océanos tendrán 1 tonelada de plásticos por cada 3 toneladas de pescado, para el año 2025. Y para el 2050, se encontrarán más plásticos que pescado (por peso). Además de que éste material es

consumido por diversa fauna marina (Laist, 1997; Derraik, 2002; Macfadyen *et al,* 2009; Young *et al.* 2009; Jacobsen *et al.* 2010; Hammer *et al.* 2012). Recordando que, ya los microplásticos se encuentran ya en la región Ártica (Lusher *et al.* 2015). La búsqueda de materiales alternativos para la fabricación de los plásticos ya es una necesidad, debido al uso exagerado del plástico, a la persistencia del material en el ambiente y a su lenta descomposición (Gross & Kalra, 2002; de Almeida *et al.* 2004; Song *et al.* 2009; Anrady & Neal, 2009; Valero *et al.* 2013; Chen, 2014; Pacheco *et al.* 2014; Reed, 2015). La ingeniería bioquímica ha hecho grandes innovaciones en la materia, llamándolos a éstos bioplásticos.

Los bioplásticos surgen a partir de dos procedimientos distintos. El primero de ellos, es que sus materias primas son recursos renovables, es decir provienen de biomasa (materia orgánica), dígase algas, microorganismos y plantas (por mencionar sólo algunos: maíz, papa, champiñones, nopales, etcétera), llamándolos bioplásticos renovables o biobasados (Bastioli, 2001; Tokiwa & Calabria, 2006; Siracusa *et al.* 2008; van der Maarel *et al.* 2008; Song *et al.* 2009; Pacheco *et al.* 2014). Los otros son llamados bioplásticos biodegradables. Su síntesis química (proceso de fabricación) utiliza monómeros obtenidos a partir de recursos naturales (Bastioli, 2001; Song *et al.* 2009; Pacheco *et al.* 2014; Delgado & Cordaba, 2015). Inclusive hay algunos que combinan ambas características. Los primeros son los que tendrán un gran auge en los próximos años, porque el proceso de fabricación reduce la dependencia de las fuentes fósiles (*Sprajcar et al. 2012*; Valero *et al.* 2013), por ende el petróleo. Por su parte, los plásticos biodegradables presentan una ventaja referente a la gestión de los RSM, ya que se pueden manejar con el resto de materia orgánica en plantas de compostaje.

La mayoría de los bioplásticos (~60%) se utilizan en envases de autoconsumo de vida corta (Reddy *et al.* 2013). Según Peelman *et al* (2013) y Siracura *et al* (2008) se han hecho investigaciones para prolongar el ciclo de vida de los mismos, y diversificar su uso en áreas como la medicina y la agricultura, hasta en el sector electrónico. Bioplastics Council (2012) señala que los bioplásticos tendrán un crecimiento de producción al ~20% por año, aunque la producción actualmente oscila al 1% (Bioplastics Council, 2012; Reddy *et al.* 2013).

Por otro lado, particularmente en el sector industrial, las ramas del envase y el embalaje demandan la producción de plásticos dentro de la cadena productiva. Habiendo ya varios productos que se han innovado como fuentes alternativas de plásticos. Incluso en las ramas de la construcción y conservación de alimentos, por ejemplo. Consorcios europeos son líderes en la producción de bioplásticos, principalmente para la fabricación de bolsas y material de empaque. Por mencionar algunas empresas, están Stanelco, Biotech, Ceresplast, Novamont, Biopolymers e Innovia Films. Llamando a sus diseños de bioplásticos *Biome, Bioplas, Cereplast, Mater-Bi, Solanyl* y *Nature Flex* respectivamente.

En el lado del continente americano, la empresa estadounidense *Ecovative* ha diseñado y patentado un bioplástico renovable, llamándolo *Myco-foam*. La materia prima son los champiñones. La empresa sede en California desea remplazar el *styrofoam* vendido, al menos en los EUA. No obstante, su fundador señala que es un gran reto el remplazo de uno de los materiales plásticos más comúnmente vendidos. BioBag Canada es una empresa canadiense que se ha dedicado a la producción de bolsas que se biodegradan junto con la materia orgánica, es decir son composteables. La materia prima es llamada

Mater-Bi, hecha de almidón de maíz y poliésteres biodegradables. *Earthcycle Packing Canada* es otra compañía que mezcla diversas fibras de madera para la producción de bandejas, platos y demás contenedores de grado alimenticio. La empresa señala que todos sus productos son renovables, composteables y generados de manera responsable y amigablemente con el medio ambiente.

Ubicándonos en México, la empresa *Biofase*, ya posicionada a nivel internacional, produce un bioplástico que su materia prima es la semilla del aguacate. Este bioplástico reemplaza al polipropileno (PP, plástico # 5) y al polietileno (PETE #1 y LDPE #4). Otra empresa es Plastinova, que al mezclar desechos de agave y plástico, obtienen un material apto para la construcción de tabloides. Estos se pueden usar en la fabricación de cimientos de casas e incluso en el diseño de muebles, como sillas. Su producto innovador se llama *Wood Plastic Composite*. Ak Inovex desarrolló una tecnología revolucionaria que no requiere líquidos para la obtención de plástico reciclado. La innovación tiene la capacidad de procesar materiales como unicel, poliestireno (PS #6) y ABS empleando el mismo tipo de maquinaria que es adaptable (Agencia ID**,** 2014). La empresa declara que se puede reciclar más de 90% de cualquier plástico sin usar agua. El nuevo método reduciría los costos a la mitad sin afectar la calidad del proceso. Otra empresa mexicana es Alinsa, la cual se dedica a la fabricación de productos de limpieza ecológicos que utilizan químicos biodegradables. También está el producto Nopalplastic que es un bioplástico con características comestibles, derivado del nopal, que se puede usar en la elaboración de platos y vasos. Los creadores son alumnos y catedráticos de la Universidad de Guadalajara y del Centro Universitario de los Altos. Otra empresa es *BioSolutions*, la cual utiliza el agave como materia prima en

la fabricación del bioplástico. Su compuesto es llamado biocompuesto polimérico. Ésta resina se utiliza en aplicaciones plásticas de uso diario. Por el contrario de Canadá y México, no hay desarrollo de bioplásticos en Belice.

A pesar de los avances e investigaciones realizadas en el campo de los bioplásticos, existen algunas limitaciones debido al manejo y control de sus propiedades físicas y químicas (Valero-Valdivieso *et al.* 2013; EP, 2015). Asimismo de que el costo de producción es 30% superior que el de los plásticos convencionales (Pacheco *et al.* 2014). Además algunos proyectos aún están en fase de prueba en laboratorios, quedándose como prototipos, y otros alcanzan las mermas para su producción a nivel industrial, siendo el financiamiento la más común (de Almeida *et al.* 2004; Song *et al.* 2009; Valero-Valdivieso *et al.* 2013; Chen, 2014; Pacheco *et al.* 2014).

Conclusiones

Los RSM son materiales servibles que pueden ser reutilizados en un segundo proceso productivo. Es menester su gestión porque se puede evitar un desperdicio de recursos materiales y energéticos, además de la prevención de focos de contaminación físicamente (en ambientes terrestres o marinos) como químicamente (gases de efecto invernadero), que afectan de formas diversas a la población y contribuyen a la degradación ambiental. En general, se analizó sobre las formas de gestión pública del manejo de los RSM en Belice, Canadá y México. Se describió la generación de los RSM y se identificó la legislación actual en el sector del manejo de los RSM en los países citados. Se sostiene que la EA es una solución, principalmente la divulgación y uso de las 3R's con énfasis en la toma de conciencia sobre la importancia en la disminución del consumo y la transformación de las prácticas sociales y productivas que consideren disminuir impactos posibles a la naturaleza. Igualmente se abordó el tema de los plásticos, su definición, su producción a nivel mundial y sobre la problemática que surge a través de su mal manejo. Después, se trató el tema de los bioplásticos como medida alternativa al uso de los plásticos convencionales. Posteriormente presenté algunas empresas que se dedican a la fabricación de los bioplásticos a nivel internacional, enfatizando más en México. Me parece muy importante de que los bioplásticos sean fuentes de innovación en la producción de los plásticos alternativos para México. El anexo 1 es un diagrama explicativo tratando simultáneamente los temas expuestos: la definición, la clasificación, la generación, la problemática, el marco normativo, y las posibles soluciones de los RSM.

Al momento de redactar esta tesina, obviamente sabía que existe en la actualidad una gran problemática debido al inadecuado manejo de los RSM. Y analizando la información con números y cifras, me di cuenta de que hay un preocupante mal uso de recursos energéticos, materiales, y por ende económicos. El tema de los RSM debería ser uno de los más importantes en las agendas de desarrollo de la mayoría de los gobiernos. Sabiendo que la generación de los RSM depende de múltiples factores : el aumento de la población y el crecimiento urbano, los patrones de consumo, los ineficientes procesos industriales de los productos de autoabastecimiento, el modelo industrial económico relativo a, además de la escasa durabilidad de los bienes, el incremento de la calidad de vida, el desarrollo económico, asimismo de las modificaciones tecnológicas y la no implementación o quizás, también, la falta de divulgación de la práctica de las 3'Rs. Estos factores no se encuentran seriados, sin embargo todos se interrelacionan entre sí (Anexo 1).

El anexo 2 es una matriz comparativa sobre la información del manejo de los RSM en Belice, Canadá y México, a través de 12 parámetros diferentes. Los cuales son: origen, clasificación (primaria y secundaria), flujos de los RSM, generación (per cápita/día y total/anual), manejo (abarcando principalmente la colecta y la disposición final), costo, reciclado, legislación, economía circular, responsabilidad social, educación ambiental y bioplásticos. En general se puede inferir que Canadá es el país que maneja de mejor manera sus RSM, siguiéndole México y por último Belice, este último careciendo de mucha información referente a los RSM, aunque la información empírica de campo nos permite confirmar ésta situación.

Si bien los tres países tienen fuentes de origen similares: casas-habitación, comercios e instituciones, presentan diferencias sustanciales. Canadá y México tienen otro origen diferente al de Belice, abarcando los residuos de las actividades de construcción y demolición de bienes para Canadá, y los residuos generados en vías y lugares públicos para México. Básicamente la clasificación primaria de los RSM de los tres países se divide en: orgánica e inorgánica. Los residuos inorgánicos son principalmente plástico, vidrio y metal. La clasificación secundaria es muy similar entre Belice y México; Canadá la realiza detalladamente, por ejemplo separando el plástico y el papel, el primero por el tipo de resina y el segundo por el tipo de celulosa. Respecto a los flujos de los RSM, en Belice y México un poco más del 50% son residuos orgánicos y aproximadamente 15% se compone de papel y cartón. En Canadá, la fracción orgánica no representa la mitad de los RSM, el papel es casi 1/3 de los RSM y los restos de construcción junto con las llantas se señalan como parte de los RSM. Por otro lado, las tasas de generación de RSM per cápita como anual, difieren según la fuente de referencia entre los tres países. No obstante para efectos más claros, realicé un promedio aritmético (para ambas tasas), tomando en cuenta únicamente los valores numéricos. Por lo que, para la tasa de generación de RSM per cápita, en Belice cada persona genera 1.55 kg/día, en Canadá cada ciudadano produce 2.23 kg/día, mientras que en México cada individuo genera un 1.04 kg/día. Para la tasa anual de generación de RSM, un promedio de 118,080.183 t/año se generan en Belice, 9,052,149.85 t/año de Canadá y 37,185,729.3 t/año para México. Resultó que México es el país que mayor produce RSM de los tres (registrando una cantidad mayor de población), se resalta que Canadá a nivel individual produce mayor volumen de RSM.

Respecto al manejo de los RSM, Canadá comparte la responsabilidad del manejo entre sus tipos de gobierno, es decir, el federal, provincial/territorial y municipal. En México la responsabilidad es únicamente de los municipios. En las áreas rurales de Belice, la colecta de los RSM es casi nula o ausente, por lo que la gente quema los RSM. En México es importante la participación del sector informal en la gestión de los residuos. Por otro lado, la colecta de los RSM en Canadá es casi del 100%. En México es casi del 95%, pero más que nada se refiere a las áreas urbanas. En Belice, la coleta es del 50% según el Banco Mundial. No obstante, Belice y México presentan comúnmente (desafortunamente) dos disposiciones finales para sus RSM: el tiradero a cielo abierto y la quema a cielo abierto (las más comunes y menos costosas en países emergentes). Canadá como disposición final tiene más de 2000 rellenos sanitarios, y 5 plantas de conversión de energía y casi un 15% de los RSM es transformado para producir composta. México tiene apenas 1 planta de conversión de energía.

Referente a los costos, Canadá es el país que más invierte para el manejo de sus RSM. Además es el país que presenta la tasa de reciclado más alta de los tres, siendo del 25%. La de México es de aproximadamente 4%. No hay datos para Belice. Abarcando la legislación sobre los RSM, la de Canadá es amplia y diversa, ya que cada provincia/territorio tiene su propia ley referente al manejo de los RSM. El país lleva la filosofía de la Economía Circular y el gobierno exige a las industrias que sean responsables de la gestión, colecta y reciclado de las botellas de plásticos, de vidrio, latas. México se rige principalmente por Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003) y Belice maneja 2 actas jurídicas referentes a los RSM. Por terminar la comparación, los últimos dos parámetros son la educación ambiental y

los bioplásticos. Belice carece de información para ambos. Respecto al primero, Canadá tiene más de 6,000 escuelas promoviendo reducción de RSM y patrones de consumo. México tiene la experiencia de este tipo apenas con 600 escuelas. Tanto Canadá y México han desarrollado bioplásticos en los últimos años, consolidándose empresas en el ramo.

A continuación, escribiré sobre mis experiencias personales relativas a los RSM que tuve en Belice y Canadá. Por supuesto no voy a englobar a toda la población, tampoco no estoy generalizando que así sea en todas las regiones de estos países. La experiencia particular que viví en Belice (seis meses) me indica que la población no cuenta con estrategias ni ideas claras sobre el manejo de los RSM, y peor aún ni de su problemática y consecuencias en la salud y el medio ambiente. Por otro lado, mi apreciación personal (ocho meses) que tuve en Canadá es que las personas se sienten comprometidas con el manejo de los RSM. Casi nunca vi residuos en las calles en los lugares que visité. Tratan de promover el reciclaje, incluso en algunos eventos que fui, la entrada a ellos era mostrarles un vaso o plato que no fuera de plástico desechable (lo cual sería una excelente recomendación para implementarlo aquí). En todos los lugares que asistí, los botes de basura, estaban debidamente señalizados e identificados por colores para cada tipo de residuo. Aunque sé que es una arbitrariedad, ya que si estuvieran realmente comprometidos, evitarían los volúmenes que se generan actualmente por el alto consumo de recursos y energía. Recordando que la acción reducir, el primer eslabón de las 3 R's, es sumamente importante para evitar la generación de los RSM.

Particularizando en México, siento que la gran mayoría de los mexicanos no tienen conciencia sobre la problemática de los RSM, mostrando un gran desinterés al respecto. La gente tira residuos en la calle, porque piensa que hay personas que tienen un empleo de recoger los desechos que están en la vía pública. Otra mentalidad, que según yo se presenta en las personas, es que para qué se va a realizar tal acción (por ejemplo de separar los RSM desde la fuente origen, dígase casas-habitación, simplemente en orgánico e inorgánico) si las personas que recogen la basura, revuelven las bolsas de los residuos. Según mi opinión personal, quizás surge la idea muy generalizada de “No miro, o hago que no miro, no sé nada, no hago nada, no me interesa nada”. Sin embargo, creo que no vamos tan mal en términos generales, pero definitivamente podríamos estar mejor referente al manejo de los RSM a nivel nacional. Se necesita de verdad una mayor conciencia sobre la problemática y un cambio de actitud, de estrategias, de tecnologías y de aplicación de políticas públicas y marcos normativos más adecuados a la diversidad territorial y ambiental de México.

Encontré varias disyuntivas en mi investigación. La primera es que por ejemplo, la EPA considera los residuos de hospitales dentro de la categoría de los RSM; para muchos autores y demás instituciones los dejan como “residuos de manejo especial” o simplemente “residuos hospitalarios”. La segunda de ellas es que, según el Banco Mundial los RSM solo se contemplan cuando son producidos en las áreas urbanas; sabiendo por ejemplo, que muchos de los residuos sólidos descartados en las áreas rurales también presentan las mismas características que los desechados en las áreas urbanas. A mi parecer la diferencia es contextual relativa a la cantidad producida y al

volumen de los RSM, aun perteneciendo a un área rural los habitantes igualmente consumen productos y descartan lo que no les sirve.

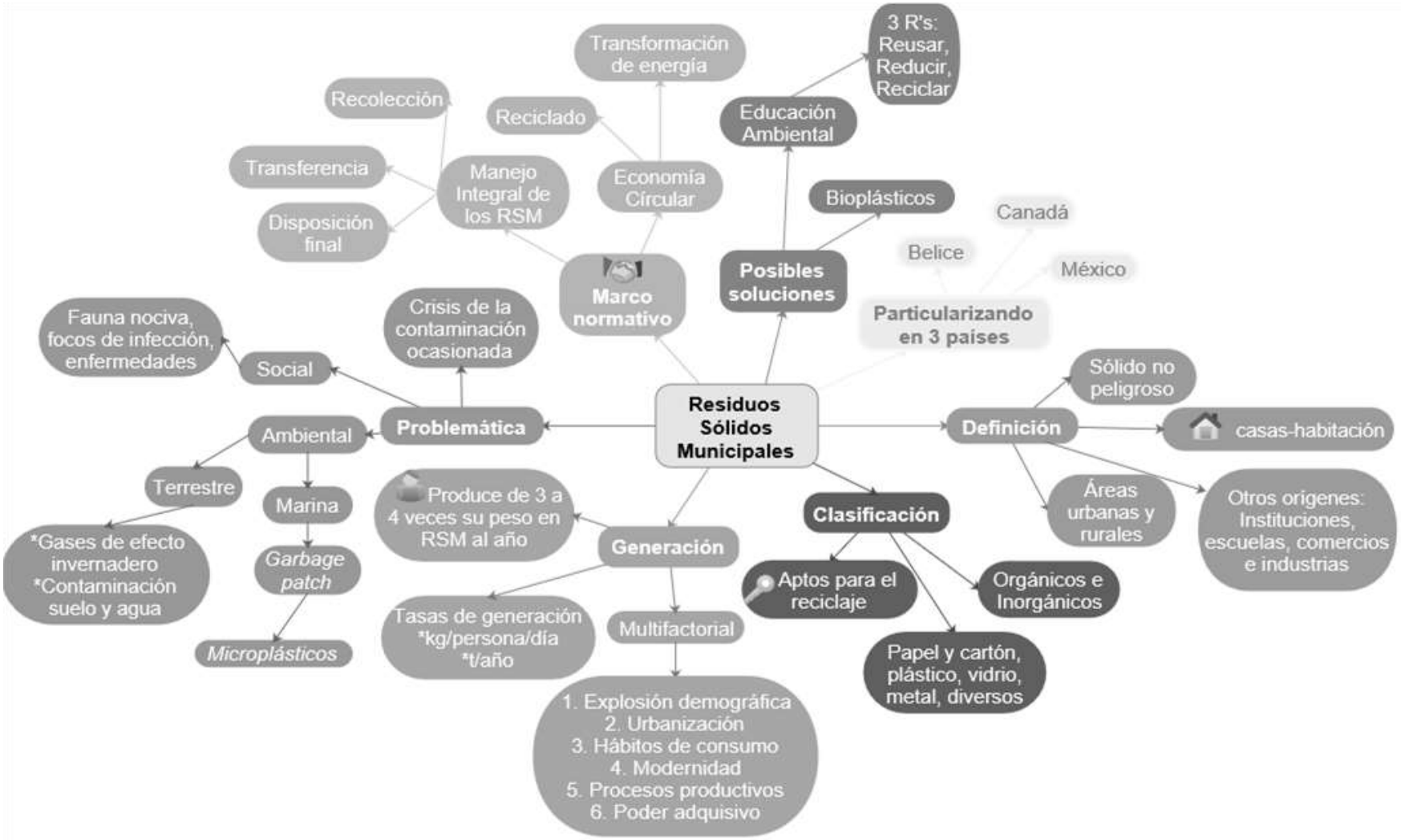
Es importante mencionar que, el plástico es un material altamente usado y versatil para diversas aplicaciones de la vida diaria y que las cantidades desechadas a nivel mundial son alarmantes. El volumen del plástico en los océanos, es un tópico relevante, si se habla de desarrollo sustentable. Considero que la industria de la fabricación de los bioplásticos (si bien es emergente, es creciente) presenta muchas áreas de oportunidad de desarrollo. La Economía Circular es ideal para la gestión óptima de energía, agua y residuos en los procesos productivos de los productos de autoabastecimiento, y la industria debería hacerse cargo de la colección de las botellas de plástico o de vidrio. Considero que para que haya un cambio verdaderamente sustancial respecto a los RSM en América Latina, refiriéndome particularmente en México, creo que el gobierno debe de establecer marcos legales y normativos que obligue a las empresas para que se hagan responsables del reciclaje de los residuos generados. Esto por medio de la elaboración y la debida puesta en marcha de políticas públicas con énfasis a la promoción de Economías Circulares, introduciendo los residuos nuevamente a la cadena de suministro de materias primas, ocasionando por lo tanto un ahorro económico y de recursos. Es decir, que se adquiera un compromiso empresarial respecto al correcto manejo, específicamente del plástico, metal y vidrio. Asimismo, creo pertinente que el gobierno debería realizar más divulgación sobre la práctica de las 3 R's en todos los municipios, actualmente sólo 314 (~12% de los 2456 municipios existentes) tienen programas referentes. Además de que el gobierno, tiene que promover acciones de fomento de las 3 R's en programas educativos formales e

informales para asumir un papel de responsabilidad ambiental ante esta gran problemática. Las escuelas podrían jugar un papel clave en éste proceso. Las Eco-schools no sólo deberían ser 600 y su implementación sería ideal en otros lugares, no solo en los tres estados que se ha llevado a cabo (Estado de México, Morelos y Quintana Roo). De la misma manera, existen ya algunas experiencias donde las escuelas establecen centros de reciclado de residuos sólidos donde la mayoría de las familias lleva de sus casas sus residuos separados y la escuela los comercializa (Por ejemplo: Casita de reciclado del Centro educativo Pequeño Sol en San Cristóbal de Las Casas).

Para finalizar, considero que el manejo de los RSM es muy importante, no es el 100% de la panacea para la conservación del ambiente. Se necesitan demás atenciones y acciones en otros eslabones, por ejemplo, la conservación de la biodiversidad y la protección de las áreas verdes a nivel regional, nacional e internacional, para el cuidado de la naturaleza y de sus recursos naturales. Y pues lo más importante, “Actuar local, pensando globalmente”. Me queda claro que, por acciones individuales practicadas a gran escala, podría hacerse la diferencia. Yo trato casi siempre, por ejemplo de traer desde una botella de plástico (para rellenarla de líquidos cuantas veces se requiera) hasta utensilios de plástico resistente y así evitar plástico desechable de un sólo uso, al igual de evitar realmente al mínimo las bolsas de plástico, comprar a granel las frutas y verduras, traer siempre bolsas de tela, en fin, no voy a cambiar el mundo y no resolveré la problemática ligada a los residuos. Pero mi mundo, mi universo personal, si cambia. Finalmente quisiera citar a Eduardo Galeano: *“Mucha gente pequeña en lugares*

pequeños, haciendo cosas pequeñas pueden cambiar el mundo". Y si esta idea la tuviera la mayoría de la población, otras posibilidades tangibles serían diferentes.

Anexo 1. Diagrama gráfico de los RSM



Anexo 2. Matriz comparativa sobre los RSM en Belice, Canadá y México

Residuos Sólidos Municipales			
	País		
Parámetro	**Belice**	**Canadá**	**México**
1. Origen	3 fuentes *Casas-habitación *Comercio (incluye el turismo) *Instituciones y escuelas (BSWMA, 2011; IADB, 2011)	4 fuentes *Casas-habitación *Industrias y comercios *Instituciones y escuelas *****Actividades de construcción y demolición de bienes (SC; 2012; CCME, 2014)	4 fuentes *Casas-habitación *Comercios e industrias *Instituciones y escuelas *****Vías y lugares públicos (SEMARNAT, 2009)
2. Clasificación - (1) Primaria - (2) Secundaria	1: Orgánicos* e Inorgánicos** 2: *Materiales biodegradables, *Otros materiales **Papel, Plástico, **Vidrio, **Metales, **Materiales peligrosos y **Otros (BSWMA, 2011)	1: Fibras de papel, Plástico, Metal, Vidrio, Materiales especiales, Materiales composteables y Otros (CCME, 2014). La clasificación secundaria es amplia y diversa, particularmente los plásticos los separan conforme a su tipo de resina, las fibras de papel dependiendo de su contenido de celulosa, el vidrio es separado por su color; de la misma manera, hacen la distinción entre materiales especiales y otros materiales.	1: Orgánicos, inorgánicos** y basura 2: **Papel, **Plástico, **Metal, **Vidrio y **Otros (SEMARNAT, 2009)

3. Flujos de RSM	60% material orgánico; 20% papel y cartón (WB, 2012; ISWA, 2013) 33% material biodegradable, 19% plástico y 16% papel (BSWMA, 2011)	40% material orgánico; 20% papel y cartón (ISWA, 2013) 24% orgánico, 47% papel y 13% de metales (WB, 2012) 29% origen orgánico, 17% cartón, 24% papel, 4% plásticos, 8.5% restos de construcción y 2% llantas (SC, 2012)	51.5% material orgánico; 15.2% de papel y cartón (WB, 2O12; ISWA, 2013; SEMARNAT, 2013)
4. Generación Per cápita ~ promedio aritmético	1.10 kg/día (ISWA, 2013) 2.87 kg/día (WB, 2012) 0.680 kg/día (CSO, 2012) ~ 1.55 kg/día	2.13 kg/día (ISWA, 2013; CCME, 2014) 2.33 kg/día (WB, 2012) ~ 2.23 kg/día	0.94 kg/día (ISWA, 2013 1.24 kg/día (WB, 2012) 0.95 kg/día (SEMARNAT, 2009) ~1.04 kg/día
4. Generación Anual ~ promedio aritmético	143,852 t (ISWA, 2013) 130,130.85 t (WB, 2012) 80,257.70 t (CSO, 2012) ~118,080.183 t	26,793,119 t (ISWA, 2013; CCME, 2014) 18,104,299.66 t (WB, 2012) ~9,052,149.85 t	39,385,595 t (ISWA, 2013) 36,132,670.16 t (WB, 2012) 36,038,922.41 t (SEMARNAT, 2009) ~37,185,729.3 t
5. Manejo	La colecta y disposición final de los RSM es realizada de manera independiente con subvenciones del gobierno de cada distrito, excepto por el distrito de Belice, que se realiza de manera privada (CSO, 2012). Principalmente en las áreas rurales, la colecta de los RSM es casi nula o ausente, por lo que la gente quema los RSM (BID-AIDIS-OPS, 2010).	La responsabilidad de la gestión de los RSM es compartida entre los tres tipos de gobierno, el federal, provincial/territorial y municipal (EC, 2015). La colecta, el procedimiento (reciclado o composta) y la disposición final son responsabilidades de los gobiernos municipales, mientras que las provincias/territorios son responsables de la aprobación y el debido monitoreo de éstas operaciones (EC, 2015).	Corresponde a los municipios la responsabilidad de prestar el servicio de limpia (SEMARNAT, 2009; INEGI, 2012). El manejo de los RSM se entiende a la colección y la disposición final de los mismos (INEGI, 2012). La participación del sector informal en la gestión de los residuos es importante (PNUMA, 2013).

5.1 Colecta	50% (WB, 2012) 85.2% (BID-AIDIS-OPS, 2010; ISWA, 2013)	99% (SC, 2012; WB, 2012; ISWA, 2013)	93.2% (BID-AIDIS-OPS, 2010; WB, 2012; ISWA, 2013)
5.2 Disposición final	100% de los residuos colectados van hacia el relleno sanitario (WB, 2012; ISWA, 2013). Del otro 50% de los RSM no recolectados, 85.2% su disposición final son vertederos a cielo abierto y 14.8% son quemados a cielo abierto (BID-AIDIS-OPS, 2010; WB, 2012).	El país cuenta con más de 2000 rellenos sanitarios para la disposición final de los RSM (SC, 2012). 5 plantas de conversión de energía (763,000 t/RSM) (SC, 2012). 13% de los RSM son usados para producir composta (WB, 2012).	1881 sitios de disposición final, de los cuales 238 son rellenos sanitarios y 1643 son tiraderos a cielo abierto (INEGI, 2012). 67% de los RSU se dispuso en rellenos sanitarios y sitios controlados; 33% se depositó en sitios no controlados (SEMARNAT, 2009). 65.6% de los RSM tienen como disposición final el relleno sanitario, vertedero controlado y el vertedero a cielo abierto representan casi un 12% cada uno, la quema a cielo abierto es de 5.9% principalmente en las zonas rurales (BID-AIDIS-OPS, 2010). 1 planta de generación de energía eléctrica (SEMARNAT, 2009; INEGI, 2012).
6. Costo	Colección 30-75 US $/t (WB, 2012). Disposición final al relleno sanitario15-40 US $/t (WB, 2012).	279 US $ por tonelada de RSM Colección 30-75 US $/t (WB, 2012). Disposición final al relleno sanitario 15-40 US $/t (WB, 2012). Compostaje 35-90 US $/t (WB, 2012). Generación de energía 70-200	Colección 40-95 US $/t (WB, 2012). Disposición final al relleno sanitario 25- 65 US $/t (WB, 2012). Barrido 24.89 US $/km (BID-AIDIS-OPS, 2010). Colección 34.22 US $/t (BID-AIDIS-OPS, 2010).

		US $/t (WB, 2012). 2.6 billones de dólares en el manejo de los RSM, (el monto más alto el de la recolección /transporte es de 1,700,000 de dólares) (SC, 2012).	Transferencia 12.01 US $/t (BID-AIDIS-OPS, 2010). Disposición final 24.43 US $/t (BID-AIDIS-OPS, 2010).
7. Reciclado	-	25% (SC, 2012; WB, 2O12; ISWA, 2013).	3.3% (BID-AIDIS-OPS, 2010; WB, 2012; ISWA, 2013). 10% (Avedoy, 2006).
8. Legislación	*The Environmental Protection Act No. 22/1992* *The Environmental Protection Act No. 328/2003* (IADB, 2011)	*Canadian Environmental Protection Act 1999* (CEPA, 1999) y *National Zero Waste Council* (2012) (EC, 2015). Cada provincia/territorio tiene su propia legislación sobre los RSM que se generan sobre su área (EC, 2015). *Waste Management Act 2004 (British Columbia), Waste Reduction and Management Strategy 2007 (Alberta), Waste Reduction and Pollution Prevention Strategy 2012 (Manitoba), Waste Reduction Act 2002 Strategy 2013 (Ontario), Solid Waste Management Action Plan 2011-2015 (Québec), Action Plan 2001 (New Brunswick), Solid Waste Resource Strategy 2001 (Nova Scotia), Strategy 2002 (Newfoundland and Labrador)* y *Solid Waste Action Plan 2010*	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Ley Estatal de Protección al Ambiente (LEPA). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003). (SEMARNAT, 2009; INEGI, 2012; SEMARNAT; 2013).

		(Yukon Territory).	
9. Economía Circular	-	*Thematic Strategy on the Prevention and Recycling of Waste* (CCME, 2014; EC, 2015).	-
10. Responsabilidad social	-	Las industrias son encargadas y tienen la responsabilidad de la gestión, colecta y reciclado de las botellas de plásticos, de vidrio, latas, etcétera (EC, 2015). *Extended Producer Responsability (*EPR) y *Product Stewardship* (PS) para la colecta y reciclado de los diversos RSM (CCME, 2014; EC, 2015).	Empresa Socialmente Responsable e ISO-14000 (SEMARNAT, 2013).
11. Educación Ambiental	-	*Waste Reduction Week* (EC, 2015). *Zero waste lifestyle* (EC, 2015). 6,000 *Green Schools* (SEPN, 2014).	De los 2456 municipios que existen, sólo 314 tienen programas locales orientados a la gestión de los RSM, haciendo alusión en la práctica de las 3 R's (INEGI, 2011). 600 *Eco-Schools*
12. Bioplásticos	-	*Strategy for Sustainable Packaging* (CCME, 2014; EC, 2015). Empresas: *BioBag Canada, Earthcycle Packing Canada*	Empresas: *Biofase,* Plastinova, *BioSolutions* Producto: Nopalplastic

Referencias

Agencia ID (2014). *Crean tecnología para reciclar plásticos sin requerir agua.* (en línea) Disponible en: http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/12/27/crean-tecnologia-para-reciclar-plasticos-sin-requerir-agua-1742.html (Página consultada el 08 de febrero de 2016).

Andrady, A.L., & Neal, M.A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. *Biological Sciences*, vol. 364, no 1526, p. 1977-1984.

André, F.J., & Cerdá, E. (2004). Landfill construction and capacity expansion. *Environmental and Resource Economics*, vol. 28, no 4, p. 409-434.

Aronson, J., Milton, S.J., Le Maitre, D., Esler, K.J., Limouzin, A., Fontaine, C., P. de Wit, Mugido, S., Prinsloo, P., Vad Der Elst, L., & Lederer, N. (2010). Are Socioeconomic Benefits of Restoration Adequately Quantified? A Meta-analysis of Recent Papers (2000-2008). *Restoration Ecology*, vol. 18, no 2, p. 143–154.

Arthur, C., Baker, J. & Bamford, H., eds. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*. United States of America: National Oceanic and Atmospheric Administration.

Avedoy, V.J.G. (2006). *Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos*. México: Instituto Nacional de Ecología.

Avfall Sverige *(2015*). *The Swedish recycling revolution.* (en línea) Disponible en: https://sweden.se/nature/the-swedish-recycling-revolution/ (Página consultada el 02 de febrero de 2016).

Barnes, D.K., Galgani, F., Thompson, R.C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, vol. *364*, no 1526, p. 1985-1998.

Bastioli, C. (2001). Global status of the production of biobased packaging materials. *Starch-Stärke*, vol. 53, no 8, p. 351-355.

Bauman, Z. (2010). *Mundo Consumo.* Barcelona: Paidós Ibérica.

Belmont, R.O. (2010). XVIII Congreso Internacional del Medio Ambiente "Cambio Climático y la COP 16" *Panel Plásticos Biodegradables "Plásticos Biodegradables – Visión del Sector Gubernamental".*

Bernache, G., Sánchez, S., Garmendia, A., Dávila, A., & Sánchez, M. (2001). Solid Waste characterization study in the Guadalajara metropolitan zone, Mexico. *Waste Management & Research*, vol. 19, no 1, p. 413-424.

BID-AIDIS-OPS (Banco Interamericano de Desarrollo- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental- Organización Panamericana de la Salud) (2010). Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010. 164 p.

BioBag Canada (2015). *BioBag Canada Inc*. (en línea) Disponible en: *http://www.biobag.ca* (Página consultada el 09 de febrero de 2016)

Biofase (2015) *Biofase.* (en línea) Disponible en: http://www.biofase.com.mx/ (Página consultada el 10 de Febrero de 2016).

Bioplastics Council (2012). *Bioplastics Industry - Overview Guide - Executive summary,* 44 p.

BioSolutions (2015) *BioSolutions.* (en línea) Disponible en: http://biosolutionsmexico.com/ (Página consultada el 10 de febrero de 2016).

Boada, M., & Toledo, V.M. (2003). *El planeta, nuestro cuerpo*. *La ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad.* México: Fondo de Cultura Económica, Secretaría de Educación Pública y El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

BSWMA (Belize Solid Waste Management Authority) (2011). *Waste Generation and Composition Study for the Western Corridor, Belize C.A. 2056/OC – BL, Final Report.* Ministry of Natural Resources. 124 p.

CCME (Canadian Council of Ministers of Environment) (2014). *State of Waste Management in Canada.* 134 p.

Céspedes, V.A. (1995). El meta-análisis. Revista cubana de medicina militar. La Habana: Instituto Superior de Medicina Militar “Dr. Luis Díaz Soto”.

Chen, Y.J. (2014). Bioplastics and their role in achieving global sustainability (2014). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, vol. 6, no 1, p. 226-231.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, vol. *62*, no 12, p. 2588-2597.

Craig, J.R., Vaughan, D.J., Skinner, B.J. (2007). *Recursos de la Tierra: origen, uso e impacto ambiental*. 3ª edición. Madrid: Pearson Prentice Hall.

CSO (Central Statistical Office) (2012). *Environmental Statistics for Belize.* Environmental Statistics Unit, 115 p.

de Almeida, A., Ruiz, J., López, N., & Pettinari, J. (2004). Bioplásticos: una alternativa ecológica. *Revista Química Viva*, vol. 3, no 3, p. 23-29.

Delgado, A.C., & Cordoba, A.M. (2015). Polihidroxialcanoatos (PHA's) producidos por bacterias y su posible aplicación a nivel industrial. *Revista Informador Técnico*, vol. 79, no 1, p. 83-101.

Derraik, J.G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, vol. *44*, no 9, p. 842-852.

DRAE (Diccionario de la Real Academia Española) (2015). *Definición de palabras*. (en línea) Disponible en: http://dle.rae.es/ (Página consultada el 10 de diciembre de 2015).

EC (Environment Canada) (2012). *Human Activity and the Environment: Waste Management in Canada.* (en línea) Disponible en: https://www.ec.gc.ca/gdd-mw/default.asp?lang=En&n=EF0FC6A9-1 (Página consultada el 09 de febrero de 2016).

Eco-schools (2013). *Eco-schools en México.* (en línea) Disponible en: http://www.eco-schoolsmexico.org.mx/conocenos-Eco-Mexico.html (Página consultada el 26 de abril de 2016).

Ecovative (2015) *Ecovative* (en línea) Disponible en: http://www.ecovativedesign.com/materials (Página consultada el 11 de febrero de 2016).

Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., & Aldridge, D.C. (2015). Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water research*, vol. *75*, no 1, p. 63-82.

Ellis, E.C., & Ramankutty, N. (2008) Putting people on the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and Environment,* vol. 6, no 1, p. 439-447.

EPA (Environmental Protection Agency) (2015). *Municipal Solid Waste.* (en línea) Disponible en: http://www3.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/ (Página consultada el 01 de diciembre de 2015).

Eurostat (2011). *Plastic Packaging Waste Treatment Tables.* (en línea) Disponible en: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/ setupModifyTableLayout.do (Página consultada el 25 de febrero de 2016).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2012). *How to feed the World in 2050.* Executive resume. 26 p.

GAIA (2012). *On the Road to Zero Waste – Successes and Lessons from Around the World. Global Alliance for Incinerator Alternatives.* (en línea) Disponible en: http://www.no-burn.org/ (Página consultada el 19 de enero de 2016).

Gall, S.C., & Thompson, R.C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine pollution bulletin*, vol. *92*, no 1, p. 170-179.

García, F.J A., & Tena, E.C. (2006). Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas. *Cuadernos económicos de ICE*, vol. 71, no 1, p. 71-91.

Gilpin, A. (2003). Economía ambiental- Un análisis crítico. México: Alfaomega.

Gross, R.A., & Kalra, B. (2002). Biodegradable polymers for the environment. *Science,* vol. 297, no 5582, p. 803-807.

Hammer, J., Kraak, M.H., & Parsons, J.R. (2012). Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift. *In* Whitacre, D.M., *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (1-44 p). New York: Springer.

IADB (Inter-American Development Bank) (2011). *Issue Paper 07 – Existing Issues of the Environment in Belize City.* Belize, 40 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2012). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011. Módulo 6 "Residuos Sólidos Urbanos".*

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, 56 p.

ISWA (International Solid Waste Association) (2013). *Waste Atlas Report* . 44 p.

Jacobsen, J.K., Massey, L. y Gulland, F. (2010). Fatal ingestion of floating net debris by two sperm whales (Physeter macrocephalus). *Marine Pollution Bulletin*, vol. 60, no 15, p. 765-767.

Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, vol *347*, no 6223, p. 768-771.

Jordan, R., & Simioni, D. (1998). Ciudades intermedias de América Latina y el Caribe: propuestas para la gestión urbana. *In* Comisión Económica para América Latina y el Caribe, El proyecto gestión urbana en ciudades intermedias seleccionadas de América Latina y el Caribe (p. 218- 239).

Kershaw, P., Katsuhiko, S., Lee, S., Samseth, J., Woodring, D., & Smith, J. (2011). Plastic debris in the ocean. *UNEP Year Book*, 20-33 p.

Laist, D.W. (1997). Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. *In* Coe, J.M. & Rogers, B.D., *Marine debris: sources, impacts and solutions* (p.99-141). Berlin: Springer Science & Business.

Lusher, A.L., Tirelli, V., O'Connor, I., & Officer, R. (2015). Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific reports*, vol. 5, no 1, p. 1-9.

Macfadyen, G., Huntington, T. y Cappell, R. (2009). *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear.* UNEP Regional Seas Reports and Studies 185, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 523, 115 p.

Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental science & technology*, vol. *35*, no 2, p. 318-324.

Miller, G.T. (2002). Introducción a la Ciencia Ambiental-Desarrollo Sostenible de la Tierra- Un enfoque integrado. 5ª Edición. Madrid: Thomson-Paraninfo.

Nadi, B., Mahmud, A.R., Shariff, A.R., & Ahmad, N. (2009). Use of geospatial technology for landfill site selection. *Journal of Environmental Science and Engineering*. Vol. 9, no 1, p. 28–34.

Nopalplastic (2015) *Bioplástico comestible hecho en México.* (en línea) Disponible en: http://www.sabermas.umich.mx/secciones/enterate/346-nopalplastic-bioplastico-comestible-hecho-en-mexico.html (Página consultada el 10 de febrero de 2016).

Ocean Conservancy (2015). Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean. (en línea) Disponible en: http://www.oceanconservancy.org/our-work/marine-debris/mckinsey-report-files/full-report-stemming-the.pdf (Página consultada el 23 de febrero de 2016)

UN (United Nations) (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.* 41 p.

Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I., & Thompson, R.C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, vol. 2, no 6, p. 315-320.

Opara, J.A (2008). "Urban Waste Control and Management: issues and Challenges": *Journal of Environmental Management and Education*, vol. 1, no 1, p. l- 61.

OPS (Organización Panamericana de Salud) (2005). *Regional Report on the Evaluation of Municipal Solid Waste Management Services for Latin America and the Caribbean.* Washington, 121 p.

Pacheco, G., Flores, N.C., & Rodríguez-Sanoja, R. (2014). Bioplásticos. *BioTecnología*, vol. 18, no 2, p. 27-36.

Palnitkar, S. (2002). "*Manual of Solid Waste Management*". Mumbai: AIILSG, 9 p.

Phys (2013). *Researchers study microplastic pollution effect on ocean ecology* (en línea) Disponible en: http://phys.org/news/2013-11-microplastic-pollution-effect-ocean-ecology.html (Página consultada el 20 de enero de 2016).

Peelman, N., Ragaert, P., De Meulenaer, B., Adons, D., Peeters, R., Cardon, L., F. Van Impe, & Devlieghere, F. (2013). Application of bioplastics for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 32, no 2, p. 128-141.

Pequeño Sol (2016) *Reciclaje* (en línea) Disponible en http://www.pequenosol.org/reciclaje/ (Página consultada el 25 de abril de 2016).

PlasticsEurope (2015). *Plastics – the Facts 2015 An analysis of European plastics production, demand and waste data*. 30 p.

Plastinova (2014) *Plastinova.* (en línea) Disponible en (http://invdes.com.mx/tecnologia-mobil/6341-al-mezclar-desechos-de-agave-y-plastico-obtiene-empresa-material-para-construccion (Página consultada el 23 de febrero de 2016).

Radio Canadá (2015). *Un sac d'épicerie sur quatre à la poubelle.* (en línea) Disponible en : http://ici.radio-canada.ca/nouvelles/societe/2015/12/02/001-gaspillage-alimentaire-poubelle-vancouver.shtml (Página consultada el 04 de febrero de 2016).

Ramachandra, T.V. (2006). *Management of Solid Waste*. Centre for Ecological Science. Indian Institute of Science, Bangalore, India: Capital Publishing Company.

Reddy, M.M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S.K., & Mohanty, A. K. (2013). Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, vol. 38, no 10, p. 1653-1689.

Reed, C. (2015). Dawn of the plasticene age. *New Scientist*, vol. *225*, no 3006, p. 28-32.

Rockström, J., & Karlberg, L. (2010). The Quadruple Squeeze: Defining the safe operating space for freshwater use to achieve a triply green revolution in the Anthropocene. *Ambio*, vol. *39*, no 3, p. 257–265.

Santos, R.G., Andrades, R., Boldrini, M.A., & Martins, A.S. (2015). Debris ingestion by juvenile marine turtles: An underestimated problem. *Marine pollution bulletin*, vol. *93*, no 1, p. 37-43.

Segura, D., Noguez, R., & Espín, G. (2007). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología*, vol. 14, no 3, p. 361-372.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2009). *Minimización e impacto ambiental de los residuos sólidos*. 234 p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2013). *Compendio de Estadísticas Ambientales 2013.* (en línea) Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/compendios-de-estadisticas-ambientales (Página consultada el 24 de febrero de 2016).

SEPN (The Sustainability and Education Policy Network) (2014). *K-12 Environmental Certification Programs: Building Greener Schools and Environmental Citizens.* (en línea) Disponible en: http://sepn.ca/wp-content/uploads/2014/11/EC-12-Certifications-Programs-FINAL.pdf (Página consultada el 26 de abril de 2016).

Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., & Dalla Rosa, M. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 19, no 12, p. 634-643.

Song, J. H., Murphy, R. J., Narayan, R., & Davies, G. B. H. (2009). Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, vol. *364*, no 1526, p. 2127–2139.

Sprajcar, M., Horvat, P., & Krzan, A. (2012). *Biopolymers and bioplastics: plastics aligned with nature, Plastice proyect. Innovative value chain for development for sustainable plastics in Central Europe.* European Union. p. 1-32.

Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Carole Crumley, C., Crutzen, P., Folke, C., Gordon, L., Molina, M., Ramanathan, V.,

Rockström, J., Scheffer, M., & Schellnhuber, H.J. (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, vol. *40*, no 7, p. 739-761.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S.R., Vries, W., de Witt, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heincke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, vol. 347, no 6223, p. 101126-1259855.

Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2007). *Handbook of solid waste management*. 2nd edition. New York: McGraw-Hill.

Tokiwa, Y., & Calabia, B.P. (2006). Biodegradability and biodegradation of poly (lactide). *Applied microbiology and biotechnology*, vol. *72*, no 2, p. 244-251.

Toledo, A. (1998). *Economía de la Biodiversidad.* México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

UNEP (United Nations Environment Programme) (2011). *UNEP Year Book 2011: Emerging Issues in Our Global Environment*. 77 p.

UNEP (Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas) (2013). *Guía para la elaboración de Estrategias Nacionales de Gestión de Residuos. Avanzar desde los desafíos hacia las oportunidades.* 110 p.

UNEP (United Nations Environment Programme) (2014). *UNEP Year Book 2014: Emerging Issues in Our Global Environment*. 66 p.

UNEP- ISWA (United Nations Environment Program- International Solid Waste Association) (2015). *Global Waste Management Outlook.* 346 p.

UNPD (United Nations Population Division) (2007). *World urbanization prospects: The 2007 revision*. New York: United Nations Population Division.

Val, A. (2004). *Tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Textos sobre sostenibilidad. Cuadernos de investigación urbanística.* (en línea) Disponible en: http://www.fundicot.org/movilidad/Text_sosten41.pdf (Página consultada el 10 de enero de 2016).

Valero-Valdivieso, M.F., Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas. *Dyna*, vol. 80, no 181, p. 171-180.

van Cauwenberghe, L., & Janssen, C.R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, vol. *193,* no 1, p. 65-70.

van der Maarel, M.J., van der Veen, B., Uitdehaag, J. C., Leemhuis, H., & Dijkhuizen, L. (2008). Properties and applications of starch-converting enzymes of the α-amylase family. *Journal of biotechnology*, vol. 94, no 2, p. 137-155.

van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B. D., van Franeker, J. A., Eriksen, M., Siegel , D., Galgani, F. & Law, K. L. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, vol. *10*, no 12, p. 1-12.

WB (World Bank) (2001). *Glossary of Municipal Solid Waste Management Terms* (en línea) Disponible en: http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/EXTUSWM/0,,contentMDK:20241717~pagePK:148956~pi

PK:216618~theSitePK:463841,00.html#s (Página consultada el 03 de diciembre de 2015).

WB (World Bank) (2012). *What a Waste: A global review of solid waste management*. 95 p.

WEF (World Econonic Forum) (2016). *The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics* (en línea) Disponible en: http://www.weforum.org/reports/the -new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics. (Página consultada el 02 de febrero de 2016).

WI (Worldwatch Institute) (2013). *State of the World 2013: Is Sustainability Still Possible?.* 433 p.

Wilson, D., & Velis, C. (2015). Waste management – still a global challenge in the 21st century: An evidence-based call for action. *Waste Management & Research*, vol. 33, no 12, p. 1049 –1051.

WRI (World Resources Institute) (2015). *How food waste costs our cities millions.* (en línea) Disponible en: http://www.wri.org/blog/2015/04/how-food-waste-costs-our-cities-millions. (Página consulta el 22 de enero de 2016).

Young, C. (2008). Belize's Ecosystems: Threats and Challenges to Conservation in Belize. *Tropical Conservation Science,* vol. 1, no 1, p. 18-33.

Young, L.C., Vanderlip, C., Duffy, D.C., Afanasyev, V., & Shaffer, S.A. (2009). Bringing home the trash: do colony-based differences in foraging distribution lead to increased plastic ingestion in Laysan albatrosses?. *PloS one*, vol. *4*, no 10, e7623.