

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



TÍTULO:

**“ SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
DOMICILIARIOS PARA LA CIUDAD DE MEXICALI B. C. ”**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

HUGO FAVELA AVILA

DIRECTORA DE TESIS

DRA. SARA OJEDA BENÍTEZ

Mexicali, B. C.

Agosto del 2010



Índice

	Pag.
Capítulo 1. Antecedentes	
1.1 Introducción.....	4
1.2 Planteamiento del problema.....	9
1.3 Objetivo.....	14
1.4 Objetivos específicos.....	14
1.5 Justificación.....	14
Capítulo 2. Marco Teórico	17
2.1 Situación actual de los residuos sólidos municipales (RSM)	17
2.1.1 Países desarrollados.....	19
2.1.2 Países en vías de desarrollo.....	20
2.1.3 México.....	24
2.2 Impactos ambientales en el manejo de los residuos sólidos municipales (RSM)	26
2.2.1 Ciclo de los RSM.....	26
2.2.2 Generación y acumulación de los RSM.....	30
2.2.2.1 Generación de los residuos sólidos domésticos.....	31
2.2.3 Contaminación por residuos sólidos municipales (RSM) y factores de riesgo	33
2.2.3.1 Impacto de los residuos sólidos domésticos.....	35
2.2.4 Gestión de RSM y el cambio climático.....	36
2.3 Modelos de manejo de residuos sólidos municipales	39
2.3.1. Sistemas de manejo de RSM en países desarrollados.....	40
2.3.2. Sistemas de manejo de RSM en México.....	44
2.3.3. Manejo actual de los residuos sólidos en el municipio de Mexicali.....	45
2.3.3.1 Mexicali y sus residuos, gasto o inversión.....	46
2.3.3.2 Ventajas del buen manejo de los RS en una comunidad.....	48
2.3.3.3 Técnicas de reciclaje de materiales reciclados en una comunidad.....	50
2.4 Materiales desechados en el flujo de RSD en Mexicali	57
Capítulo 3. Metodología	60
3.1 Diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad de Mexicali para un estudio de generación de residuos	61
3.2 Procedimiento	65
3.2.1 Clasificación de RSD.....	66
3.2.2 Cuantificación de residuos sólidos domiciliarios peligrosos.....	69



3.2.3 Determinación de generación per cápita.....	72
3.2.4 Análisis de proporciones independientes.....	73
Capítulo 4. Resultados.....	75
4.1 Generación de residuos domiciliario por vivienda y por estrato socioeconómico.....	75
4.2 Cuantificación de los residuos sólidos domiciliarios en Mexicali.....	78
4.3 Diferencias de generación entre estratos socioeconómicos de cada muestreo estacional.....	88
4.4 Los Residuos Sólidos Domiciliarios Peligrosos (RSDP) en el flujo de RSD en Mexicali.....	100
4.5 Propuesta del Sistema de Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios para Mexicali.....	105
4.5.1 Situación actual de los RSD en Mexicali.....	106
4.5.2 Recolección y recuperación actual de RSD en Mexicali.....	109
4.5.3 Estrategias para mejorar el sistema actual de RSD en Mexicali.....	113
4.5.3.1 Tecnología y técnicas de recolección, separación y recuperación manejo de RSD.....	126
Capítulo 5. Discusión.....	132
Capítulo 6. Conclusión y Recomendaciones.....	138
Referencias Bibliográficas.....	142
Anexo 1.....	148
Anexo 2.....	149



1.1. Introducción

A través del tiempo se han observado cambios en el medio en el cual habitamos. El movimiento social en las ciudades y zonas rurales ha hecho que se produzcan impactos sobre el medio ambiente que los rodea. El poder satisfacer las necesidades de los grupos sociales y las actividades que estos realizan han provocado problemas debido a la generación de residuos sólidos, superando la capacidad de asimilación de la tierra (Marchetinni et al., 2007). La generación de residuos sólidos provoca contaminación del suelo, agua y aire, lo que afecta a todos los seres vivos, ya que son recursos vitales para el desarrollo de los organismos (Hernández y Bonfil, 1997).

Los ayuntamientos trabajan día a día para satisfacer necesidades de sus comunidades, como son proporcionar servicios públicos mínimos para tener un nivel de vida aceptable y digna. También enfrentan el problema de la generación excesiva de residuos sólidos, y a su vez el mal manejo de los mismos por el incremento de costos que esto implica (Sharholy et al., 2007). Es importante poner atención en la generación de residuos por actividades industriales o urbanas, ya que el evitar su generación puede prevenir problemas que son en la actualidad muy importantes para el desarrollo de la vida. Por ello se justifica la realización de estudios que busquen soluciones para el manejo de los residuos sólidos y de esta manera poder ayudar a mejorar la calidad de vida de los habitantes de una comunidad (Diario Oficial de la Federación (DOF), 2003).

En zonas densamente pobladas, la generación de residuos sólidos se contabiliza en toneladas diarias, se requiere de numeroso recurso humano y técnico especializado para su recolección y manejo de manera cotidiana (Vicente y Reis, 2008). De acuerdo a cifras del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI), en el año de 1996 en México se generaba alrededor de 87, 560 toneladas diarias de residuos sólidos municipales (RSM), en tan sólo un año se acumularon cerca de 32 millones de toneladas en México. En ese año el país



promediaba 917 gramos/ per cápita por día, crecimiento relevante desde 1992 cuando México promediaba 766 gramos/ per cápita por día (Bernache, 2006).

Entre los factores que contribuyen al aumento de la generación de residuos sólidos se encuentran: 1) el incremento de la industrialización, 2) aumento en el número de productos y servicios que se ofrecen, 3) crecimiento económico y 4) la modificación de los patrones de consumo (Gómez et al., 2008 y Sharholy et al., 2007). Salholfer et al., (2008) mencionan que en las últimas tres décadas el crecimiento en la generación de residuos sólidos continúa y, que muchas comunidades están enfrentando cambios en la generación de sus residuos, debido al crecimiento de la población y cambios en sus hábitos de consumo. En este sentido un estudio realizado por Ibáñez y Alarcón (2007), indica que el municipio de Mexicali poco a poco ha pasado de ser una comunidad donde su principal fuente de economía era la agricultura, a una comunidad muy industrializada. Los incrementos en la demanda de servicios y productos en Mexicali han provocado un aumento en la generación de residuos sólidos debido al crecimiento de la ciudad y al efecto migratorio que se ha suscitado en el país.

El manejo de los residuos sólidos tiene un ciclo dividido en una serie de etapas el cual empieza con la generación, continúa con la recolección, tratamiento y disposición final. Los estudios realizados concernientes al manejo de residuos sólidos están centrados en el ciclo completo o en algunas de sus etapas (Ojeda y Beraud, 2003). Generalmente el propósito de estos estudios es obtener beneficios como el manejo sustentable, promoviendo la participación individual, et al., 2008 contribuyendo a las prácticas de conservación ambiental (Gómez).

La alta generación y la gran diversidad de los tipos de residuos, provocan que el manejo sea complicado y costoso, causando problemas en programas de manejo y disposición. Un ejemplo de ello es un estudio realizado en la India por Sharholy et al. (2007), donde mencionan que en algunas ciudades de este país, aumentó la generación de residuos de 6 millones de toneladas en 1947 a 48 millones de toneladas en 1997, con una tasa de crecimiento anual del 4.25%.



Además de que más del 90% de los residuos sólidos municipales en ese país son depositados directamente en el suelo a cielo abierto, con un manejo inadecuado causando problemas de contaminación en ciudades y pueblos. El mal manejo es causado por la falta de regulación y vigilancia de los municipios en materia ambiental, por lo que es común encontrar residuos amontonados en esquinas de las calles de las ciudades en este país (Sharholly et. al. 2006).

Por otra parte en México la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), señala que la generación de residuos sólidos municipales se ha incrementado en un 200% en las últimas cuatro décadas (SEMARNAT, 2007). Además Rojas y Corona en 2008, mencionan que en México las ciudades ubicadas sobre la frontera con los Estados Unidos de América, presentan las tasas de generación de residuos sólidos más altas del país, llegando hasta 1.048 Kg. /per cápita por día. Mientras que las tasas de generación en el sureste mexicano son de 0.697 Kg. /per cápita por día.

En Mexicali se presentan problemas por la generación y manejo de residuos sólidos municipales. Un recorrido por la periferia de la ciudad muestra un panorama muy contrastante a lo que se espera en una ciudad capital desarrollada. En un estudio realizado por Ojeda et al. en el 2002 , mencionan que Mexicali tiene incrementos de 3.3% anuales en la generación de residuos sólidos municipales. Con una generación aproximada a 169,546 ton/año en la zona urbana y 10,526 ton/año en zonas rurales. Estos datos indican un promedio de densidad de basura de 255.2 Kg. /m³. Además el ayuntamiento de Mexicali, con base a la basura confinada en los sitios de disposición de la ciudad, estiman que la generación es entre 0.980 gr a 1.100 kg /per cápita por día. Estos datos muestran que la ciudad de Mexicali posee tasas de generación de residuos sólidos municipales altas, por lo que necesita una alternativa para los materiales desechados.

Es importante implementar sistemas adecuados para cada comunidad, tratando de simplificar la recolección de residuos en las diferentes zonas geográficas (Parfitt y Flowerdew, 1997). Sin embargo el éxito en la recuperación



de residuos no se puede garantizar, ya que existen otros factores que afectan la generación de residuos, como es la cultura, educación y la conciencia de los habitantes en el tema de reciclaje, reuso y reutilización de materiales (Kirkeby et al., 2006).

Para un manejo adecuado de los residuos sólidos es necesaria la implementación de infraestructura y políticas que ayuden realizar trabajos más eficientes en las actividades con residuos sólidos (Huang et al. 1997). Por lo que la inversión económica y aplicación de la legislación en el rubro de residuos sólidos es necesaria para mejorar los sistemas de manejo y tratamiento desde su generación. Shaw et al. (2006), mencionan que en el Reino Unido, utilizan incentivos y multas económicas para promover el reciclaje; existe evidencia clara donde los comportamientos de generación en hogares cambia por la economía que el reciclaje puede ofrecer. Aunque la imposición de multas tal vez sea más efectiva en reducir los residuos que en incrementar la cultura del reciclaje. Sin duda alguna los cambios en el comportamiento son observados actuando efectivamente como recicladores. Se sabe que los altos recicladores es decir empresas dedicadas a esta materia, reciclan todo, aunque es notable que los pequeños recicladores como los hogares producen un impacto mayor, por la cantidad de material que se recupera desde la generación (Butt et al., 2008).

Por otra parte en países en vías de desarrollo, diversos autores (Buenrostro y Bocco, 2003; Chang y Lin, 1997) señalan que la recolección de los residuos sólidos es complicada por la falta de sistemas adecuados de recolección y el uso de técnicas precarias. Conocer las cantidades y composición de residuos generados en un municipio son factores esenciales para proyectar un plan de manejo para una comunidad (Shaw et al., 2006). Se pueden obtener datos para generar ideas o propuestas de manejo de residuos sólidos, utilizando la información recabada como son: habitantes por vivienda, estrato socioeconómico, edad y nivel educacional (Liu y Yu 2007).



Tanto Ojeda et al., (2002) como Shaw et al., (2006) y Sha´Ato et al., (2007), coinciden en que los procesos de recolección y manejo de residuos con potencial de reciclaje contienen una estructura compleja de niveles múltiples y sistemas que envuelven a los generadores. Además que el sector formal e informal están involucrados en este proceso, donde: el sector formal tradicionalmente responde a las oportunidades de negocio motivados por la capacidad de mercado y ocasionalmente, existe una relación entre los productores y los consumidores. Y el sector informal que desempeña una función en la recuperación de materiales para la venta y obtención de beneficios económicos, interactuando con el sector formal (Hockett et al., 1995).

Además existen otros factores que dificultan el buen manejo de los residuos sólidos, como es la gran variedad de los artículos y materiales presentes en la corriente de recolectada diariamente por los ayuntamientos, provocando problemas para realizar una separación adecuada. Buenrostro et al., (2007) señalan que los residuos generados normalmente en los hogares no son del todo inofensivos. Algunos de estos residuos contienen características corrosivas, tóxicas, biológicos infecciosos, inflamables o reactivas. Estas características hacen que los artículos generados posean un potencial de peligrosidad o se clasifiquen como peligrosos. Los problemas se presentan por el mal manejo que se le da a este tipo de residuos, manejándolos como inofensivos al momento de disponerlos en áreas abiertas sobre suelos permeables. Con el riesgo de provocar contaminación de fuentes subterráneas de agua por lixiviados o movimientos de los residuos por acción del viento (bolsas de plástico), derivando así una cadena de problemas que recaen en la misma sociedad que los genera (Wade et al. 2006).

Por otra parte Turk, (1973); y Vicente y Reis, (2008), concuerdan en que el tratamiento de los residuos conlleva a una serie de operaciones unitarias como es la recolección, separación, incineración, reciclaje y reutilización, lo que complica la realización trabajos exitosos en el manejo de los residuos sólidos. Uno de los principales problemas para el manejo de residuos es sin duda las cantidades



generadas por los habitantes de una comunidad, quienes son los principales actores en la generación de residuos. Por ello es necesario la realización de actividades sustentables (Kirkeby et al. 2006), considerando ámbitos económicos, sociales y medio ambientales en la toma de decisiones de todos niveles: desde nuestras actividades cotidianas hasta los procesos industriales (Liu y Yu, 2007).

Una trabajo adecuado en la disposición final de los residuos solidos es sin duda un tema de análisis serio debido a los problemas ambientales que esto ocasiona (Wade et al., 2006; Papadopoulou et al., 2007). Huang et al. (1997), Brockreis y Stenbeirg (2005), concuerdan que los sistemas en los rellenos deben consistir en toda un infraestructura con la cual se debe obtener un beneficio. Un ejemplo es la descomposición de la materia orgánica produciendo biogás, el cual recuperado, es utilizado para la generación de electricidad y calor. Municipios con una visión progresiva, buscan diferentes formas de aprovechar de manera no tradicional la recolección de residuos sólidos municipales.

1.2 Planteamiento del problema

Con el paso del tiempo se han observado movimientos poblacionales de áreas rurales hacia zonas urbanas, mostrando que cerca del 50% de la población mundial habita en ciudades de diversos tamaños. En Latinoamérica este porcentaje se acerca al 75% y en Baja California es ligeramente más alto (Rojas y Corona, 2008). Buenrostro (2001); Marchettini, et al., (2007); Gómez et al., (2008), concuerdan que el crecimiento de la población genera un cambio en el consumo de productos y servicios, aumentando la generación de residuos sólidos de forma gradual, sobrepasando los límites de recolección y disposición en algunos sitios.

Es necesaria la elaboración de programas con acceso a información de bases de datos internacionales, para realizar comparaciones y generar programas más sustentables para el manejo de los residuos, involucrando al generador como a las autoridades responsables del manejo de los residuos en un municipio (Skordilis,



2004). El involucramiento del generador ayuda a la concientización del mismo, así como, a que perciba la magnitud del problema de los residuos sólidos.

Ojeda y Beraud (2003), mencionan que en México las regulaciones concernientes al manejo y disposición final de los residuos se encuentran en manos de los estados y los municipios, sin embargo el gobierno federal a través del Instituto Nacional de Ecología (INE), puede promover acuerdos de coordinación y consulta con estos niveles de gobierno, desarrollando sistemas de recolección, reciclaje, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales.

Buenrostro y Bocco (2003), mencionan que los problemas de manejo no son sólo atribuibles a las ineficiencias en el área técnica, sino también a la falta de planeación, organización y el manejo informal de los residuos. En general existe una necesidad de implementar sistemas de tratamiento adecuados para residuos sólidos, ayudando a contrarrestar los problemas que generan éstos por medio de la implementación de programas de reutilización y reciclaje.

Rojas y Corona, (2008) señalan que los datos de generación de los residuos sólidos urbanos y de residuos peligrosos están aumentando por encima de los datos de crecimiento poblacional, lo que significa un crecimiento de generación per cápita. Mientras tanto, el servicio de recolección ha tenido una tendencia de decadencia a nivel internacional. Ojeda et al. (2002); así como Bernache (2006), mencionan que con el paso del tiempo se han revelado los problemas que provoca la generación excesiva de residuos sólidos en todas sus clasificaciones conocidas. El crecimiento urbano promueve el incremento de los residuos por actividades en los hogares, servicios privados y públicos, construcciones, demoliciones y servicios comerciales.

Actualmente aunque existan grandes generadores como empresas, negocios o consorcios, los principales generadores de residuos sólidos de una comunidad son sus habitantes, por las actividades que realizan y la cantidad de población. Hockett et al. (1995), menciona un ejemplo sobre la generación y disposición de



200 millones de toneladas anuales de papel, plásticos, residuos de jardín, vidrio y otros materiales en Estados Unidos de América, los autores señalan que principalmente son residuos residenciales, institucionales y comerciales.

Deffis (1994), señala que es común observar que los generadores de residuos sólidos no están concientes de que forman parte de un ciclo y, su única preocupación es desaparecer sus problemas de residuos lo más rápido posible. Por este motivo es la aceptación del sistema enterrar y olvidar o el confinamiento final en un relleno sanitario. En Mexicali todos los habitantes consumen algún tipo de producto diariamente y este consumo origina residuos. Los residuos son compuestos generalmente por restos de comida, cajas, bolsas de plástico, botellas, latas y todos aquellos artículos que para el ciudadano consumidor ya no tiene ningún valor. La generación de residuos sólidos genera la necesidad de almacenarlos temporalmente y para ello se utilizan diferentes tipos de recipientes en las viviendas de la ciudad, desde botes comunes, bolsas y cajas de cartón. Este almacenamiento temporal de los residuos puede generar algunos problemas por mal olores después de 12 horas, así como, criaderos de animales nocivos para la salud, moscos y roedores, lo cual incrementa el deseo de eliminar el problema de cualquier manera y en donde sea.

Aunque la recolección de los residuos sólidos en México ha mejorado, la información revela un déficit en la recuperación, esto indica que existe un porcentaje de población que no cuenta con un servicio de recolección adecuado. Lo que se traduce en una mala disposición de sus residuos, haciéndolo en lotes baldíos, caminos, canales o cuerpos de agua de forma arbitraria (Gómez et al., 2008). Papadopoulou et al., (2007) señalan que una de las principales preocupaciones en el área de residuos sólidos es el impacto sobre los ecosistemas y en la salud de la comunidad. Debido al mal manejo provocando la contaminación de acuíferos, cuerpos de agua, aire, mal uso de suelo y degradación de la calidad del paisaje.



Sha'Ato et al., (2007); como Sharholy et al., (2007) y Ojeda et al., (2003), concuerdan en que uno de los grandes problemas de los residuos sólidos en la actualidad, es la composición de los mismos como una mezcla muy heterogénea. Y al llegar al sitio de disposición final contaminan el suelo y, con la presencia de lluvia, provoca que al agua pase a través de los residuos sólidos dispuestos en el suelo impregnándose de contaminantes. Los cuales son arrastrados hacia el subsuelo llevando consigo sustancias tóxicas, corrosivas o reactivas, hasta alcanzar mantos freáticos u otros acuíferos por escurrimiento (Deffis, 1994).

Ademas tanto Bogner et al. (2008), como Batool y Chuadhry (2008), señalan que otra de las problemáticas que provocan los residuos sólidos es la generación de gases de efecto invernadero. La degradación de la materia orgánica por microorganismos genera gases que provocan problemas a nivel atmosférico. Por las características de estos gases de efecto invernadero de retención de calor se provoca un calentamiento que tiene repercusiones sobre los ecosistemas y genera cambios climáticos afectando los diversos ciclos naturales biogeoquímicos como ciclo del carbono, azufre, nitrógeno y el ciclo del agua.

Es común observar que en países en vías de desarrollo, los rellenos sanitarios son utilizados como principal opción para la disposición final de los residuos sólidos industriales y urbanos. Causando un mal manejo de residuos sólidos, disponiéndolos en sitios no autorizados (Rojas y Corona, 2008). La razón de este problema radica, en la carencia de programas efectivos por parte de las autoridades competentes, como la falta de conciencia y de un servicio de recolección eficiente y regular. Lo que ocasiona que todo tipo de residuos sólidos sean arrojados en lotes baldíos, calles o lugares abandonados, esperando que desaparezcan milagrosamente (Bernache, 2006).

Por otra parte en el municipio de Mexicali se tiene un total de 855, 962 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI). Donde 653,046 habitantes viven en la zona urbana y el resto se encuentra distribuido en las diferentes comunidades del valle. Esta distribución



provoca que la población disemine los residuos sólidos de una forma no controlada en tiraderos abiertos no autorizados, generando focos de contaminación (Reyes et al., 2008). En este sentido, Rojas y Corona (2008), señalan que en esta localidad existen alrededor de 19 sitios ilegales de disposición identificados, lo que presenta a la ciudad con un importante déficit en la recolección de residuos sólidos municipales.

Es importante el diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos eficiente para la ciudad de Mexicali. Con el fin de evitar que algunos materiales desechados lleguen al confinamiento final, ya que a pesar de haberse realizado esfuerzos en materia de recolección de residuos sólidos la ciudad de Mexicali aun presenta problemas de manejo.

Actualmente existe la necesidad de implementar sistemas de manejo de residuos sólidos adecuados a las características de cada asentamiento poblacional. Se debe realizar un diagnóstico previo para disponer de información y con el análisis de resultados del diagnóstico, planear las prioridades, acciones operativas y monitoreo de los residuos sólidos. El manejo adecuado de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección, sistemas de separación, valorización, tratamiento y aprovechamiento. Derivando beneficios ambientales y económicos, que provoquen la aceptación social por medio de una metodología versátil y práctica que pueda aplicarse a cualquier región (SEMARNAT, 2001).

El objetivo de este trabajo es buscar proponer un sistema de manejo de residuos sólidos domiciliarios que permita la recuperación y manejo adecuado de los residuos sólidos desechados diariamente en la ciudad de Mexicali. Desviando materiales de la corriente de residuos sólidos domiciliarios que son depositados en el relleno sanitario, tratando de aumentar el tiempo de vida del sitio de disposición. Activar un mercado de reciclables en la región, así también despertar el interés y crear conciencia de la población. Además de cumplir con los reglamentos



ambientales existentes y generar la oportunidad de adecuarlos a la región, con el fin de proteger recursos existentes a las generaciones futuras.

1.3 Objetivo general

- Desarrollar una propuesta de un sistema de manejo de residuos sólidos domiciliarios para la ciudad de Mexicali.

1.4 Objetivos específicos.

- Identificar diferencias de generación de residuos sólidos domiciliarios entre los diferentes estratos socioeconómicos (bajo, medio y alto), y entre diferentes periodos estacionales.
- Identificar los residuos recuperables y reciclables en flujo de residuos domiciliarios.
- Proponer un sistema de recolección de los residuos recuperables y reciclables.
- Obtener datos de generación per cápita por diferente estrato socioeconómico.
- Proponer los ciclos que integran un sistema de manejo de residuos sólidos domiciliarios.

1.5 Justificación

El daño ambiental y a la salud provocado por los residuos sólidos es un proceso que está generando problemas en ámbitos sociales, culturales y económicos. A través del tiempo, el crecimiento acelerado en la ciudad de Mexicali provoca un cambio en los hábitos de consumo de sus habitantes, este motivo provoca un incremento en la generación de residuos sólidos.

Actualmente es común observar en las calles de la ciudad, terrenos baldíos, esquinas, callejones, parques con montones de basura, lo cual trae consigo una cadena de problemas ambientales, sociales y económicos. En el desarrollo de una



ciudad se generan cambios importantes en sus necesidades, por lo cual el aumento en la generación de residuos sólidos es inminente.

Es necesario desarrollar un sistema de manejo eficiente con el fin de desviar residuos que bien se podrían destinarse a otro tipo de actividad antes de que lleguen al confinamiento final. Poder reducir y aprovechar de mejor manera los materiales desechados con potencial de recuperación, genera una mayor ganancia económica, así también, reducir las áreas de confinamiento y dar un mejor uso a las áreas ya existentes.

Actualmente en Mexicali existe un sistema de manejo de residuos que cumple parcialmente con las necesidades del ciudadano. En este caso dar el servicio a tiempo de recolección de residuos sólidos con el fin de evitar un problema social. La realidad es que esta actividad solo satisface la parte que la comunidad puede ver, pero existe la otra realidad, que son los riesgos que puede provocar el mal manejo de los residuos sólidos.

La Ley General para la Prevención y Gestión de los Residuos Sólidos indica en su artículo 1, que dentro de sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral residuos en sus diferentes categorías, así como prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

La comunidad debe entender que los residuos que generan día a día poseen una responsabilidad compartida entre ciudadanos y ayuntamiento, y que son recolectados y trasladados por el ayuntamiento al sitio de disposición final, poseen un potencial de riesgo tanto para los habitantes en general como para los ecosistemas de la región.

El deber de los gobiernos es asegurar la población de sus comunidades por medio de un nivel de vida aceptable. La generación de espacios seguros y la protección al ambiente que nos rodea implica parte de su jurisdicción. Por lo que



mejorar o proponer ideas metodológicas hacia el manejo de los residuos sólidos es importante para el desarrollo de una ciudad y sus habitantes.

Por lo tanto, Mexicali actualmente como una ciudad en vías de desarrollo debe empezar a realizar trabajos en materia de manejo de residuos y así, activar un mercado que solo ha sido activado por el acopio de ciertos materiales, dejando escapar un área de oportunidad evidente que se observa en los mercados internacionales de aprovechamiento de residuos. Estos mercados se basan en la generación de bienes para sus comunidades que va desde productos reciclables hasta la generación de servicios esenciales como energías alternas, generando no solo un bien común para los ciudadanos, sino también un impacto positivo al medio ambiente.



Capítulo 2. Marco teórico

En este capítulo se presentan los elementos conceptuales, acerca de la importancia del análisis de los residuos sólidos municipales como una parte de la vida cotidiana, por lo cual este capítulo se ha estructurado en tres apartados que aborda el análisis de los residuos en nuestra sociedad, el manejo adecuado y el trabajo realizado en la comunidad de Mexicali.

2.1. Situación actual de los residuos sólidos municipales (RSM)

Debemos partir de que un residuo sólido municipal se define como el que se genera en casas habitación, parques, mercados, comercios, bienes inmuebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos generales y todos los generadores en actividades municipales (Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)). En la actualidad la búsqueda de la satisfacción de las necesidades humanas, ha generado un constante crecimiento en el desarrollo de artículos para uso diario. Por el fenómeno consumista que se ha presentado, el rápido crecimiento económico y los cambios de vida de algunas comunidades. Ciudades que actualmente se encuentran en vías de desarrollo enfrentan un aumento en la generación de sus residuos, por las actividades desarrolladas en hogares, oficinas, plazas comerciales, así como los servicios ofrecidos (Ojeda et al. 2003).

El crecimiento acelerado de la población, producción y consumo, provoca una serie de problemas que han afectado al desarrollo humano por medio del aumento en la composición de residuos sólidos. Los controles naturales de eliminación han sido superados y la falta de procedimientos adecuados en el manejo y tratamiento de los residuos sólidos son escasos o inexistentes en las comunidades que los generan (Ojeda et al. 2002).

El interés en el tema de los residuos sólidos municipales ha ido en un constante aumento, así como, el desarrollo de investigaciones enfocadas a este tema. El tema de los residuos sólidos ha tomado una importancia relevante en los últimos años generando cambios en la forma de ver este problema, por lo que se



ha legislado sobre la planeación y el manejo sustentable de los residuos sólidos. Se han desarrollado formas de categorizar los residuos con el fin de obtener información de generación para encontrar la mejor alternativa de manejo, como es: el reciclaje, reutilización, revalorización, o la producción de subproductos o combustibles (Branden et al., 2008). El manejo sustentable de residuos requiere de un estudio y desarrollo de proyectos medioambientales de costo beneficio, tratando de enfocarse a la mejora de prácticas ambientales (Thomas y Mcdougall, 2005).

Los enormes montos de residuos sólidos que se producen en las actividades productivas, de comercio, servicio y demás actividades cotidianas de los habitantes de una comunidad, dan comienzo a un proceso en el que los desechos se recolectan y se transportan a los tiraderos para su entierro. Esta situación genera una serie de problemas asociados con la administración eficiente de sistemas de limpia (Bernache 2006).

Hoy en día, el tema de los residuos sólidos municipales generados de diferentes tipos de actividades que va desde la industrial, servicios, doméstico así como de actividades de limpieza de jardines y parques, ha llegado a provocar un ambiente de tensión entre las autoridades y algunos de los generadores que no regulan su generación y disposición. Ya que existen riesgos a la salud que se pueden presentar en la comunidad por los focos de infección presentes en el acumulamiento de residuos sólidos municipales (Davoudi, 2000).

De lo anterior surge la necesidad de realizar estudios donde se propongan alternativas para el manejo de los residuos sólidos locales. El avance de la tecnología y la búsqueda de la comodidad humana deberían establecerse de tal modo que busquen beneficios y no se provoquen afectaciones al medio ambiente. Buscando una comunión entre el medio que nos rodea y el desarrollo de las comunidades (Adila y Nawas, 2008).



2.1.1. Países desarrollados

Los residuos sólidos municipales en países desarrollados siguen siendo un tema de gran importancia debido a la participación de la ciudadanía como principal generador. Suecia es un ejemplo de un país que realiza un trabajo basado en sus ciudadanos, los cuales pasan a ser parte de su sistema de control de residuos al tener una participación fundamental. Los ciudadanos están obligados a participar en los programas locales de manejo de residuos. Por lo que esfuerzos por parte de organizaciones gubernamentales han permitido integrar sistemas de reciclaje efectivos y prometedores (Dahlén et al., 2007).

El problema de los residuos sólidos municipales afecta a todos por igual, la diferencia existe cuando se buscan alternativas adecuadas para su valorización. En países desarrollados como Estados Unidos de América a través de un estudio realizado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), un promedio de 217 millones de toneladas fueron generadas en 1997 por este país, un promedio de 1.9 kg/día por persona, 8 millones más de residuos que en el año 1996, este incremento es adjudicado al crecimiento de la actividad económica y al decremento en trabajos de compostaje y reciclaje (EPA, 1999).

El manejo de residuos sólidos es una tarea esencial aún en países muy desarrollados, los cuales poseen una buena organización de manejo de residuos. Aunque aún se observan aumentos en la acumulación de residuos sólidos, así como incrementos de costos por métodos no muy apropiados y comportamientos inadecuados por las comunidades en el desarrollo de malas prácticas de manejo y tratamiento (Ulli et al. 2007).

Las prácticas de manejo han cambiado junto con el crecimiento de las actividades humanas, por lo que el manejo de los residuos ha llegado a ser un tema de discusión de los en países más importantes de la Unión Europea (Marchettini et. al, 2007). Los países desarrollados actualmente poseen una serie de legislaciones y propuestas de trabajo de buenas prácticas de manejo, así como

estudios de clasificación, y trabajos de monitoreo de residuos sólidos a niveles nacionales (ver figura 1).

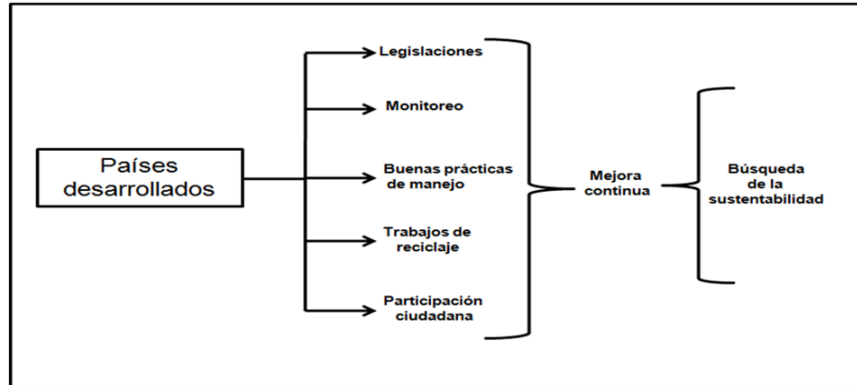


Figura 1. Trabajos de países desarrollados sobre control de RSM. (Fuente: por concepto de Hristovski et al. 2007).

Con este control se puede obtener buenos resultados en materia de manejo de residuos y así poder destinar a un tratamiento adecuado. Las fracciones de residuos sólidos generados en los municipios requieren de la búsqueda de la mejor alternativa de tratamiento hacia el desarrollo sustentable como principal objetivo. Diseñando sistemas donde se involucran: 1) planes legales en el manejo de residuos, 2) identificación de categorías de residuos generados, 3) impuestos sobre generación y 4) la prohibición del entierro de residuos buscando la protección de la comunidad general. Este tipo de planeación ayuda a la constante modernización de los bancos de datos, teniendo información actualizada para la realización de propuestas de mejora continua (Hristovski et al. 2007).

Los países desarrollados le han dado importancia a la reducción de los volúmenes generados, involucrando a los habitantes de sus comunidades a participar por medio de programas, haciéndoles ver la importancia de su participación como los principales generadores de residuos sólidos (Brandén et al., 2008).

2.1.2. Países en vías de desarrollo

La concentración de la población en las ciudades, así como el aumento en el consumo de productos, hace que los valores de generación per cápita se eleven

de forma gradual. También provoca que los servicios otorgados y la infraestructura de servicios públicos por parte del ayuntamiento sean insuficientes, generando problemas de calidad en los servicios municipales para la población que los demanda (Rojas y Corona, 2008).

El incremento de los niveles poblacionales y el crecimiento acelerado de la generación de residuos sólidos en zonas urbanas, ha generado impactos sociales, políticos y medio ambientales. Estos impactos derivados del acumulamiento de residuos sólidos en zonas no propicias para ello por la relación entre la población y el medio ambiente, han sido influenciados por la organización económica y política. Que no ha interactuado de manera responsable con el medio ambiente y los recursos que proveen el sustento de las necesidades de la población. (Muñoz et al. 2008).

Otro punto a considerar en el mal manejo de residuos es que las prácticas de manejo en países en vías de desarrollo están muy lejos de ser las más adecuadas. Existen problemas en otros ámbitos prioritarios para los gobiernos municipales difíciles de subsanar, como es la educación, pobreza y nivel económico (ver figura 2).

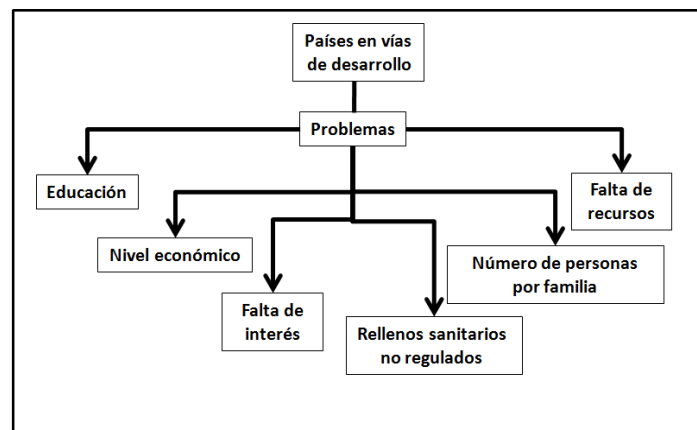


Figura 2. Problemas en países en vías de desarrollo. (Fuente: por concepto de Al-Khatib et al. 2007).

La recolección, disposición y recuperación de residuos sólidos es muy importante en la actualidad por los problemas en el medio ambiente y salud que estos pueden provocar. En países desarrollados se han establecido sistemas muy



efectivos para controlar y disponer sus residuos, mientras que en países en vías de desarrollo aún utilizan sistemas no muy sofisticados como los tiraderos abiertos. Además que existe una carencia en la planeación y organización de las autoridades responsables y falta información en materia de regulación y financiamiento.

Uno de los problemas presentados en países en vías de desarrollo, es la utilización de rellenos sanitarios no regulados o controlados. Donde en forma arbitraria son puestos en funcionamiento sin haber realizados algún estudio previo que sustente la elección del área de confinamiento. Además que el mal manejo genera otro tipo de incidentes como incendios que provocan problemas contaminación del aire por las grandes cantidades de humo que se genera (Al-Khatib et al. 2007).

Es importante reflexionar en que la mayoría de los bienes de consumo comprados en la vida diaria vienen con un embalaje que realiza al menos una de las funciones siguientes: 1) proporcionar protección al producto, 2) evitar su contaminación y deterioro; 3) cumplir con las exigencias del consumidor y mejorar su presentación para la venta asegurando la identidad del producto haciéndolo fácilmente reconocible; 4) dar información sobre el producto, 5) optimizar gastos de almacenaje y distribución, 6) proporcionar conveniencia al consumidor y seguridad.

Una amplia gama de materiales es usada para la construcción de un empaque o embalaje incluyendo el metal, el cristal, la madera, materiales de papel o a base de pulpa, plásticos o combinación de más de un material (ver figura 3) (Davis y Song, 2006).

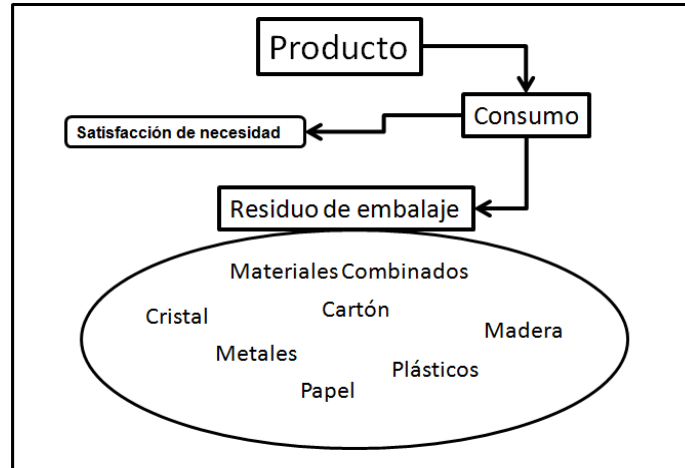


Figura 3. Materiales generados de embalajes de productos. (Por concepto de Davis y Song, 2006).

La diversidad de materiales generados hace que el manejo y tratamiento de los residuos sólidos sea un reto multidimensional que encaran autoridades responsables en el manejo de los residuos. La generación de residuos sólidos va mas allá de un fenómeno causado por el consumo de productos ya que se ha observado que existe una relación entre las características de una comunidad y su generación. Aspectos como la educación, nivel económico, número de personas por vivienda; hacen que la generación varíe de tal forma que el manejo, recolección y disposición final no sea sólo complicado sino también muy costoso. Inclusive en muchas veces rebasa la capacidad de las autoridades municipales para realizar su trabajo de manera exitosa (Sujauddin et al. 2008).

Es importante la elaboración de una estrategia para tener una buena calidad en el manejo de los residuos sólidos, condición necesaria para alcanzar con el tiempo el bienestar de la comunidad. La recolección de residuos sólidos representa un problema muy serio para ciudades consideradas en desarrollo, debido a que muchas de estas ciudades no recolectan el total de lo generado por su comunidad. Recolectan solamente una fracción para su posterior disposición, dejando un déficit de residuos los cuales terminan siempre en un lugar no adecuado. El crecimiento de generación de residuos sólidos las actividades desarrolladas en los hogares, así como, provoca una recolección incompleta y una



mala disposición generando problemas de contaminación (Ayininuola y Muibi, 2008).

En Latinoamérica la tasa de generación en el año de 1970 fue de 0.20 a 0.50 Kg. / per cápita por día y que para el año 2000 esta se incrementó a 0.92 Kg. / per cápita por día aumentando casi el doble en 30 años. Lo preocupante es que no se ha logrado estabilizar estos números, sino que los fenómenos presentados en las ciudades hacen que estos se incrementen de manera alarmante. Aunado a esto se encuentran los problemas presentados en la recolección de residuos sólidos, existiendo un déficit de alrededor del 8% (Rojas y Corona, 2008).

Por lo tanto los datos de generación y déficit en el manejo de residuos debe ser un punto de partida para que comunidad científica, sociedad y gobierno empiecen a trabajar en cambiar esta realidad. Generar propuestas adecuadas de manejo, así como, sistemas sustentables para el mejorar el desarrollo de la vida cotidiana y evitar el avance de los impactos negativos que la generación de residuos produce.

2.1.3. México

Actualmente México enfrenta un severo proceso de deterioro ambiental y de salud. La alta generación de residuos sólidos es considerada una de las primeras causas, además que la modernización y el crecimiento económico de las comunidades aumenta la demanda de productos y servicios y, a la vez la generación de residuos sólidos provenientes de hogares (Buenrostro et al. 2007).

La afectación ambiental más evidente por el manejo inadecuado de los residuos sólidos esta constituido por el deterioro estético de la ciudades; el paisaje natural, tanto urbano como rural. Lo que lleva a una devaluación económica de los predios donde se localizan tiraderos, así como en las áreas cercanas a estos, siendo las afectaciones más observadas por una población. Existen otras afectaciones más serias, como las ambientales que se presentan por contaminación del suelo y cuerpos de agua. El impacto ambiental es ocasionado

por el vertimiento directo de los residuos o de forma indirecta por infiltraciones en el suelo de lixiviados generados de la corriente de residuos sólidos (SEMARNAT 2001).

En la mayoría de los municipios de México el manejo de los residuos sólidos municipales se realiza solamente en un sistema basado en la recolección, traslado y disposición de residuos sólidos (figura 4).

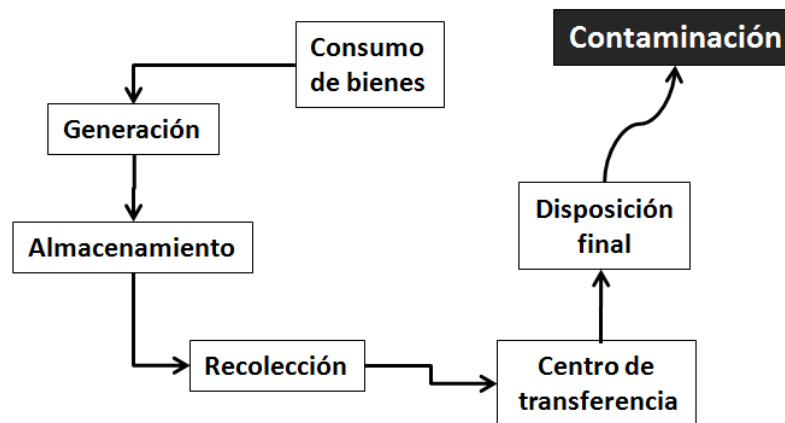


Figura 4. Manejo actual de los residuos en ciudades de México. (Por concepto de Buenrostro, 2001).

No existe en la mayoría de los casos una valorización adecuada de los residuos sólidos, lo que produce una pérdida de un área de oportunidad de explotación de posibles insumos. El no obtener un provecho del manejo de los residuos puede generar focos de contaminación al no manejarlos adecuadamente ya que los volúmenes de generación pueden llegar a ser muy elevados.

En México se realizan algunos procesos como la trituración, compactación y transferencia de residuos sólidos, que son técnicas aplicadas, así como un tratamiento previo a la disposición final. La compactación y trituración son utilizadas para reducir el volumen de los residuos y en algunos casos el peso. El propósito es reducir costos de transporte y disposición e incrementar la vida útil del relleno sanitario. En países como México esta situación es real y en general la separación de residuos reciclables es realizada por personas de escasos recursos económicos y en condiciones poco saludables. Esta separación consiste en la



extracción de residuos valiosos como plásticos, vidrio, cartón, papel, metales, de acuerdo al valor de cada uno de ellos efectuado en la fuente, traslado o en el lugar de disposición (Buenrostro, 2001).

2.2 Impactos ambientales en el manejo de los residuos sólidos municipales (RSM)

La generación excesiva de residuos sólidos municipales, su manejo inadecuado y la falta de aplicación de técnicas de tratamiento, la mala elección de sitios de disposición final, han provocado impactos en el medio ambiente que trae consigo una serie de problemas.

La disposición no adecuada de los residuos sólidos provoca un impacto sobre el suelo que se deposita, por lo cual es necesario tener conciencia sobre las interacciones que se llevan a cabo sobre el suelo, agua y atmósfera. El conocer el funcionamiento de los ecosistemas con el fin de desarrollar estrategias adecuadas para minimizar el impacto ambiental generado por mal manejo de residuos, es estrictamente necesario para desarrollar programas bien definidos y particulares de cada zona.

2.2.1. Ciclo de los RSM

Los residuos sólidos municipales conforman una mezcla heterogénea de materiales biodegradables y no biodegradables con características físicas, químicas y biológicas muy particulares de cada material desechado. Las diferencias de cada material presente en la corriente de residuos municipales hace de su manejo, tratamiento y disposición final difícil, y además su control demanda gran cantidad de personal e infraestructura para su manejo y tratamiento.

Existen problemas que se desencadenan por una gran acumulación de residuos, las comunidades en general no se han puesto a pensar que los residuos son parte de un ciclo. Los materiales diversos que se desechan pueden generar malos olores, mal aspecto, fauna nociva, que generan otros problemas del tipo psicológico, social, político y económico (Deffis 1994).



El consumo de un producto genera algún tipo de residuo; como puede ser la envoltura o algún desecho del mismo producto. El correcto manejo de estos residuos conlleva a una serie de responsabilidades técnicas y operacionales que no son del todo sencillas. El gran volumen generado provoca que los costos de recolección, traslado, manejo y disposición se eleven, ya que los ayuntamientos tienen que invertir en la compra de equipos especiales para las operaciones con residuos sólidos. Además otro problema presenta que dificulta el manejo y tratamiento de los residuos sólidos es la mezcla heterogénea de los residuos que actualmente presenta. Día a día esta mezcla es cambiante generando una mezcla de residuos pertenecientes a diversas categorías según los reglamentos ambientales existentes (Parfitt y Flowerdew, 1997).

Los problemas derivados de los residuos sólidos tienen un carácter complicado y único que no sólo tiene que ver como una fuente de contaminación, sino que va más allá de todo un rol de actividades que genera un impacto en la economía de las comunidades y otros recursos como el agua, aire y suelo (Skordilis 2004).

Actualmente existe una relativa facilidad en la disposición de residuos sólidos, muy obvia y poco estricta, por la falta de regulación y seguimiento adecuado por parte de las autoridades competentes, esto sin duda provoca problemas muy serios (Papadopoulou et al. 2007), ya que el crecimiento no controlado en la generación de residuos en residencias, provoca problemas del tipo social, medio ambiental y económico.

El aumento en los flujos que surgen de las casas, provoca que los municipios enfrenten un problema bastante grande y complejo, ya que este envuelve una serie de acciones muy importantes para la protección de la comunidad (Sharholly et al. 2007). Cada día existe una necesidad de deshacerse de los residuos sólidos con el mínimo peligro para el medio ambiente y la comunidad, ya que es una de las fuentes de empobrecimiento del medio (Bogner et al. 2008).



El objetivo de un manejo de residuos sustentable, es distribuirlos por un camino medioambiental eficiente, económicamente confortable y socialmente aceptable. Este camino a la sustentabilidad requiere de herramientas que deben ayudar a predecir las cargas ambientales de cualquier sistema de dirección. Por lo que la valoración de los materiales desechados es un punto clave en la búsqueda de activar un mercado de reciclables en una comunidad.

La figura 5 se muestra un ciclo donde un residuo se puede valorar y recuperar como un producto útil.

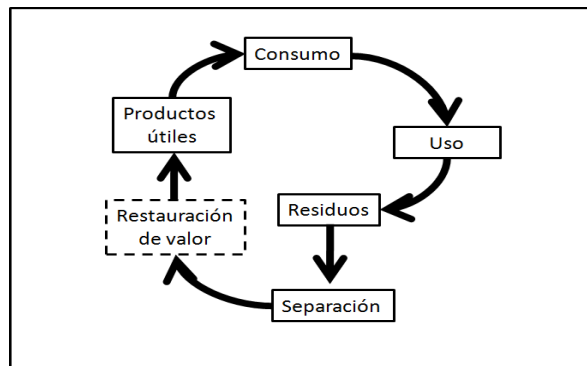


Figura 5. Ciclo de recuperación de valor de un residuo. (Ojeda, 2006, 234).

La generación de residuos sólidos es problema socio-ambiental que obedece a un ciclo de producción y consumo. Todos los productos que se fabrican, comercializan y consumen acaban convirtiéndose al menos una parte de ellos en residuos. El consumo es imparable y la producción cada vez es más importante, la eliminación de los residuos sólidos generados es un problema que compromete seriamente al desarrollo sostenible de la sociedad actual (Ojeda 2006, “138-139”).

En la figura 6 se presenta un esquema del ciclo de consumo de un producto, hasta su disposición final.

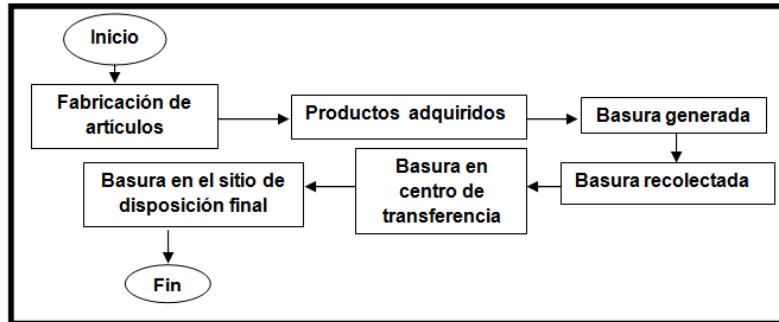


Figura 6. Ciclo de consumo de un producto. (Ojeda, 2006, 139).

En un ciclo normal de los residuos desde su generación hasta su disposición, se tiene que al disponerse pueden hacerse de diversas formas. Al-Khatib et al. 2007 analiza cinco diferentes formas de disponer residuos sólidos en los distritos que fueron objeto de estudio, entre los que podemos mencionar: 1) disposición arbitraria en tiraderos abiertos fuera del área residencial con quema de residuos, 2) disposición arbitraria en tiraderos abiertos fuera del área residencial sin quema de residuos, 3) disposición arbitraria en sitios dentro zonas residenciales, 4) disposición arbitraria en lugares semicerrados y 5) disposición en tiraderos.

Es importante resaltar que el manejo adecuado de los residuos sólidos implica el análisis del ciclo de vida de de cada material desechado con el fin de mejorar realmente el tratamiento, no sólo optimizando una etapa del ciclo, ya que esto puede afectar de forma negativa a otras etapas. La población de una comunidad y sus autoridades municipales se entrelazan en el tema de los residuos solidos de manera que la primera participa en las etapas de generación y el almacenamiento temporal y enseguida demanda los servicios de aseo y limpieza por parte de la autoridad municipal correspondiente.

La población de muchas comunidades en general no ha encontrado como participar de manera más activa en el manejo de residuos sólidos, debido a la falta de programas que deben ser desarrollados por las autoridades responsables. El manejo integral exitoso implica que los generadores se hagan responsables de sus residuos (Ojeda 2006, 145-148).

En la figura 7 se muestra el ciclo que conforma el sistema de generación, manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales en una ciudad fronteriza.

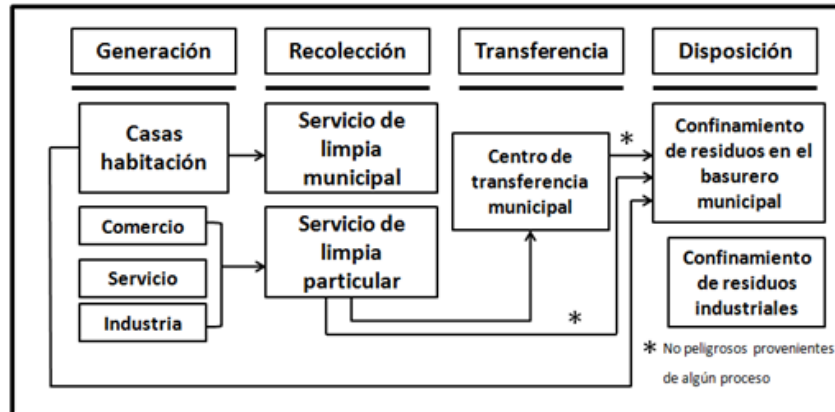


Figura 7. Etapas del ciclo de desechos sólidos en una ciudad fronteriza. (Ojeda, 2006, 147).

Cada tipo de material generado en la corriente de residuos de una comunidad posee un ciclo específico de vida por el material del cual se constituye. Se necesita analizar cada uno en particular con el fin de obtener el mayor beneficio y darle una segunda oportunidad en el mercado. Algunos artículos generados poseen un potencial de aprovechamiento los cuales hoy en día el reciclaje es una muy buena opción de aprovechamiento. Además es una práctica que ayuda a la búsqueda de la sustentabilidad y trae beneficios apegados a la recuperación de energía y la eliminación de residuos sólidos generados en una comunidad (Koneczny y Pennington, 2007).

2.2.2. Generación y acumulación de los RSM

El crecimiento poblacional como el incremento económico, político, social, traen consigo el aumento en los impactos ambientales, teniendo como principal actor el excesivo acumulamiento de residuos en zonas no destinadas para esto (Muñoz et al., 2008).

El crecimiento de las ciudades hace que los requerimientos de sus satisfactores crezcan siendo los más importantes el vestido y el alimento que son provistos a través de procesos de industrialización y comercialización. La

satisfacción de las necesidades básicas representa una explotación de recursos naturales y generación de grandes volúmenes de residuos sólidos en todos sus tipos conocidos. Los recursos tomados de la naturaleza al perder su valor quedan sujetos a un proceso de reclasificación: dejando de ser útiles y convirtiéndose en basura (Ojeda, 2006).

Según Buenrostro (2001), en la clasificación de residuos se consideran tres divisiones: urbana, industrial y rural, las cuales constituyen entidades discretas. De estas divisiones se derivan clases de generadores relacionadas jerárquicamente como se muestra en la figura 8:



Figura 8. Divisiones generadoras de residuos sólidos municipales. (Buenrostro, 2001, 61).

La dificultad principal en el planeamiento del manejo de los residuos sólidos municipales puede ser por el conflicto de los diferentes objetivos de las autoridades responsables. Planear debe mejorar la práctica del manejo sustentable aunque sea difícil. Los diferentes objetivos no deben englobar solo el punto de vista económico sino que debe visualizar todo lo que rodea al problema de los residuos sólidos, especialmente el medio ambiental (Minciardi et al. 2008).

2.2.2.1. Generación de los residuos sólidos domésticos

Los residuos sólidos municipales están compuestos por artículos generados de diversas actividades diarias.

De la corriente generada diariamente los residuos que representan un gran volumen son aquellos generados en las casas de las ciudades y que tarde o

temprano terminan desechados en algún lugar. Actualmente los ayuntamientos encaran problemas y retos para realizar el buen control de residuos sólidos generados en residencias (Hernández et al., 2008).

La organización y planeación para el desarrollo de la recolección pública en países en vías de desarrollo es muy rudimentaria reflejando la incapacidad de los municipios de poder manejar estas corrientes tan grandes de residuos. El mal manejo generalmente es provocado por la inadecuada selección de sitios de disposición, la inexistencia de programas adecuados de reciclaje y reutilización, en general es necesaria la modernización de los sistemas de manejo y tratamiento (Buenrostro y Bocco, 2003).

Uno de los puntos importantes dentro de la generación de residuos domésticos es sin duda el fenómeno de consumo que se ha generado en la sociedad actual: la enorme cantidad de bienes y de servicios que la población puede adquirir. El consumo se ha convertido en un elemento esencial del sistema económico moderno, ya que en el desarrollo de la humanidad se ha abusado del acceso a los satisfactores vinculadas a sus prácticas sociales. Al buscar consumir algún satisfactor también se producen también algún tipo de desecho que puede tener algún impacto medioambiental o social negativos sobre la sociedad en general (Ojeda 2006, 229-231).

En la figura 9 se muestra que el ciclo de necesidades básicas genera residuos.

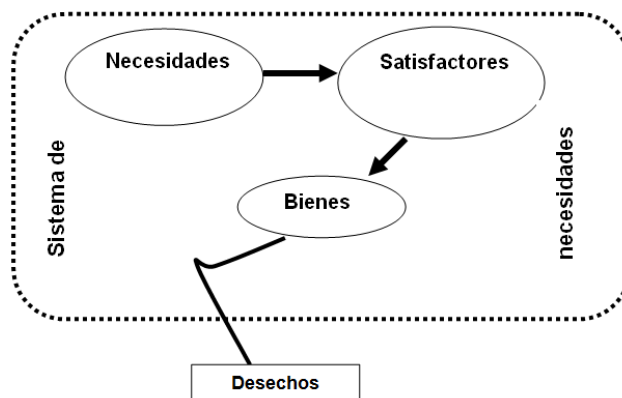


Figura 9. Sistema de necesidades básicas y generación de residuos. (Fuente: Ojeda 2006, 232).



La importancia de tener planes adecuados para evitar la acumulación masiva de residuos sólidos es necesaria, analizando el potencial de los materiales desechados y las posibilidades de desvío hacia un aprovechamiento antes de salir a las calles.

2.2.3. Contaminación por residuos sólidos municipales (RSM) y factores de riesgo

El proceso de manejo de residuos puede ayudar a conservar y proteger el medio ambiente, sin embargo el manejo de residuos municipales se ha complicado en países con economías bajas o medias.

La importancia de los efectos de los residuos sólidos municipales en la salud colectiva y en el medio ambiente, así como en la salud del individuo, no se ha tomado como principal objeto de estudio ni de investigaciones que permitan tomar acciones efectivas para mejorar la calidad del manejo de los RSM en América Latina y el Caribe. Los factores que contribuyen en mayor o menor grado a esta situación son la poca atracción que los residuos sólidos comunes tienen sobre los investigadores, así como el descuido de las autoridades públicas en cuestiones de salud relacionadas con el sector específico de los residuos. Además de la ausencia de capacitación sobre ambiente y salud, de los profesionales que operan los servicios de residuos sólidos, donde el predominio de la ingeniería es grande.

Otro aspecto importante que interfiere en la salud y en el ambiente es la importación de tecnología de países desarrollados sin adaptarla a las condiciones locales. Un ejemplo de ello son los compactadores diseñados para RSM con bajo contenido de materia orgánica húmeda pero que al usarse en la región húmeda propician el vertido de líquidos a lo largo de las vías urbanas. Todo este mal manejo desde la selección de equipos genera origina malos olores y atrae moscas; o plantas de reciclaje y compostaje que por razones semejantes operan con baja eficiencia o no consiguen operar.



El conocimiento de los impactos por ciertos tipos materiales presentes en el ambiente, hacen de los residuos municipales una amenaza a la integridad del ambiente y a las poblaciones expuestas, particularmente a los trabajadores involucrados en su manejo (Acurio et al., 1997).

Buenrostro 2001, menciona que los residuos sólidos se encuentran clasificados en base a su composición, características físicas y químicas. En el caso de los residuos sólidos domésticos; es decir, aquellos que son generados por las actividades diarias en las residencias de una comunidad, poseen una característica que los hace tener un carácter especial y diferente a los demás. Éstos aunque son generados de un proceso no productivo más bien de uno de consumo, se conforman de una mezcla muy heterogénea compuesta inclusive de residuos que pueden estar dentro de diferentes categorías como los especiales y peligrosos. En este sentido es importante considerar que los efectos medio ambientales dependerán del tipo de residuo generado no solamente por la cantidad, sino también por su composición, cualidad que define en si la peligrosidad del mismo (Salholfer et. Al. 2008).

Los trabajadores en el área del manejo de residuos sólidos están en constante exposición a diversos agentes patógenos causantes de enfermedades, algunas de estas se pueden prevenir con el uso de medicamentos como las vacunas, siendo este un medio muy útil e importante para la prevención, y evitar así la proliferación de enfermedades relacionadas con los residuos sólidos municipales.

El manejo de los residuos implica una serie de trabajos en los que participan un gran número de personal entre la cuales se pueden encontrar el reciclaje de materiales, clasificación, compostaje, reducción de tamaño de residuos voluminoso, choferes de camiones recolectores, operadores de máquinas, clasificadores de residuos, supervisores y administradores. Estas actividades presentan serie de riesgos que pueden traducirse en accidentes como heridas por esguinces y tensiones, laceraciones, quemaduras y contusiones (Tooher et al., 2004).



El garantizar la seguridad de la población es de suma importancia debido a que la misma legislación en materia ambiental señala el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación. La valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, son necesarios para prevenir la contaminación de áreas públicas y llevar a cabo su remediación. Todos los esfuerzos hacia el buen manejo son con el fin de asegurar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar (Diario Oficial de la Federación (DOF), 2007).

2.2.3.1. Impacto de los Residuos sólidos domésticos

La excesiva producción de residuos sólidos domésticos actualmente es un serio problema en sociedades contemporáneas y esto promueve que un manejo adecuado sea una prioridad de los ayuntamientos. La importancia en el desarrollar técnicas de solución tales como la incineración o disposición en terrenos controlados. Incrementa el énfasis en dar estrategias basadas en los comportamientos de la sociedad a favor del reciclaje, ya que este puede ayudar a reducir el flujo de residuos que se generan. Dar una alternativa de creación de nuevos productos a partir de materiales de desecho es necesaria para beneficiar rubros como la economía y al medio ambiente (Vicente y Reis, 2008).

Es importante señalar que los problemas de recolección se ven reflejados en la calidad del servicio, es decir la frecuencia, así como la tecnología de los vehículos que se utilizan. El hecho de tener tiempos largos entre los días de recolección, provoca que los residuos que se generan, permanezcan por un periodo prolongado en un solo lugar, generando problemas de acumulamiento, malos olores, mal aspecto, generación de fauna nociva (ratas, cucarachas, moscas) sobre todo en verano. También se observan lixiviados al cabo de un tiempo en que los residuos se mantienen en un lugar. Así mismo la generación de residuos provoca que los contenedores se mantengan hasta el tope y con la ayuda



de animales callejeros estos sean esparcidos por los vecindarios lo que genera un problema social (Al-Khatib et al. 2007).

El manejo de los residuos sólidos domiciliarios obliga a la reorganización de lugares de confinamiento final y temporal. Existe la necesidad de reducir áreas de confinamiento debido a que estas se hacen cada vez de mayor tamaño ganando terreno que pudiera ser utilizado en otra actividad. Aunado a ello la problemática que genera el hecho de no tener los vehículos de recolección suficientes para dar servicio a una comunidad completa hacen que los residuos generados queden en las esquinas de las calles o callejones. Por lo que problemas visuales, olores, fauna nociva, son generados por la mala disposición. La mezcla de todos los residuos se ha señalado como un problema de manejo y este debe ser resuelto en dos fases optimizando los sistemas con un objetivo en la reducción de costos de operación. La primera fase es determinar los sitios de recepción y la necesidad de un sitio intermedio entre las rutas de recolección y el centro de confinamiento final. La segunda fase considera los impactos en los procesos de recolección y procesos de reducción de residuos en los lugares de depósito (Aung et. al., 1995).

2.2.4. Gestión de RSM y el cambio climático

Se ha estudiado que otro de los problemas que provoca la mala gestión de los residuos sólidos municipales es la aportación de gases del tipo efecto invernadero los cuales han sido muy estudiados y son asociados al actual cambio climático. Se ha descubierto de un tiempo atrás que los residuos producen no solamente un impacto en el área de contaminación de suelo, sino también en la atmosfera, por la generación de estos gases durante la descomposición de materia orgánica. El tratamiento y la utilización de residuos de biomasa para la generación de energía y reciclaje pueden contribuir a la reducción de gases (biogás) generados por la descomposición de materiales orgánicos. Es importante diseñar sistemas que ahorren energía fósil y que tengan una versatilidad para utilizar estos sistemas dando numerosas tecnologías, opciones de reciclaje y manejo logístico de los residuos generados por una comunidad (Sonneson et al. 2000).



En actualidad expertos han discutido los problemas que se han presentado en el planeta tierra por el calentamiento global, sin duda es un tema alarmante ya que el planeta ha registrado cambios de temperatura en diversas partes. El fenómeno de cambio climático se ha dado por el enriquecimiento de la atmósfera con gases del tipo efecto invernadero generados en una parte por la degradación de residuos orgánicos presentes en los rellenos municipales (Hackl y Mauschitz, 2008).

El calentamiento global por gases efecto invernadero fue propuesto en el panel internacional del cambio climático (IPCC), los diferentes gases de efecto invernadero poseen diferentes tipos de absorción de calor y diferentes tiempos de vida en la atmósfera. El proceso de biogasificación requiere de inversión de material, capital y trabajo, la producción de biogás por digestión se puede mejorar con un mejorador de suelo a diferencia del compostaje que necesitan ciertas características de humedad para desarrollarse de buena manera. Durante la biogasificación los desechos crudos pueden ser digeridos y regresados al medio ambiente en forma de fertilizante sin degradar el medio. La necesidad de planes para realizar programas de recuperación y aprovechamiento de residuos suficientemente efectivos para reducir costos y residuos, así como minimizar sus impactos al medio ambiente es uno de los retos que cualquier municipio necesita implementar (Adila y Nawas, 2008).

La gestión de residuos se refiere a la administración de personal, vehículos y actividades que se dedican a la recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos en un municipio. Se habla de residuos sólidos porque estos no se someten a ningún proceso en el cual se pueden obtener materias primas, entendiendo manejo como la práctica de recolección de manejo y entierro de residuos donde la protección del medio ambiente es un asunto secundario (Bernache 2006).

Un sistema integral de manejo de residuos para una municipalidad puede involucrar algunas instalaciones. Un relleno sanitario puede ser utilizado directamente para satisfacer la demanda de disposición de residuos de una comunidad o alternativamente proporcionar la capacidad para otras instalaciones



tales como plantas de incineración, compostaje, instalaciones de reciclaje, estaciones de transferencia con operación diaria y límites de capacidad (Huang et al. 1997).

En las décadas más recientes los residuos han llegado ser un enorme problema de países en vías de desarrollo y desarrollados. Sin embargo con el empleo de sistemas apropiados de manejo de residuos se han llegado a combatir de frente los efectos negativos que han surgido con el crecimiento económico de las comunidades ayudando a mantener un nivel aceptable para las comunidades (Hackl y Maushchits, 2008).

Países como Lituania en tiempos cuando era parte de la Unión Soviética tenían una estrategia de tratamiento simple de residuos, donde; las botellas plásticas eran colectadas para reciclaje, así como el papel, metal, y textiles que fueron recolectados para su utilización como materia prima. Algunos residuos fueron descartados para llegar a los rellenos recolectando en estaciones los peligrosos (Wade et al. 2006).

La experiencia en el manejo de residuos sólidos municipales al parecer no ha sido suficiente para determinar un manejo adecuado, sabiendo que la mayoría de los residuos municipales contienen un alto porcentaje de residuos orgánicos. Se han realizado esfuerzos en esta área, debido a que día a día el problema se incrementa. Por ejemplo; en Portugal el gobierno ha establecido puntos tomados como fundamentales para el manejo de los residuos, como: separación de la materia orgánica, construcción de nuevos valorizadores de orgánicos, compostaje y disminución de terrenos de disposición (Gómez et al. 2008).

Los problemas que genera el crecimiento de la generación de los residuos sólidos y su aporte en el cambio climático es un muy discutido en la actualidad. Las obligaciones políticas crecen las cuales incluyen leyes sobre el reciclaje, la responsabilidad de producir y capturar gases en los rellenos sanitarios, provocando más responsabilidades compartidas entre sociedad y gobierno. El manejo adecuado de los residuos sólidos municipales está desarrollando otras



opciones para la reducción de emisiones de gases. Los gases de efecto invernadero atrapan el calor en la atmósfera ayudando al calentamiento global, y por consecuencia un cambio en el clima. La reducción de los residuos sólidos puede llegar a disminuir la emisión de gases invernadero, por la reducción de material orgánico presente en rellenos (Adila y Nawas, 2008).

Hoy en día los sistemas de manejo de residuos sólidos van enfocados a la producción de energía. Con el propósito de elevar el grado de utilización de nutrientes, así como producción de energéticos como el biogás ya que los sistemas de manejo deben ser enfocados a la multifuncionalidad, es decir que posean una versatilidad de uso. También dentro del tratamiento de residuos se tiene la utilización de incineradores los cuales tienen sistemas de reducción de emisiones. Sin duda alguna el beneficio que se puede obtener de los materiales de desecho es hoy en día una realidad para países que han apostado por innovar en nuevos sistemas y en la búsqueda de nuevas formas de generar energía, las llamadas "energías alternativas" (Dornburg y Faaij, 2006).

2.3 Modelos de manejo de residuos sólidos municipales

Típicamente los residuos municipales poseen altos coeficientes de variación en términos totales de peso y categorías de composición, la composición varía poco cada semana fluctuando debido a la temporada del año, región y factores socioeconómicos. Por otra parte, las diferencias existentes entre la provisión de un servicio de recolección adecuado con las facilidades para la recolección de reciclables y la implementación de métodos de contención de residuos para evitar su diseminación, ha provocado el impacto por residuos en lugares donde los residuos no deberían estar presentes (Parfitt y Flowerdew, 1997).

Es necesaria la implementación de estrategias con el objeto de involucrar a las personas de las comunidades en programas de reciclaje. Algunos estudios empíricos han mostrado que los comportamientos de reciclaje son influenciados por las actitudes individuales hacia el cuidado del ambiente; así también la



creencia acerca de la conveniencia acerca de las prácticas de reciclaje fueron también estudiadas e identificadas como determinantes en la participación en sistemas de reciclaje (Vicente y Reis, 2008). Para esto Hristovski et al. (2007), menciona que el primer paso para el desarrollo de sistemas adecuados de manejo es la implementación de legislaciones, regulaciones y propuestas de buenas prácticas de manejo, suficientemente aplicables a nivel nacional y suficientemente específica para municipios en sistemas locales.

El manejo correcto de los residuos sólidos es un tema de discusión para países desarrollados y en vías de desarrollo debido a la alta generación de residuos por la falta de conciencia ambiental de la comunidad en general. Aunado a este problema las autoridades no están comprometidas con la comunidad en el manejo de los residuos sólidos, provocando un problema exponencial. Los altos costos por manejo de residuos están presentes pero se ha considerado que estudiando bien los casos se pueden obtener alternativas para las diferentes clases de residuos. Un ejemplo de ello es la producción de energéticos, abonos, reciclaje, etc. Si bien los residuos en países en vías de desarrollo, se ha mejorado los sistemas de recolección pero aun no existe un buen tratamiento después de ser recolectados (Al-Khatib et al. 2007).

Por los problemas anteriores es importante el desarrollo de sistemas de logística e inversión en infraestructura para desarrollar sistemas de separación de residuos y la recolección como por ejemplo: la propuesta de contenedores de recolección calculando la distancia que debe existir entre cada uno de ellos de acuerdo la generación y la determinación de días de recolección. Además de propuestas hacia la mejora de los trabajos en materia de residuos buscando un impacto social y medioambiental positivo, beneficiando a la comunidad (Vicente y Reis, 2008).



2.3.1. Sistemas de manejo de RSM en países desarrollados

En países densamente poblados y desarrollados los terrenos para la construcción de rellenos sanitarios son difíciles de encontrar y en ocasiones por su alto costo de construcción se ven obligados a buscar alternativas de tratamiento de residuos como es: la incineración o la digestión anaerobia en tanques. No obstante los rellenos sanitarios continúan siendo la principal práctica en la mayoría de los países del mundo y continuarán existiendo por las siguientes razones: 1) la inexistencia en la mayoría de los países de programas de recolección y separación de los residuos, 2) la falta de aplicación de tecnologías avanzadas como la incineración con o sin recuperación de energía y 3) la falta de uso de técnicas como la digestión anaerobia efectuada en reactores, factores socioeconómicos. En los climas calientes y húmedos por ejemplo; la mayoría de los componentes de los residuos se degradan con mayor facilidad y la economía nacional no es lo suficientemente fuerte como para invertir en tecnologías sofisticadas. Las tecnologías alternativas como la incineración no han probado completamente ser mejores a los rellenos sanitarios en sus impactos ambientales o en sus economías en general (Arvizu, 1997).

Los beneficios de la recuperación de energía por el tratamiento de los residuos generados en una comunidad representan un impacto positivo incuestionable al medio ambiente. Este impacto positivo se debe al aprovechamiento de estos residuos en la generación de energía y al reducir los consumos de combustibles fósiles, ayudando a minimizar las emisiones a la atmósfera. La actividad de reducir la cantidad de residuos sólidos aprovechándolos como insumos demanda menos espacios de confinamiento alargando la vida de los lugares de disposición ya existentes. Actualmente existen métodos muy utilizados como son las plantas de incineración recuperando o no energía, procesos de gasificación o algunos procesos con combinaciones de dos ó tres operaciones, pero el fin de todos es aprovechar la materia prima que se puede obtener de los residuos sólidos (Giugliano et. al., 2008).

La reducción de fuentes generación de residuos en Estado Unidos de América está ganando la atención de otros países y es tomada como una excelente opción para el control en la generación de residuos sólidos. Englobando varias operaciones de desvío como cambios de hábito de consumo, embalajes de productos más amigables con el ambiente, prácticas industriales más sustentables, aprovechamiento de residuos como insumos, etc. (ver figura 10).

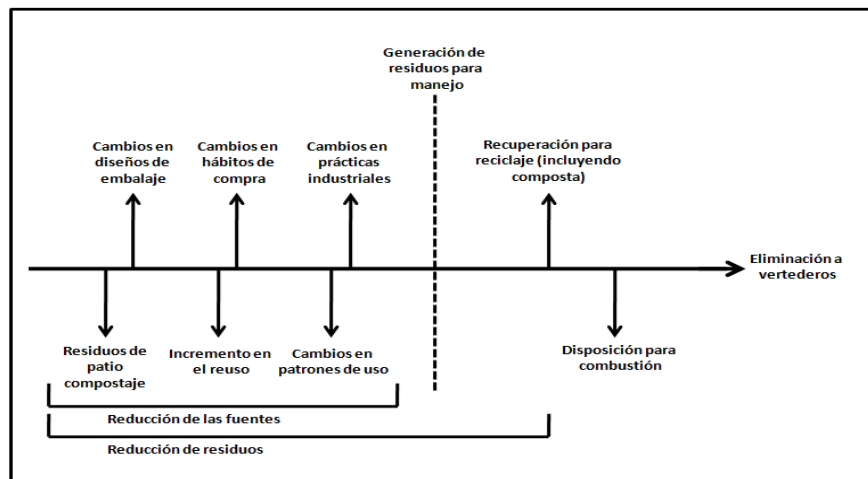


Fig. 10. Diagrama de manejo de residuos sólidos. (Fuente: EPA, 1999)

Otro país que hace esfuerzos en materia de manejo de residuos es Austria que ha tenido avances muy importantes debido a que involucra cambios en el manejo de los residuos desde la simple transportación hasta la disposición final. Cambios que impactan de manera positiva al medio ambiente el nivel de vida de las comunidades, así como el impacto económico positivo a los municipios. Anteriormente la recolección y transporte de residuos sólidos no llevaba ninguna etapa de separación y análisis desde los hogares, existiendo una relativa facilidad de disposición en los rellenos sanitarios o tiraderos (Salholfer et al. 2007).

En España se presentan estrategias como la participación de la comunidad en general por una generación más limpia incrementando la recolección y el reciclaje promoviendo el compostaje para la reducción de residuos en casas habitación, así como el cumplimiento de las normas y reglamentos existente en la legislación Europea (Bovea y Powell, 2006).

En países desarrollados se han realizado sistemas que involucran desde un nivel local la gestión de residuos. Países donde su población se incrementa día a día y la demanda de productos y generación de residuos también se incrementa. En Grecia por ejemplo; se revela que la composición de los residuos es diferente a los de otros países de Europa ya que contienen en su mayoría materiales biodegradables, característica positiva para un adecuado manejo. Esta característica reduce los espacios de lugares de confinamiento ya que actualmente este país tiene como objetivo la promoción de políticas de protección a la salud humana y preservar el medio ambiente por medio del trabajo en cuatro etapas en el manejo de sus residuos como son la recolección, transporte, procesamiento y disposición como se muestra en la figura 11 (Erkut et al. 2007).

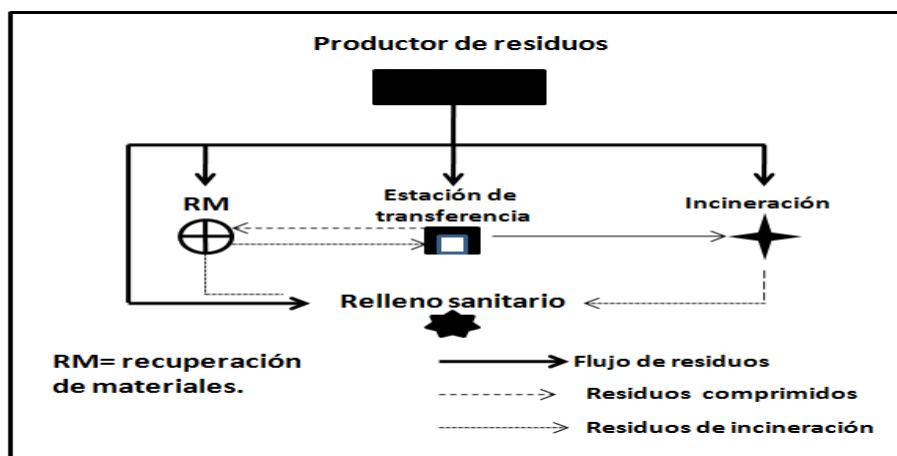


Figura 11. Flujo de los residuos sólidos municipales en Grecia. (Fuente: Erkut et al. 2007).

La intención de usar residuos para integrarlos como una materia prima, es por el constante crecimiento en la generación. Existe la necesidad de crear un tratamiento efectivo que beneficie e impacte de manera positiva a la sociedad y al ambiente medio que rodean las comunidades. La implementación y crecimiento de las industrias con sistemas de producción, manejo, transporte y almacenaje orientadas hacia procesos más sustentables son actualmente un tema muy importante en países de primer Mundo (Bautista y Pereira, 2006).

La aplicación de técnicas para la disminución en la generación de residuos es hoy en día una alternativa que los países desarrollados han adoptado y los países



en desarrollo están tratando de implementar. Para los residuos orgánicos, la producción de composta es una opción redituable, la cual es utilizada como un recurso con valor en el mercado. También la generación de biogás con el cual alimentan sistemas industriales para la generación de electricidad y para su venta comercial. El problema con los residuos orgánicos es que éstos atraviesan por un ciclo en el cual intervienen diversas interacciones con su medio como es la gasificación por descomposición. Sin embargo algunos países han sabido aprovechar por medio del desarrollo de tecnologías y programas para la captación de este recurso generando así una alternativa económica, energética y de desarrollo de empleos por la inversión de plantas generadoras de biogás y eléctricas (Sonesson et al., 2000).

2.3.2. Sistemas de manejo de RSM en México

El crecimiento económico y urbano ha hecho que países como México experimenten cambios en los hábitos de consumo de su población. Provocando un cambio en las características de los residuos generados debido a que se forman grupos de residuos más heterogéneos y más parecidos a los de países desarrollados. En México la constante migración de personas de zonas rurales hacia las urbes favorece que los hábitos de consumo cambien de manera abrupta. La cultura urbana tiene una influencia sobre las personas que vienen de otras regiones por lo que cambian su estilo de vida, la estructura social y relaciones personales causando el que adopten nuevas costumbres. Este proceso se observa mayormente en la población de escolaridad y educación baja por una transformación de cultura y cambios en los hábitos de consumo (Buenrostro et al. 2003).

Los países desarrollados han optado por la disposición en rellenos sanitarios, la incineración con o sin recuperación de energía, el reciclaje y en menor medida el composteo. En los países en vías de desarrollo el porcentaje de basura que es posible recolectar generalmente se deposita en tiraderos a cielo abierto donde proliferan olores desagradables, fauna nociva, incendios. Afortunadamente esta



última situación en nuestro país tiende a cambiar. Los rellenos sanitarios resuelven el problema inmediato que representa la disposición de la basura; en mayor o menor medida siempre habrá residuos de los cuales disponer de manera ambientalmente segura (Arvizu, 1997).

Hristovski et al. 2007, mencionan que el primer paso para el desarrollo de un sistema efectivo de manejo de residuos sólidos es establecerlo en la legislación y regulaciones locales y nacionales de un país. Regulando el sistema de manejo desde un ámbito nacional hacia uno local, estableciendo parámetros apropiados de regulación para optimizar los análisis de caracterización para el diseño de un sistema de manejo adecuado. Los sistemas de manejo municipales pueden ayudar a cuidar recursos y preservar el medio ambiente. Trabajando de una manera sustentable se pueden obtener los objetivos trazados por un municipio, pero a la vez no provocar cambios ni alteraciones en el medio con el cual se interactúa.

Los sistemas de manejo de residuos sólidos son un problema en países con economías bajas, debido a que la implementación de estos sistemas implican una serie de inversiones económicas bastante elevadas. Provocando descuidos y un pobre manejo de residuos en las corrientes de generación de los mismos. Creando situaciones adversas al medio ambiente, salud y sociedad.

2.3.3. Manejo actual de los residuos sólidos en el municipio de Mexicali

El manejo no apropiado de los residuos que actualmente son generados en los hogares ha llegado a ser un gran problema para los gobiernos municipales de diferentes comunidades. Las autoridades responsables actualmente gastan una gran cantidad de recursos económicos en la recolección y traslado de sus residuos tratando de cumplir con un manejo adecuado. Cumplir con los requisitos básicos que aseguran el buen manejo de los residuos sólidos es esencial desde que el residuo se genera hasta su disposición final. Esto implica operaciones como el reuso, recuperación de energía, reciclaje, compostaje y disposición final (Butt et al. 2008).



En Mexicali se realizan trabajos de recolección por parte del gobierno municipal por medio de su departamento de limpia, el cual es un derecho que poseen los ciudadanos al ser derivado del pago de impuestos. Este servicio está dado por camiones recolectores de basura que recorren las diversas colonias de la ciudad por medio de rutas trazadas previamente. El sistema implementado por parte del municipio trata d reducir gastos por medio del traslado de los residuos sólidos a una unidad de transferencia. Aquí los residuos son pasados a unidades de mayor capacidad con el fin de reducir el número de viajes de unidades más pequeñas a la disposición final en el actual relleno sanitario ubicado en el ejido Benito Juárez (Ojeda 2006, 141-143).

En ciudades de Latinoamérica como Mexicali donde los servicios municipales de recolección de residuos no han tenido un avance muy notorio en conjunto con el crecimiento urbano el llamado sector informal (recolección manual por pepenadores) se ha utilizado como una herramienta muy importante. Los gobiernos municipales están respondiendo a los problemas de residuos sólidos donde la recolección manual es su principal alternativa (Ojeda et al., 2002).

2.3.3.1. Mexicali y sus residuos, gasto o inversión

En la actualidad el ayuntamiento de Mexicali maneja cantidades considerables de residuos sólidos domiciliarios. Tan solo datos de los primeros 10 meses del año 2009 se tiene considerado una cantidad de residuos recibidos en el centro de transferencia que hacen ver la gran generación de esta ciudad fronteriza (ver tabla 1).

Tabla 1. Cantidades de residuos sólidos domésticos recibidos en el centro de transferencia.

Operación:	Mes del año 2009	Unidades: Toneladas de basura recibidas en el Centro de transferencia.
Traslado de RSD del centro de transferencia al relleno sanitario del Ejido Benito Juárez.	Enero	15, 762.6
	Febrero	14, 806.8
	Marzo	17, 058.6
	Abril	14, 790.6



Universidad Autónoma de Baja California

	Mayo	15, 552
	Junio	15, 163.2
	Julio	14, 790.6
	Agosto	15, 163.2
	Septiembre	15, 924.6
	Octubre	17, 155.8
Se considera que el 10% de los RSD que llegan a centro de transferencia, corresponden a particulares. Fuente: Castro 2009.		

Se debe tomar en cuenta que los residuos sólidos domésticos que se reciben en el centro de transferencia de la ciudad de Mexicali son sólo del servicio de limpia que ofrece el gobierno municipal, sino también son de particulares que disponen sus desechos en este lugar. Después el ayuntamiento se hace responsable de los residuos llevándolos a disposición final al relleno sanitario del ejido Benito Juárez en el Valle de Mexicali.

Sin embargo no está claro aún si existe un procedimiento debidamente aprobado por el municipio y reconocido como un sistema de manejo de residuos. En el cual se involucren manuales de operación, capacitación de personal, instrucciones, facultades del personal y mejora continua. Dirigiendo esfuerzos a la mejora de las actividades de manejo de los residuos generados en la ciudad de Mexicali.

Por otra parte, se debe mencionar que para los derechos de disposición y servicio de limpia de residuos sólidos domésticos es necesario pagar una cuota fijada en base a la ley de ingresos del municipio de Mexicali publicada en el Periódico Oficial del estado de Baja California (POBC, 2007).

En la tabla 2 se muestra las tarifas del municipio sobre disposición y manejo de residuos.

Tabla 2. Costos de disposición de particulares en el Municipio de Mexicali.

Estación de Transferencia		Relleno sanitario	
a).Particulares que disponen por sus propios medios (excepto escombro) de forma esporádica y menos de una	Exentos de pago	a).Particulares que disponen por sus propios medios (excepto escombro) de forma esporádica y menos de una	Exentos de pago



y media toneladas.		y media toneladas.	
b).Residuos sólido urbano domiciliario por tonelada	1.50 veces el salario mínimo	b).Residuos sólido urbano domiciliario por tonelada.	1.50 veces el salario mínimo
c).Residuos sólido urbano de origen distinto al domiciliario por tonelada.	4.50 veces el salario mínimo	c).Residuos sólido urbano de origen distinto al domiciliario por tonelada.	4.50 veces el salario mínimo
Fuente: POBC, 2007. El salario mínimo se toma el valor al que este al momento de hacer la disposición.			

Con esto se observa que la disposición de los residuos tiene un costo debido a lo complicado de su manejo, ya que se requiere un gran número de recursos técnicos, humanos, financieros y papelería para poder tener un buen control de los residuos.

2.3.3.2. Ventajas del buen manejo de los residuos sólidos en una comunidad

La generación de residuos es un problema que no se puede evitar por lo que se puede hablar de las ventajas que se tienen al dar un buen manejo y tratamiento buscando el desarrollo sostenible de las actividades que no se pueden dejar de realizar. Este problema es algo que tienen en común la mayoría de los municipios y sigue en un constante crecimiento. En países desarrollados se han creado políticas de promoción de la sustentabilidad con el manejo adecuado de los residuos con potencial de reciclaje (Parfitt y Flowerdew 1997).

Actualmente el aprovechamiento de los residuos es más que una necesidad. Países como China están experimentando el desarrollo de tecnologías con el fin de aprovechar los residuos sólidos como un recurso valioso por medio de la producción de biogás por la descomposición de materia orgánica. En los últimos 15 años el crecimiento en la generación de residuos sólidos se ha incrementado esta tecnología ha tenido resultados positivos, ya que se han disminuido las



emisiones de contaminación más que otros métodos de tratamiento como la incineración (Xiao et al., 2008).

El aprovechamiento de la parte orgánica de los residuos generados en una comunidad es sin duda un acercamiento a un sistema sustentable debido a que la producción de biogás o composta es considerada en la actualidad una estrategia para alargar la vida de espacios de confinamiento. La producción de productos mejoradores del suelo como fertilizantes naturales a partir de desperdicios orgánicos ya es una realidad en la agricultura con la ventaja de no tener efectos secundarios sobre suelo (Abdullahi, et al., 2008).

Otra importante forma de aprovechamiento de residuos orgánicos, es sin duda la descomposición aeróbica para obtención de composta con un valor en el mercado. La degradación aeróbica se da por una estabilización donde se obtienen como productos principales dióxido de carbono, agua y calor, sacrificando de esta manera la producción de metano el cual se forma en un proceso anaeróbico. Esto da como resultado la obtención de un abono que tiene la virtud de no producir afectaciones secundarias debido a sus características orgánicas fácilmente asimilable por el mismo suelo (Rendra et al., 2007).

Sin duda alguna la recuperación de energía a partir de residuos sólidos es un campo que debería ser más explorado debido a que las principales causas de aprovechamiento de este recurso es un impacto ambiental positivo. Reflejado en la reducción de residuos sólidos y la sustitución del consumo de energía fósil. Con esto ayudar al medio ambiente utilizando energías alternas más amigables con el medio (Giugliano et al., 2006).

Además se debe considerar que la fracción orgánica representa para los países desarrollados y en vías de desarrollo no sólo una fuente de energía si no también un peligro potencial. Esta fracción es particularmente reactiva y dispuesta en rellenos sin previo tratamiento por lo que puede representar un peligro potencial, debido a sustancias líquidas o gaseosas que se pueden producir de



forma natural de ahí la necesidad de aprovechar este recurso valioso para generar energía alterna.

Otro beneficio que se pueden obtener al tener un manejo adecuado de los residuos sólidos, es sin duda, el evitar que residuos de todo tipo lleguen a estar en contacto con recursos como el agua, suelo y aire. No solo porque estos satisfacen necesidades de las poblaciones, si no porque dentro de estos se encuentra ecosistemas naturales de flora y fauna que dependen de un recurso limpio y no alterado para subsistir.

Por otra parte también está el hecho que el manejo de residuos genera costos por recolección, traslado y disposición, y el hecho de no aprovechar materiales con valor en el mercado hace que esta actividad provoque pérdidas económicas que son cubiertas por los ciudadanos. Al existir un aprovechamiento de materiales desechados, se pudiera obtener beneficios económicos que si bien no cubren el costo total del manejo de residuos. Pudiera tener una recuperación parcial, lo que generaría menos gastos y la disminución en la disposición final.

2.3.3.3 Técnicas para el reciclaje de materiales recuperados en una comunidad

Existen materiales buscados por su valor en el mercado como son los metales (hierro, cobre, aluminio), el papel y cartón, el vidrio y los plásticos, éstos materiales que se separan mayoritariamente evitando su eliminación en el relleno ya que aún tienen valor y son muy aprovechables.

Los metales por ejemplo son procesados por medio de la fundición para la creación de nuevos productos del mismo material, generalmente estos sirven para la realización de materiales como varillas de construcción, botes de bebidas, marcos de ventana, cableado eléctrico, entre otros, depende del tipo de metal es el destino que se le da.

Por otra parte al papel y el cartón es necesario aplicarle técnicas para evitar que acaben en un relleno, estos materiales, pueden ser introducidos en los



procesos productivos como materias primas, disminuyendo con ellos el gasto de energía y recursos naturales que se produce cuando partimos de materias primas nuevas.

Beneficios ambientales del reciclaje de papel y cartón:

- Disminución de la necesidad de fibras vegetales (materia prima).
- Disminución del volumen de residuos sólidos municipales.
- Disminución de la contaminación atmosférica y de la contaminación del agua.
- Disminución de las exportaciones de madera y de la importación de papel.

El papel reciclado se obtiene mayoritariamente a partir de papel usado, se considera que cumple las condiciones para ello, el que contiene, como mínimo, un 90% en peso de fibras de recuperación.

Antes de comenzar con el proceso de reciclado, convirtiendo el papel usado en pasta de papel, y en función del tipo de papel que se va a producir, es necesario realizar una clasificación según su calidad, que depende del tipo de pasta empleada para la fabricación del papel original (mecánica, kraft, química, etc.) y la cantidad e intensidad de mancha (impreso, mecanografiado, pintado, etc.).

Existen una serie de productos de papel que no son reciclables: papel de autocopiado, etiquetas adhesivas, papel térmico para fax, sobres con ventana (se puede desprender la ventana y reciclar el resto del sobre), pañales, toallas, pañuelos, vasos, platos, papel encerado y recipientes de alimentos.

Si se habla de otro tipo de material como el vidrio, este cuenta con beneficios ambientales del reciclaje que se traducen en una disminución de los residuos municipales, la disminución de la contaminación del medio ambiente, y un notable ahorro de los recursos naturales.



Cada kg de vidrio recogido puede sustituir aproximadamente 1.2 kg de materia prima virgen. Desde el punto de vista del reciclaje del vidrio fundamentalmente, el interés está en el vidrio utilizado para envases.

Existen dos vías que pueden seguir los envases de vidrio:

- Reutilizar: Existen envases de vidrio retornables que, después de un proceso adecuado de lavado, pueden ser utilizados nuevamente. Una botella de vidrio puede ser reutilizada entre 40 y 60 veces, con un gasto energético del 5% respecto al reciclaje. Es considerada como la mejor opción, el problema de este sistema es que el lavado de recipientes puede generar problemas de lodos, y esto generan costos de disposición a las empresas.
- Reciclar: El vidrio es 100% reciclable y mantiene el 100% de sus cualidades: 1 kg de vidrio usado produce 1 kg de vidrio reciclado. El reciclaje consiste en fundir vidrio para hacer vidrio nuevo. En el reciclaje del vidrio se utiliza como materia prima el calcín o vidrio desecho. Su fusión se consigue a temperaturas mucho más reducidas que las de fusión de minerales, por tanto, se ahorra energía.

El calcín se puede generar a partir de tres fuentes:

- Las propias fábricas de envases. Material defectuoso, roturas etc.
- Las plantas embotelladoras. Material procedente de roturas, material defectuoso, así como los envases retornables cuando han llegado al final de su vida útil.
- Casas. Materiales provenientes de la recuperación voluntaria de los ciudadanos en los contenedores y el vidrio recuperado en las plantas de manejo de RSD. El proceso comienza con la recogida selectiva del vidrio en origen, antes de su incorporación a la basura. Se hace en unos contenedores especiales, donde los ciudadanos depositan los envases sin clasificación por colores. Los contenedores se recogen periódicamente mediante camiones dotados de grúa. Se llevan a las plantas de tratamiento y allí se limpian y se fragmentan mediante molido o mediante estampación.



Cuando el vidrio llega al tamaño adecuado se depura y limpia de restos metálicos, corchos, etc., dando el calcín o chatarra de vidrio. El calcín se puede fundir directamente o mezclado con los materiales ya mencionados que son la materia prima que constituye el vidrio. Antes de la fundición hay que separar el vidrio por colores puesto que pequeñas porciones de vidrio coloreado colorearían un vidrio incoloro. La fusión del calcín se produce a temperaturas más bajas que la de las materias primas originales.

Otro material muy utilizado y que ha revolucionado el mercado es sin duda el plástico. Aunque por mucho que se alargue la existencia, el reciclado su destino final es la incineración o el vertedero. En algunos casos, únicamente el reciclado químico permite una cierta "inmortalidad".

El tipo de tratamiento que se da a los residuos plásticos viene determinado por una serie de factores como la disponibilidad de terrenos aptos para su eliminación por disposición, legislación ambiental, apoyos, etc. La incineración con generación de calor o electricidad es un valioso medio de explotar su alto contenido energético. Cuando se habla del tratamiento de los residuos plásticos, las opciones que existen son las mismas que para el resto de residuos y están basadas en el conjunto de las tres "erres": reducir, reutilizar y recuperar, aunque con algunas particularidades debidas a las características propias de estos materiales, el ciclo de vida de los plásticos es esencial para definir un tratamiento adecuado (figura 49).

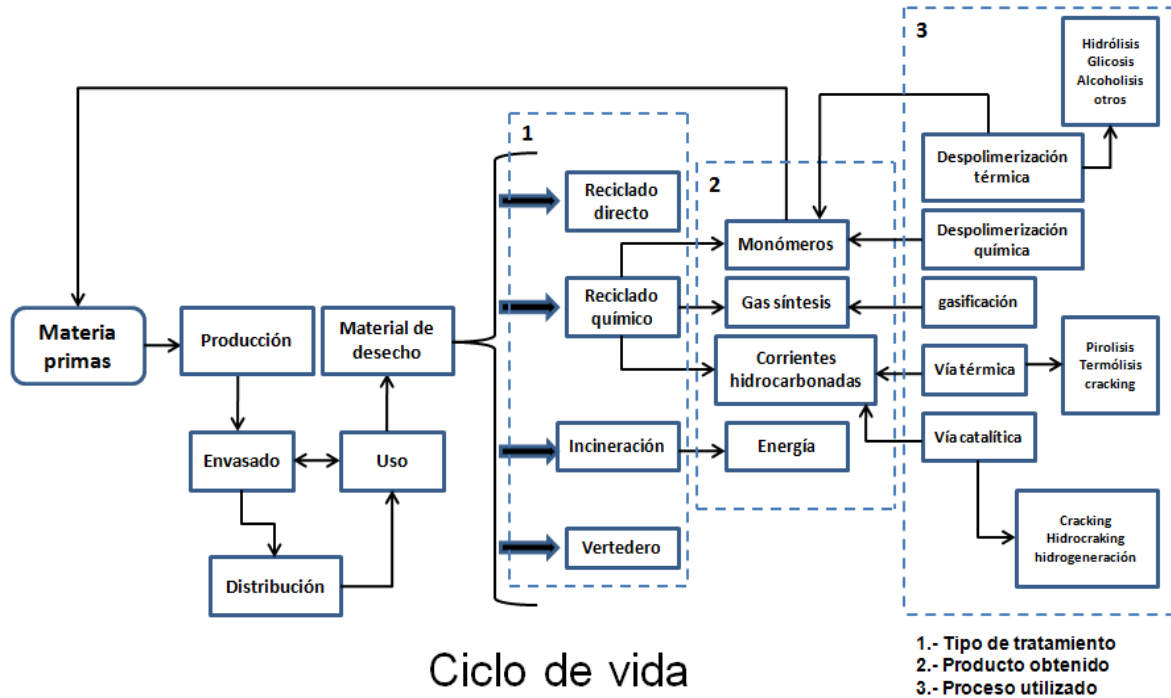


Figura 12. Ciclo de vida de plásticos.

La figura 12 muestra como un material plástico pasa por diversas etapas desde su producción como un envase, distribución, uso y su desecho, posteriormente dependiendo del tipo de plástico este puede ser sometido a diversos tipos de tratamiento, ya sea químico, directo, incineración o simplemente su disposición por no tener una técnica adecuada para su tratamiento. Después de ese tratamiento se obtienen subproductos que pueden ser utilizados de forma directa o aplicándoles algún proceso reducir para evitar problemas de acumulación de residuos.

Un material desechado que puede convertirse en un recurso muy valioso para diversos fines son los restos orgánicos, estos son generados en la actividad diaria de una vivienda, y poseen un potencial de aprovechamiento debido a que estos entran en un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando fases mesófilas (temperatura y humedad medias) y termófilas (temperatura superior a 45°C), transforman los residuos orgánicos biodegradables en un producto estable e higienizado, aplicable



como abono, conocido como composta. Por lo que la técnica de compostaje puede definirse como:

- Una técnica de estabilización y tratamiento de residuos biodegradables. El calor generado (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y semillas de malas hierbas, dando un producto higienizado.
- Una técnica biológica de reciclaje de materia orgánica que al final de su evolución da humus, factor de estabilidad y fertilidad del suelo.
- Es la suma de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad de un conjunto de microorganismos. Los cambios químicos y especies involucradas varían con la composición del material a compostar.

La composta posee un importante contenido en materia orgánica y nutriente, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico. Además que posee grandes beneficios como pueden ser:

- Mejora las propiedades físicas del suelo: mejorando la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo, aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención hídrica.
- Mejora las propiedades químicas: aporta macronutrientes; nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo (poniéndolos más adelante a disposición de las plantas).
- Mejora la actividad biológica del suelo: La materia orgánica actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos del suelo que contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad.
- Evita la acumulación de residuos en rellenos y los costos de gestión de los mismos.
- Se reduce la erosión.



- Se mejora la salud de las plantas: incrementando la resistencia de las mismas a enfermedades.
- Disminución del abonado químico, y por tanto del consumo de energía, recursos naturales, residuos de la minería y la industria, transporte, etc.
- Facilita el manejo de estiércoles: El compostaje reduce el peso, el volumen, el contenido en humedad y la actividad de los estiércoles. Es mucho más fácil de manejar y se almacena sin problemas de olores o de insectos y puede ser aplicado en cualquier época del año. Esto minimiza las pérdidas de Nitrógeno y el impacto ambiental.
- Destruye los patógenos: La destrucción de patógenos durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico.
- Producto comercializable: Una de las características más atractivas del compostaje es que existe un mercado para el producto. Entre los compradores potenciales se incluyen los agricultores que practican agricultura ecológica, fruticultores, particulares que poseen viviendas con jardín, dueños de pastizales, operadores de campos de golf y propietarios de viveros.

El precio de la composta varía considerablemente en función de las características, envasado y calidad, materiales de partida y destino del producto terminado, puesto que se le considera como un producto residual en unos casos o como un producto de lujo en otros.

Entre las principales desventajas que se le atribuyen al composta están:

- Las de tipo económico: Hay que tener en cuenta que este proceso supone una cierta inversión para equipos y una instalación mínima.
- Las de la disponibilidad de terreno: hay que prever un terreno para almacenar los materiales de partida, la composta en maduración y los productos ya terminados.
- Las de tipo climatológico: Si el clima es muy frío, el proceso se alarga o se para debido a las bajas temperaturas. Las lluvias excesivas también pueden



dar lugar a problemas de encharcamientos y de anaerobiosis si no hay un buen drenaje y una inclinación adecuada del terreno.

- Las de tipo medioambiental: se pueden evitar con una buena práctica a la hora de realizar el proceso y con una buena elección del terreno donde se van a almacenar (peligro de que las pérdidas de N (nitratos) contaminen las aguas).
- Las de valor fertilizante: En general la composta tienen fama de que su contenido en nitrógeno es muy bajo, pero eso sólo es cierto si a lo largo del proceso ha habido pérdidas.

Por otra parte, las cantidades que hay que aplicar de composta son superiores a las que habría que aplicar cuando se usan fertilizantes químicos, debido a que en la composta los nutrientes se encuentran en formas muy complejas que necesitan sufrir en el suelo un proceso de mineralización para ser asimilados por las plantas.

Existen muchas formas de aprovechamiento de materiales que son desechados cada día en la ciudad de Mexicali, el buscar innovar por medio de programas y sistemas adecuados a la ciudad, proveerá de un beneficio del ámbito social, ambiental y económico, impactando de manera positiva al entorno y la sociedad. La importancia de tomar en cuenta estrategias de reciclaje y recuperación ayudan a el desarrollo de economías que no están activas, y a la generación de un mercado de oportunidades en el rubro de materiales recuperados y reciclaje.

2.4 Materiales desechados en el flujo de RSD en Mexicali

El confinamiento de los desechos de Mexicali en el sitio de disposición final se realiza en el mismo lugar desde hace alrededor de 22 años. Actualmente se depositan entre 650 y 800 toneladas de RSD por día. Los residuos son recolectados por camiones y son llevados al centro de transferencia de la ciudad de Mexicali, estos residuos no reciben ningún tipo de tratamiento solo son

transferidos a unidades de mayor capacidad. La transferencia reduce la cantidad viajes hasta su disposición final, esta operación se ha realizado por alrededor de 16 años en los que ha operado el centro de transferencia.

La problemática de los residuos sólidos en general está asociada con el no aprovechamiento de los materiales presentes en la corriente de desecho. Estos materiales podrían ser aprovechados incorporándolos a ciclos productivos. Dentro del flujo de RSD se pueden encontrar una gran variedad de artículos lo cuales poseen sin duda un potencial de aprovechamiento como material para reciclaje o de reúso. Por lo cual es importante el desarrollo de sistemas adecuados para recuperar esos materiales y transformarlos en insumos, con el fin de generar ciclos sustentables para los materiales que conforman dichos productos.

Actualmente en la ciudad se encuentran sitios particulares de acopio los cuales mayormente recuperan diferentes tipos de metales como el cobre, aluminio, bronce, fierro. Algunas compañías que fabrican artículos de papel y cartón acopian estos materiales para reciclar. También existe muy poca recuperación de algunos tipos de plásticos como el PET que son mandados a otras zonas para su reciclaje (ver figura 13).

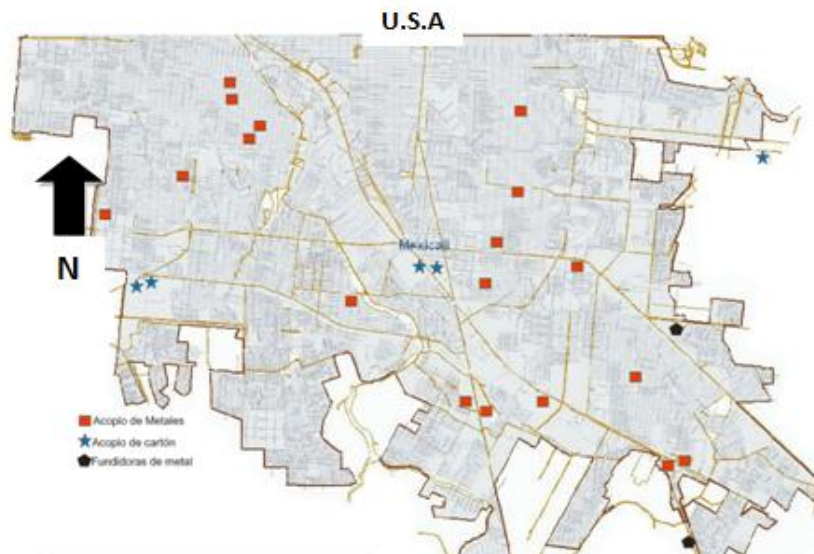


Figura 13. Distribución de centros de acopio de metales y cartón en la ciudad de Mexicali.



La ciudad de Mexicali cuenta con algunos lugares particulares donde se acopian ciertos tipos de materiales que son desechados y recolectados por un sector informal de la sociedad. Éstos sitios aportan un impacto positivo al medio ambiente, ya que contribuyen a prolongar el periodo de vida útil de los rellenos sanitarios, así como beneficio económico a familias dedicadas a la recolección de ciertos tipos de materiales, la realidad es que la recuperación es parcial ya que no se puede hablar de un 100% de recuperación de estos materiales cuando la forma más viable de recuperar es desde su generación, es decir de los hogares.

Para que exista un manejo adecuado de los RSD es necesaria la existencia de alternativas para los materiales separados del flujo de RSD. La valorización de los residuos convertidos en insumos para otras actividades o otros productos son de gran importancia en la búsqueda de un aprovechamiento adecuado de los materiales recuperados. Es importante investigar qué tipos de materiales son aprovechados en la región, con el fin de que los residuos tengan un buen destino, en el aumento del reciclaje, recuperación y compostaje.

Capítulo 3. Metodología

El estudio se llevó a cabo en Mexicali, Baja California (figura 14). Cabecera del municipio con el mismo nombre con una superficie de 13,936 km², con 855,962 habitantes de los cuales la ciudad cuenta con 653,046 residentes y el resto pertenece al valle según el Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI, 2005).

La distribución desigual de la población que presenta este municipio provoca una diseminación en la disposición de los residuos, aumentando con ello el número de tiraderos o basureros de tipo clandestino.

Mexicali por sus coordenadas geográficas presenta un clima cálido-seco con muy poca precipitación anual. En Mexicali se registran temperaturas desde -5°C en el invierno, y hasta 50°C a la sombra en el verano.

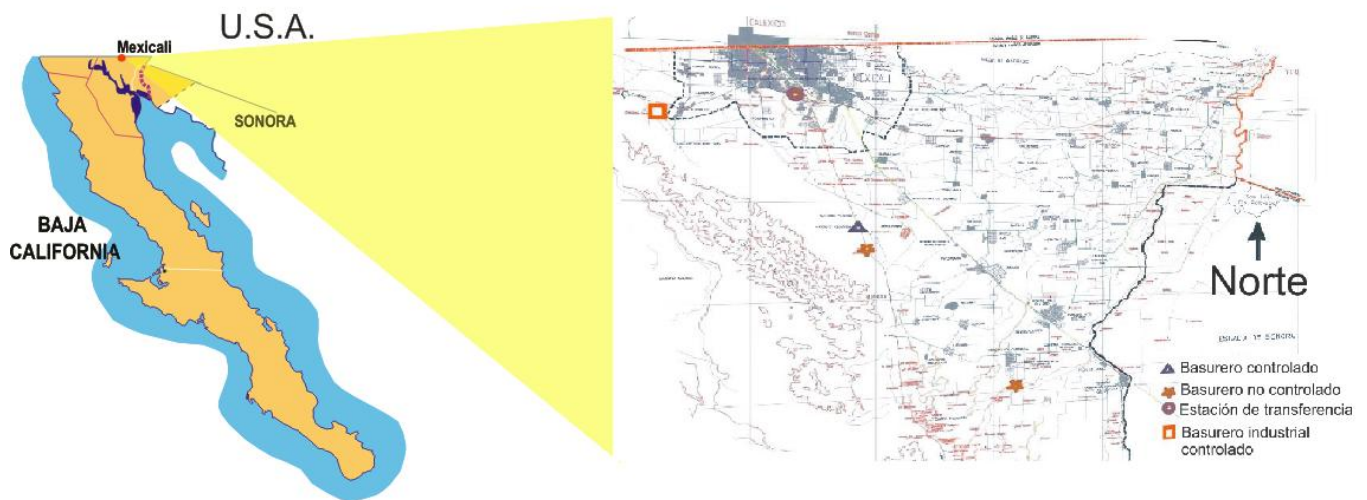


Figura 14. Posición geográfica de Mexicali B. C.

Mexicali es una región con presencia de industria de transformación, industria maquiladora, comercios y servicios. Las actividades realizadas en esta ciudad generan la necesidad de tener lugares de disposición de residuos sólidos (figura 14), al ser una ciudad fronteriza los hábitos de consumo de los habitantes

difiere del resto del país, así como ser una ciudad con un posición geográfica estratégica para el comercio con otras países (Japón, Estados Unidos de América).

3.1 Diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad de Mexicali para un estudio de generación de residuos

En esta investigación se llevaron a cabo dos etapas. En la primera etapa se realizó una división de la ciudad de Mexicali en tres estratos socioeconómicos (bajo, medio y alto) para observar el comportamiento de generación en cada uno de ellos. En la segunda etapa se trabajó en campo en una caracterización y clasificación de residuos sólidos domiciliarios (RSD) por medio de tres muestreos del tipo estacional. Con esto se obtuvo información de los RSD generados en cada estrato por la actividad diaria de la ciudad y se observaron las diferencias que se presentan en tres estaciones del año (invierno, primavera y verano).

La estratificación de la ciudad se basó en la propuesta del Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP), la cual establece una estratificación socioeconómica con base a la tipología de vivienda existente en cada colonia, esta división está dada por siete estratos sociales representados por diferentes colores plasmados en el mapa que se presenta en la figura 15:

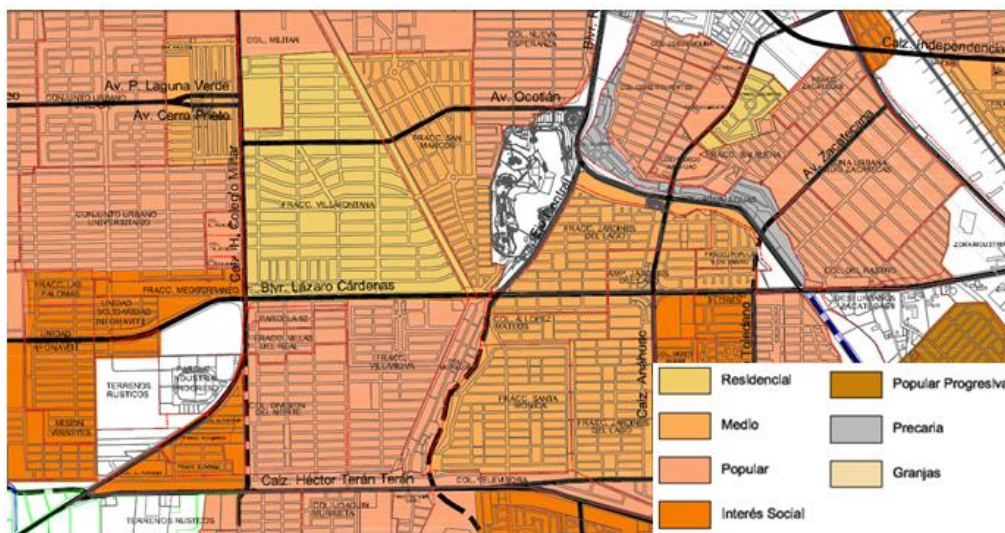


Figura 15. Mapa de estratificación por tipología de vivienda. (Fuente: IMIP 2004).



Para realizar esta investigación, se agrupó en tres estratos socioeconómicos y para ello se reclasificó la propuesta del IMIP como: el residencial que refleja la clase social alta de la ciudad; enseguida existen tres divisiones que representarían la clase media que son clasificadas como: Medio (media alta), popular (medio), interés social (media baja) y por último la clase baja que está subdividida en tres: precaria, popular progresista y granjas, excluyendo viviendas de granjas ya que estas se encuentran fuera del área urbana.

Con información del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) que maneja una base de datos (IRIS-Science 2005) en donde divide a la ciudad en diferentes áreas geoestadística básicas (AGEB's). Las cuales poseen información específica del área seleccionada. Se realizó un cruce de información entre AGEB's y el Mapa de tipología de Vivienda de IMIP.

Así se obtuvo información puntual de la ciudad de Mexicali con el fin de calcular una muestra representativa (figura 16).

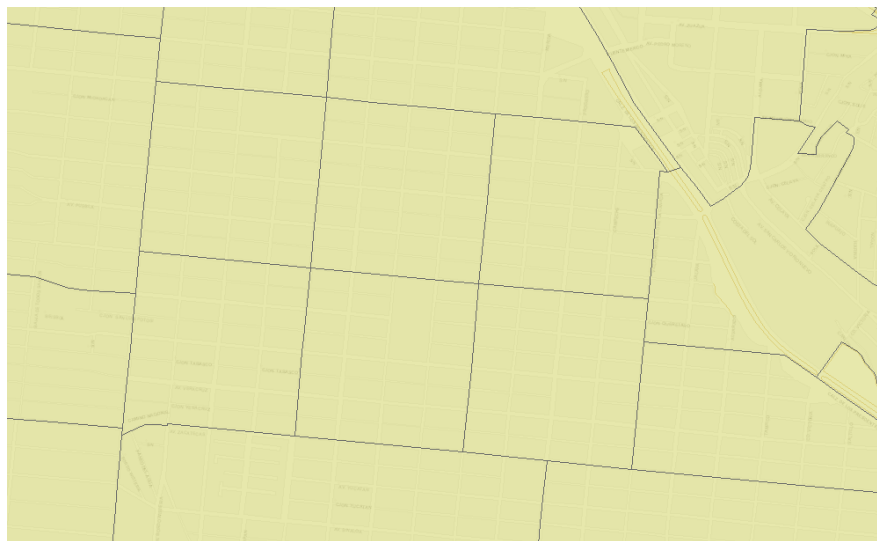


Figura 16. División en AGEB's de la ciudad de Mexicali. (Fuente: IRIS-Science 2005).

La figura 16 muestra una porción del mapa de Mexicali del programa IRIS-Science 2005, donde cada cuadro representa un AGEB del cual se puede obtener información puntual, manejado por una base de datos desarrollada por INEGI.



Para determinar la muestra, sólo se trabajó con tres estratos socioeconómicos (bajo, medio y alto). La muestra que se seleccionó fue representativa de la ciudad de Mexicali y para ello se tomaron los siguientes datos de cada AGEB:

- Número de Habitantes.
- Número de Viviendas.
- Número de identificación.

Con la información seleccionada de cada AGEB, se obtuvieron los datos de cada colonia y se calculó el tamaño de muestra utilizando la ecuación 1 (Rendón, 1991).

$$n = \frac{NK^2}{N\beta^2 + K^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

n= Tamaño de Muestra.

N= Tamaño de la población.

K= Nivel de confianza al 95% (K=1.96)

β = Fracción de la desviación estándar o del coeficiente de variación poblacional, que se desea como la precisión del estimador ($\beta=0.05$)

Se aplicó la ecuación 1 y conociendo previamente la cantidad total de viviendas con base a los datos obtenidos en el cruce de información de los estudios realizados por el IMIP y el IRIS-Science 2005 (tabla 3), se calculó la muestra de viviendas para cada estrato socioeconómico (tabla 4).

Después del cálculo de la muestra se seleccionó una colonia por estrato socioeconómico buscando que fuera lo más homogéneo posible y que existiera una ruta que le diera el servicio de recolección.



Tabla 3. Total de viviendas por estrato socioeconómico en la ciudad de Mexicali.

Estrato	Viviendas
Alto	7,063
Medio	138,217
Bajo	31,441

Para seleccionar las colonias que representaran cada estrato, fue necesario que la colonia tuviera las siguientes características:

- Poseer una ruta de recolección de RSD.
- Pertener al estrato socioeconómico a estudiar.
- Ser homogénea (Viviendas del mismo tipo).
- Que incluyera la cantidad de viviendas necesarias para la muestra.

En la tabla 4 se muestra el número de viviendas (n), que se seleccionaron para muestrear, así como el nombre de algunas colonias de la ciudad que están dentro del estrato a analizar.

Tabla 4. Número de viviendas a muestrear.

Estrato	n	Colonias probables a muestreo	Número de viviendas
Alto	1262	Col. Nueva	1693
		Los pinos	498
		Chapultepec Los Pinos	528
		Jardines del Valle	
		Villafontana	995
Medio	1520	Col. Independencia	4165
		Col. Esperanza Loma Linda Frac. Orizaba (comparten AGEB's)	2887
		Pueblo Nuevo	1332
		Pro hogar	1652
		El Roble	436
		La Robledo	2042



Bajo	1465	El Ciprés	994
		Los Encinos	241
		Col. Rivera Campestre	881
		-Frac. Misión del ángel -Frac. Jardines Calafia (comparten AGEB's)	465

Tomando los criterios de inclusión establecidos con anterioridad las colonia seleccionadas fueron para el estrato alto: Los Pinos, Chapultepec los Pinos y la colonia Nueva, para el estrato medio: Pro Hogar y para el estrato bajo: La Robledo.

3.2 Procedimiento

Para determinar las colonias a muestrear se analizó el programa de rutas de recolección del sistema de limpia municipal, se identificaron las colonias que fueran representativas del estrato, y que las rutas no fueran compartidas con colonias de estrato diferente.

En la tabla 5 se muestran las colonias por estrato, y las rutas de recolección de RSD correspondiente, así como las colonias que se eliminaron de la ruta, debido a que no se incluyeron en el estrato.

Tabla 5. Colonias y rutas de recolección de RSD elegidas para el muestreo.

Estrato Alto	Ruta	Eliminar	Días de Recolección
Los Pinos y Chap.	25-A	La escondida, esteban	Lunes y Jueves
Los pinos		Cantú, Justo Sierra	
Jardines del valle	30-A	Santa Teresa	Lunes y Jueves
Col. Nueva	32-A	Ninguna	Lunes y Jueves
Estrato Medio	Ruta	Eliminar	Días de Recolección
Col. Pro hogar	27-A	Ninguna	Lunes y Jueves
	28-A	Ninguna	Lunes y Jueves
	33-A	Ninguna	Lunes y Jueves
	34-A	Ninguna	Lunes y Jueves
Estrato Bajo	Ruta	Eliminar	Días de Recolección
La Robledo	6-C	Ninguna	Miércoles y Sábado
	16-C	Ninguna	Miércoles y Sábado
	32-C	Ninguna	Miércoles y Sábado

En la figura 17 se muestra la posición geográfica de las colonias seleccionadas para la selección de muestra, por del camión recolector a través de la ruta recorrida:

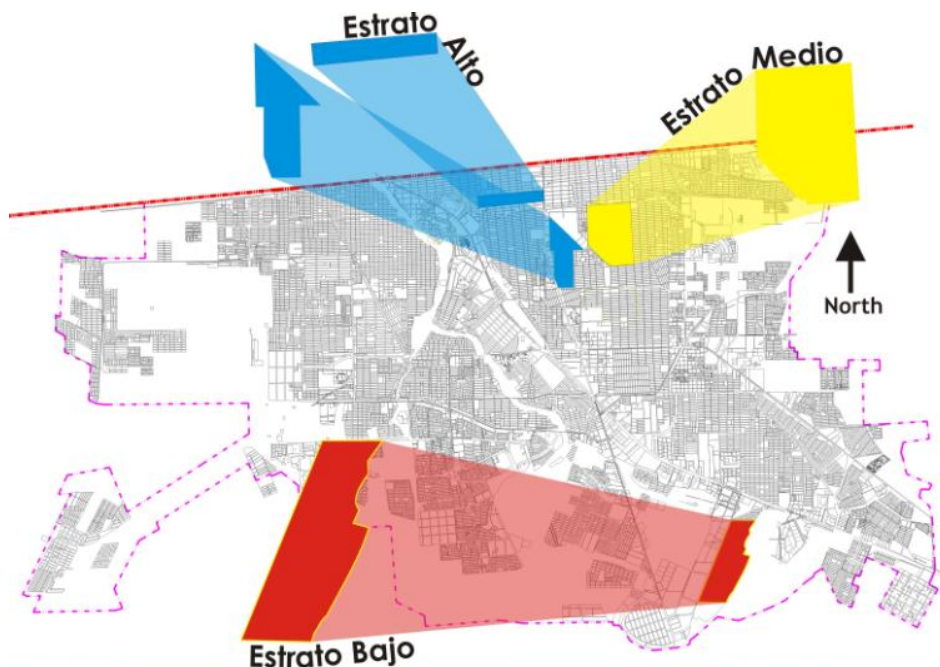


Figura 17. Colonias seleccionadas para Muestreo de RSD.

Las colonias que se eligieron son homogéneas respecto al tipo de vivienda que poseen, además que cuentan con rutas de recolección de RSD regulares ya establecidas por el municipio, lo que facilita el muestreo de las mismas.

3.2.1 Clasificación de RSD

Para conocer la composición y peso de los RSD, se realizó un trabajo de clasificación y cuantificación de RSD en el centro de transferencia de la ciudad de Mexicali tomando como unidad de análisis el camión recolector de cada estrato, representando a la colonia y estrato seleccionado, se muestrearon los residuos de un día de recolección, de los dos que están asignados a cada colonia.

Para conocer el total de residuos recolectados por el camión, se pesó el camión al llegar al centro de transferencia, y después de dejar la muestra para su

caracterización, así se obtuvo el peso neto de la carga de RSD que descargó el camión en ese momento.

Los residuos una vez depositados en el sitio de muestreo fueron analizados tomando como referencia el método de cuarteo descrito en la norma NMX-AA-015-1985.

Los residuos fueron depositados en un área preparada con anterioridad, se dispuso un cuadro de aproximadamente 12 por 12 metros, se marcó con cal y se pusieron estacas en las esquinas y el centro indicando una cuadrícula (figura 19):

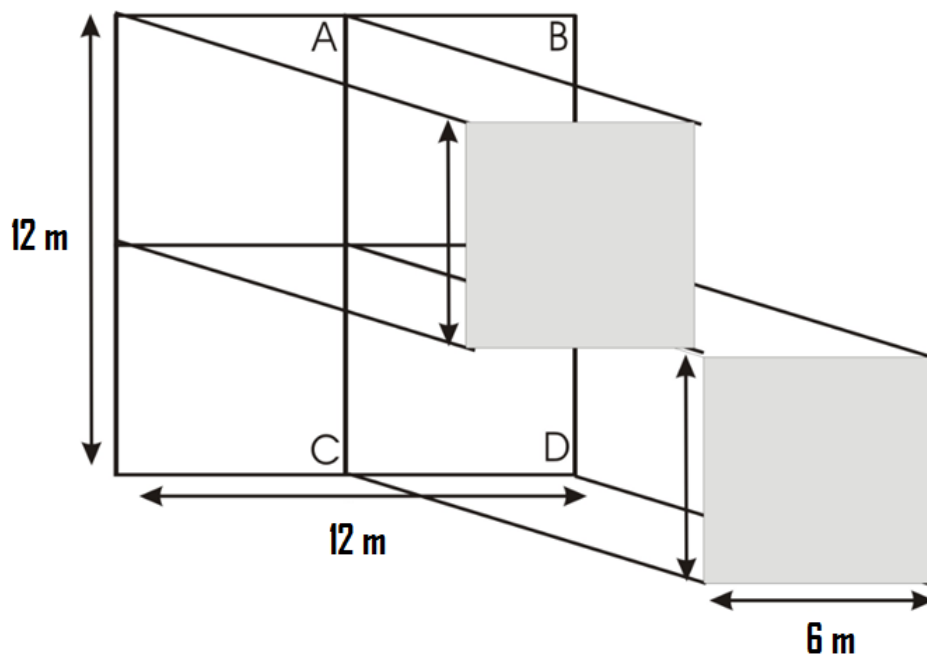


Figura 19. Cuadrícula del método de cuarteo.

En este recuadro se depositaron los RSD para ser mezclados. Debido al gran volumen de residuos se realizó el trabajo de mezclado con una motorconformadora dejando un colchón de RSD uniforme tanto de área como de altura.

Para realizar la clasificación se aplicó la norma NMX-AA-022-1985, y se analizó en las categorías mostradas en la figura 20.



Subproducto	Peso en Kg.	Observaciones
01. Algodón		
02. Cartón		
03. Cuero		
04. Residuo fino		
05. Envase de cartón encerado		
06. Tetrapack		
07. Telas y trapos		
08. Hueso		
09. Latas de aluminio		
10. Material ferroso (latas de hojalata)		
11. Material no ferroso		
12. Material de construcción		
13. Madera		
14. Loza y cerámica		
15. Cobre		
16. Aluminio		
17. Metal diverso		
18. Papel Periódico		
19. Papel de oficina		
20. Papel aluminio		
21. Papel celofán		
22. Papel plastificado		
23. Papel encerado		
24. Pañales		
25. Papel sanitario		
26. Empaque		
27. Revistas		
28. PET (1) Polietileno tereftalato		
29. PEAD (2) Polietileno de alta densidad		
30. PVC (3) Policloruro de vinilo		
31. Plásticos diversos (otros)		
32. Plástico rígido		
33. Poliuretano		
34. Poliestireno extendido (foam)		
35. Bolsas de plástico		
36. Residuos de alimentos		
37. Residuos de Jardín		
38. Excremento animal		
39. Vidrio oscuro		
40. Vidrio verde		
41. Vidrio Transparente		
42. Cenizas		
43. Residuos peligrosos		

Figura 20. Categorías analizadas.



Para la clasificación y cuantificación de RSD en el centro de transferencia de la ciudad de Mexicali, se utilizó el siguiente material;

1. Bolsas negras de plástico.
2. Guantes de carnaza.
3. Botes de plástico.
4. Guantes de látex.
5. Cernidor (Tamiz).
6. Botas de hule.
7. Palas anchas.
8. Ganchos para romper bolsas.
9. Cubre bocas.
10. Balanza.

3.2.2 Cuantificación de Residuos Sólidos Domiciliarios Peligrosos (RSDP)

Dentro del flujo normal de RSD que cada día se desechan y que son recolectados por el municipio existe una gran variabilidad de artículos. La presencia de residuos sólidos que pueden ocasionar impactos en el medio ambiente y salud pública son una realidad. Estos artículos generados de actividades en los hogares de una comunidad pueden presentar características de corrosividad, inflamabilidad, reactividad, toxicidad o ser infecciosos, por lo que se realizó una cuantificación y clasificación de residuos sólidos domésticos peligrosos (RSDP) para un análisis más específico.

Los RSDP desechados en el flujo normal son responsabilidad también del municipio, esto provoca que sean llevados a disposición final al relleno sanitario, disponiéndolos en el flujo total, lo que puede provocar problemas ambientales.

De manera general en el hogar se tienen las siguientes tipos de residuos peligrosos:

1. Productos domésticos de limpieza;



2. Productos para el cuidado y aseo personal;
3. Pinturas en general;
4. Plaguicidas; y
5. Productos para el automóvil.

Para este estudio, los RSDP fueron analizados por separado y categorizados con base a la tabla 6, donde se muestra la descripción de cada categoría encontrada en la corriente de RSD.

Tabla 6. Categorías de los residuos domésticos peligrosos.

Categoría	Descripción
Mantenimiento Automotriz	Envases de gasolina, aceites del motor, anticongelante, cera y productos de limpieza automotriz, baterías, líquido para frenos y líquido de transmisión
Mantenimiento del Hogar	Envases de pintura, barnices, thinner, removedores de pintura y barniz, adhesivos y solventes
Biocidas (Plaguicidas y artículos para jardín)	Envases de insecticidas, repelentes de insectos, veneno para ratas, líquidos para maleza, talcos repelentes y collares anti-pulgas, bolas de naftalina, desinfectantes y líquidos para preservar la madera.
Productos de Limpieza	Envases de líquidos y cera para pulir muebles, destapacaños, limpiadores para muebles de baño, limpiadores para hornos, líquidos quitamanchas, blanqueador, amonio.
Medicinas y fármacos	Paquetes de tabletas, pomadas, jarabes y demás medicamentos vencidos.
Productos de Belleza y aseo personal	Cosméticos, aerosoles, limpiadores de calzado, tintes para pelo, removedor de esmalte etc.
Otros productos	Materiales de artes, lámparas fluorescentes, detectores de humo y todos



	los desechos contaminantes que no puedan ser incluidos en las otras categorías.
--	---

Una vez separados los RSDP del resto de los desechos domésticos, se realizó una cuantificación y caracterización de los mismos. Para lo cual se utilizó una ficha de registro la cual contenía el registro de los siguientes datos:

- Descripción del artículo: En este campo se registró el nombre comercial del artículo.
- Marca: Se registró la marca del artículo.
- Tipo: Se anotó el tipo de empaque por ejemplo; bote, bolsa, caja, botella, pedazo de empaque, otro.
- Empaque: Se anotó el material del empaque por ejemplo cartón, plástico, cartoncillo, lámina, vidrio, aluminio, etc.
- Presentación: Se registró la presentación del artículo, por ejemplo 1kg., 250gr., 1lt., etc.
- Origen: Se anotó el país de origen del producto (México, E.U.A., u otro país).
- Categorías: Aquí se clasificó el artículo en una de las ocho categorías incluidas en el análisis, las cuales se presentan en la tabla 5.
- Con contenido: Se registraba si el artículo tenía contenido.
- Peso con contenido: Si los artículos al revisarlos tenían contenido se pesaban y se registraban en este apartado, después se vaciaba el contenido y se volvían a pesar y se anotaba el peso.
- Peso sin contenido: Aquí se anotaban el peso neto del empaque.
- Observaciones: Condiciones en las que se encontraba el empaque.



Con este análisis se obtuvo un banco de datos de RSDP, con el cual se analizó la variabilidad de artículos que llegan al relleno sanitario, así como el impacto de estos al no ser tratados como peligrosos.

3.2.3 Determinación de la generación per cápita

Se analizó información sobre el número de viviendas y cantidad de habitantes de cada colonia por medio del programa Science 2005 de INEGI, así como la realización de un conteo visual de viviendas de cada ruta utilizada para el análisis de generación, para esto se determinaron una serie de variables y una ecuación para relacionarlas y calcular la generación per cápita, las variables definidas fueron:

- A= Número total de viviendas de cada estrato socioeconómico.
- B= Número total de habitantes por estrato socioeconómico.
- n= Tamaño de muestra calculada.
- Z= Viviendas contabilizadas de forma visual.
- Q= Cantidad promedio de habitantes por vivienda en cada estrato.
- H= Número de habitantes calculados, por sector analizado.
- X= Total de residuos sólidos domésticos recolectados por estrato para análisis.
- Y= Días de almacenamiento de basura en las viviendas.
- G= Basura promedio generada por estrato cada día.
- M= Basura generada por vivienda por día.
- P= Generación per cápita por habitante, de cada estrato.

Utilizando estas variables se determinaran algunas ecuaciones para la obtención de la generación per cápita. Donde:

- $Q = (B/A)$
- $H = (Z*(B/A))$
- $G = (X/Y)$
- $M = (G/Z)$



- $P = (M/Q)$

Por lo que se tiene que:

$$P = (M/Q) = (G/Z) / (B/A) = ((X/Y) / (Z)) / (B/A)$$

Por lo tanto el promedio de generación per cápita por habitante de cada estrato de la ciudad de Mexicali se puede estimar con la ecuación 2:

$$P = \frac{((X/Y) / (Z))}{(B/A)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

P= Promedio per cápita en kilogramos de residuos por habitante por día (kg./hab. por día).

X= Total de residuos sólidos domésticos recolectados por estrato para análisis (Kg).

Y=Días de almacenamiento de basura en las viviendas (d).

Z=Viviendas contabilizadas de forma visual.

B=Número total de habitantes por estrato socioeconómico.

A=Número total de viviendas de cada estrato socioeconómico.

3.2.4 Análisis de proporciones independientes

Se comparan dos proporciones p_1 y p_2 , observadas en dos grupos distintos, en este caso una categoría entre dos estaciones del año diferente de tamaños n_1 y n_2 , respectivamente.

Esta prueba es utilizable cuando los tamaños muestrales n_1 y n_2 son grandes, para poder aplicar el estadístico de contraste que se calcula como:

$$Z = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{P(1-P)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (\text{Ec. 3})$$



Donde:

P_1 = Proporción del caso uno a analizar.

P_2 = Proporción del caso dos a analizar

n_1 = Número de datos del caso uno.

n_2 = Número de datos del caso dos.

En la cual para obtener el valor de P se utiliza la ecuación 4.

$$P = \frac{n_1P_1 + n_2P_2}{n_1 + n_2} \quad (\text{Ec. 4})$$

El Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (2010) menciona que la importancia de realizar análisis por temporadas y observar las diferencias de generación es debida a que existen factores que intervienen en la generación de residuos que son necesarios analizar para el desarrollo de programas de manejo, estrategias de tratamiento o campañas de reciclaje.

La generación de residuos depende principalmente de:

- El nivel de vida de la población, siendo mayor el volumen de residuos en donde aquél es más alto.
- La forma de vida de los habitantes y sus costumbres.
- La estación del año de que se trate, ya que, por ejemplo, en otoño se produce más basura por la caída de hojas de los árboles.
- El número de habitantes del municipio, que determina obviamente que los centros de desarrollo del municipio, la concentración de la población y su ingreso, así como la facilidad para consumir más productos.

Cabe mencionar que la generación de basura por habitante ha ido variando tanto en cantidad como en composición física, a medida que nuestra economía ha pasado de agropecuaria a industrializada, provocando que el control de los residuos no sea del todo eficaz.



Capítulo 4. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación en gráficos de los estratos socioeconómicos por periodo estacional (invierno, primavera y verano). El análisis final corresponde al resultado por estrato socioeconómico y estación del año desde donde se extraen las principales conclusiones de los resultados obtenidos.

Adicionalmente, se ha realizado un análisis de las diferencias observadas en la generación de residuos sólidos domésticos peligrosos generando una base de datos para esta categoría.

Con esta información se obtiene datos de lo más generado en Mexicali y así se tiene un fundamento para una propuesta de un sistema de manejo de residuos domiciliarios con base a los datos obtenidos en campo. Además de observar las el funcionamiento del actual sistema de manejo de residuos del ayuntamiento y proponer mejoras.

4.1 Generación de residuos sólidos domiciliarios por vivienda y por estrato socioeconómico

El conocer la generación de residuos sólidos domiciliarios por vivienda permitirá dar el primer paso para el cálculo del per cápita en la ciudad de Mexicali. Mientras el conocer las diferencias de generación entre estratos socioeconómicos permitirá comprobar si el estrato socioeconómico va ligado con la generación de residuos sólidos.

Con el total de viviendas (A) y el total de habitantes (B) de cada estrato de la ciudad de Mexicali, obtenidos del programa Science 2005 de INEGI se calculó el promedio de habitantes por vivienda (Q).

Para determinar el número de viviendas incluidas en la ruta de recolección, se realizó un conteo visual de viviendas (Z) realizó siguiendo las rutas realizadas por el camión recolector elegidos de las rutas previamente seleccionadas para el



Universidad Autónoma de Baja California

análisis; con esos datos se calculó la cantidad de habitantes por sector analizado de cada estrato (H) (ver tabla 7).

Tabla 7. Datos obtenidos del IRIS Science 2005 (INEGI 2005).

Estrato	Viviendas totales por estrato (Science) A	Hab. totales por estrato (Science) B	n (calculada)	Viviendas (conteo visual) Z	Habitantes promedio por vivienda Q=(B/A)	Habitantes calculados por sector del estrato analizado H=(Z*Q)
Alto	7,063	25,647	1,262	1,663	3.63	6,037
Medio	138,217	533,601	1,520	2,129	3.86	8,218
Bajo	31,441	132,787	1,465	2,204	4.22	9,301
Total	176,721	692,035	4,247	5,990	3.9	23,556

El número de días a los que corresponden los residuos cuantificados se analizaron a partir de los días de servicio de recolección (ver tabla 8). Los días de recolección para el muestreo fueron para el estrato alto el día lunes, para el medio el día jueves, y para el bajo el día miércoles de una semana, en los tres estaciones analizadas en el mes de enero (invierno), abril (primavera) y en junio (verano).

Tabla 8. Rutas y días de recolección, correspondientes a cada estrato.

Estrato	Rutas	Días de recolección	Día muestreado	Basura correspondiente a: (Y)
Alto	25-A	Lunes y Jueves	Lunes	4 días
	30-A			
	32-A			
Medio	27-A	Lunes y Jueves	Jueves	3 días
	28-A			
	33-A			
	34-A			
Bajo	6- C	Miércoles y Sábado	Miércoles	4 días
	16-C			
	32-C			



Universidad Autónoma de Baja California

Con la cantidad de RSD totales recolectados para la cuantificación y clasificación (X), y los días de almacenamiento a los que pertenecen los RSD (Y), se obtuvo la generación promedio de RSD de cada estrato por día (G) (ver tabla 9):

Tabla 9. Generación promedio por estrato socioeconómico.

Estación	Estrato	Residuos recolectados (Kilogramos) (X)	Días de almacenamiento de basura en viviendas (Y)	Residuos promedio generado por estrato por día (kilogramos) $G=(X/Y)$
Invierno	Alto	22,655	4	5,663.75
	Medio	22,891	3	7,630.33
	Bajo	22,065	4	5,516.25
Primavera	Alto	21,285	4	5,321.25
	Medio	21,595	3	7,198.33
	Bajo	17,910	4	4,477.5
Verano	Alto	26,825	4	6,706.25
	Medio	21,505	3	7,168.33
	Bajo	20,190	4	5,047.5

Con los datos de residuos generados de cada estrato por día (G) y la cantidad de viviendas contabilizadas de forma visual (Z), se obtuvo la generación promedio por vivienda por día (M), con este dato y el promedio de habitantes por vivienda (Q), se determinó la generación per cápita por habitante por día (P) (ver tabla 10).

Tabla 10. Información sobre la generación promedio por estrato socioeconómico.

Estación	Estrato	Basura promedio generada por estrato por día (kilogramos) (G)	Viviendas conteo visual (Z)	Basura generada por vivienda por día (kilogramos) $M=(G/Z)$	Habitante promedio por vivienda (Q)	Generación per cápita promedio por habitante por día (kilogramos/habitante) $P=(M)/(Q)$
Invierno	Alto	5,663.75	1,663	3.40	3.63	0.936
	Medio	7,630.33	2,129	3.58	3.86	0.928
	Bajo	5,516.25	2,204	2.50	4.22	0.592
	Alto	5,321.25	1,663	3.19	3.63	0.8787



Universidad Autónoma de Baja California

Primavera	Medio	7,198.33	2,129	3.38	3.86	0.875
	Bajo	4,477.5	2,204	2.03	4.22	0.481
Verano	Alto	6,706.25	1,663	4.03	3.63	1.110
	Medio	7,168.33	2,129	3.36	3.86	0.870
	Bajo	5,047.5	2,204	2.29	4.22	0.542

De acuerdo a los resultados, el estrato que más genera es el alto con un promedio de 0.974 kg/hab., seguido por el medio 0.891 kg/hab, y al último el estrato bajo 0.538 kg/hab., lo que muestra que el estrato con mayor poder adquisitivo es el que desecha más residuos por habitante.

4.2 Cuantificación de residuos sólidos domiciliarios en Mexicali

Los resultados de los muestreos realizados en las temporadas de invierno, primavera y verano, para los tres estratos socioeconómicos se presentan de las figuras 21 a la 23, en base a la clasificación presentada en la figura 21.

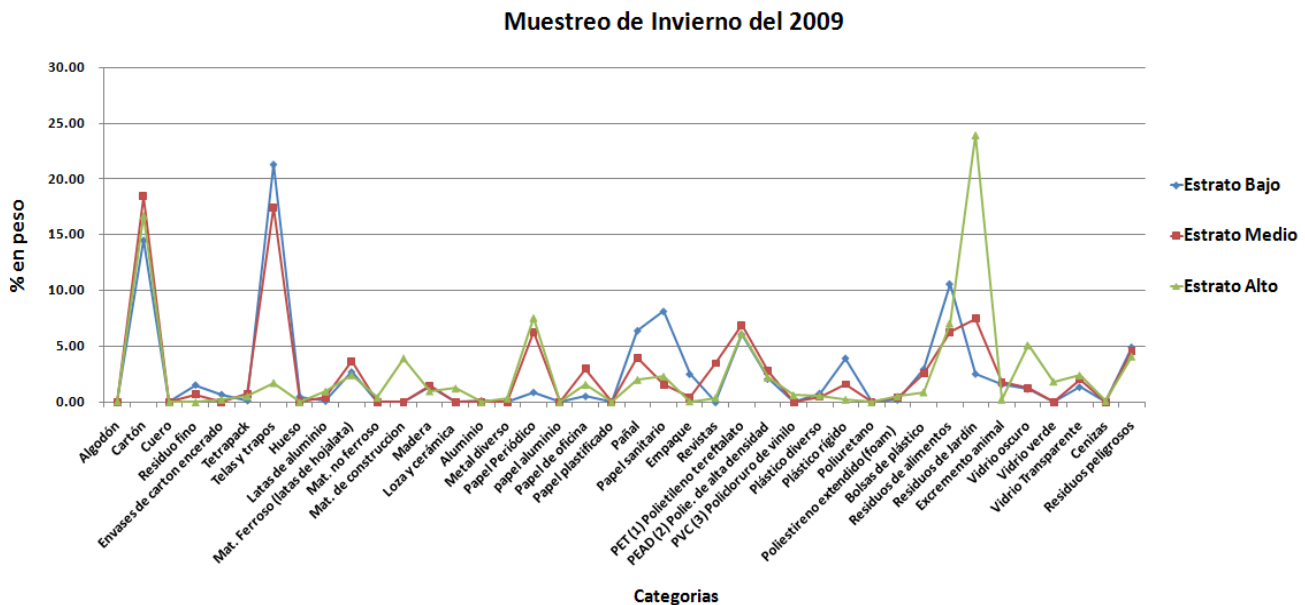


Figura 21. Comparación entre los tres estratos socioeconómicos en invierno.

En la figura 21 se presentan los resultados del muestreo de invierno, se observa que existe una alta variabilidad de RSD, ya que algunas categorías muestran una generación promedio más elevada con respecto a otras categorías;

entre estas destacan categorías como el cartón; telas y trapos; latas de hojalata; PET y papel periódico.

Muestreo de Primavera del 2009

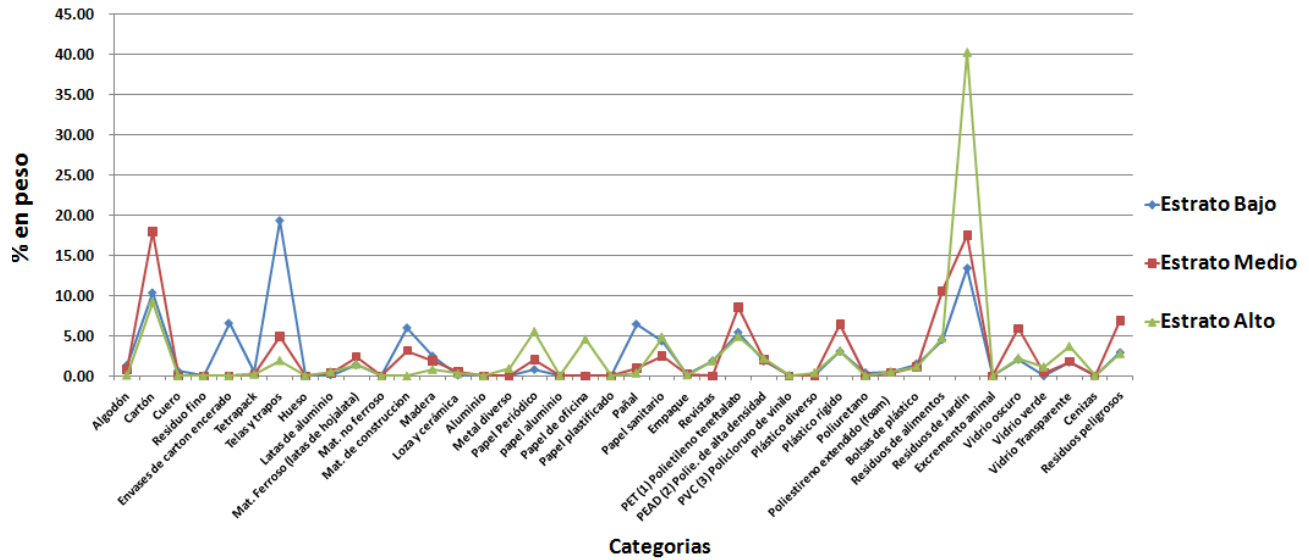


Figura 22. Generación de residuos por estrato socioeconómico de primavera.

Las categorías con generación más alta en el muestreo de primavera fueron: cartón; telas y trapos; papel periódico; PET; residuos de jardín y residuos de alimentos (ver figura 22).

Muestreo de Verano del 2009

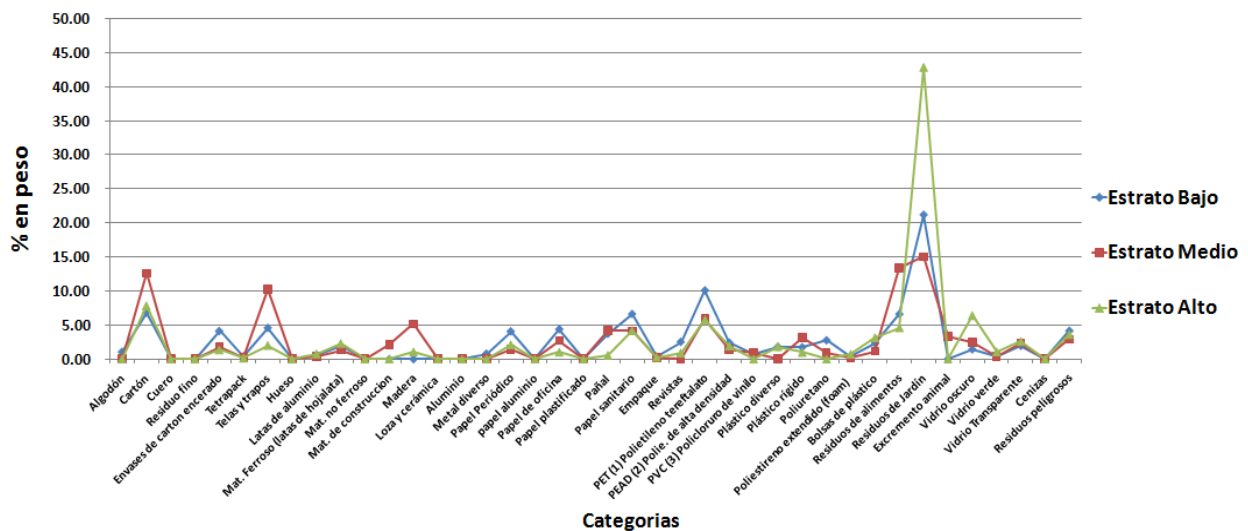


Figura 23. Generación de residuos por estrato socioeconómico en verano.



Universidad Autónoma de Baja California

Los resultados del análisis de muestreo de verano se muestran en la figura 23, en ella se presenta el patrón de cada estrato y donde se visualiza gráficamente que categorías como el cartón, telas y trapos, papel sanitario, PET, residuos de jardín y residuos de alimentos, sobresalen en generación del resto de los demás residuos.

De la figura 24 a la 26 se muestran las categorías que representan el 80% en peso del total de residuos muestreados, así como, el peso acumulado de las categorías más representativas en orden de izquierda a derecha. La primera categoría representa la más encontrada en la muestra. Con esto se pueden observar aquellos residuos que conforman la mayor cantidad en peso de la muestra.

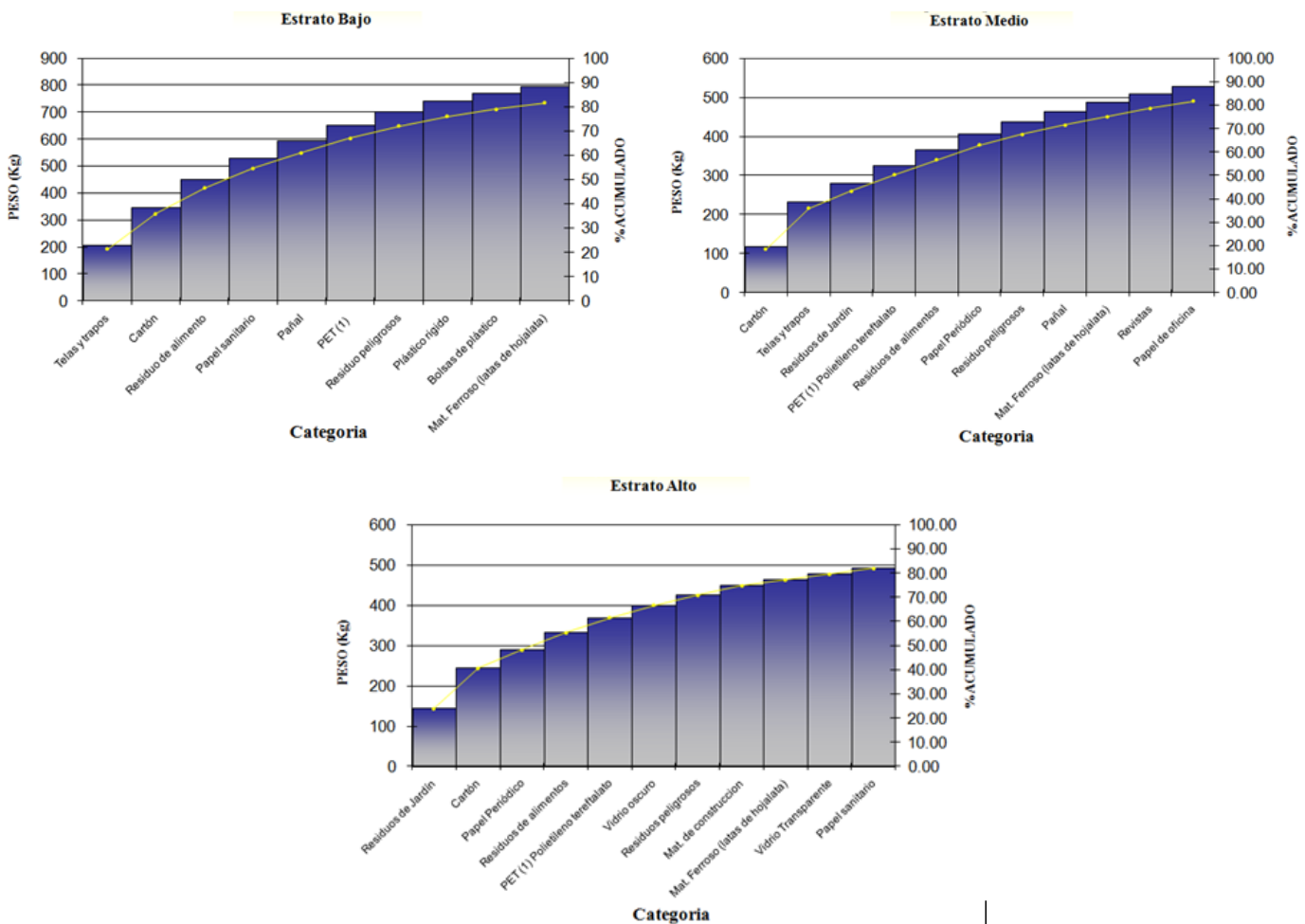


Figura 24. Categorías que representan el 80% de los RSD, por estrato socioeconómico en invierno



Universidad Autónoma de Baja California

Para el muestreo de invierno se muestra que en el estrato bajo las primeras diez categorías representan un 81.68% del total de los residuos cuantificados. Los residuos que sobresalen en los primeros tres lugares son: telas y trapos; cartón y residuos de alimentos. Mientras que para el estrato medio las primeras once categorías representan el 81.65% del total de este estrato, donde predominaron el cartón, telas y trapos y los residuos de jardín. Para el estrato alto las primeras once categorías conforman un 81.89% destacando en las primeras tres categorías, residuos de jardín, cartón y papel periódico (figura 24).

La figura 25 se presenta el comportamiento del muestreo de primavera:

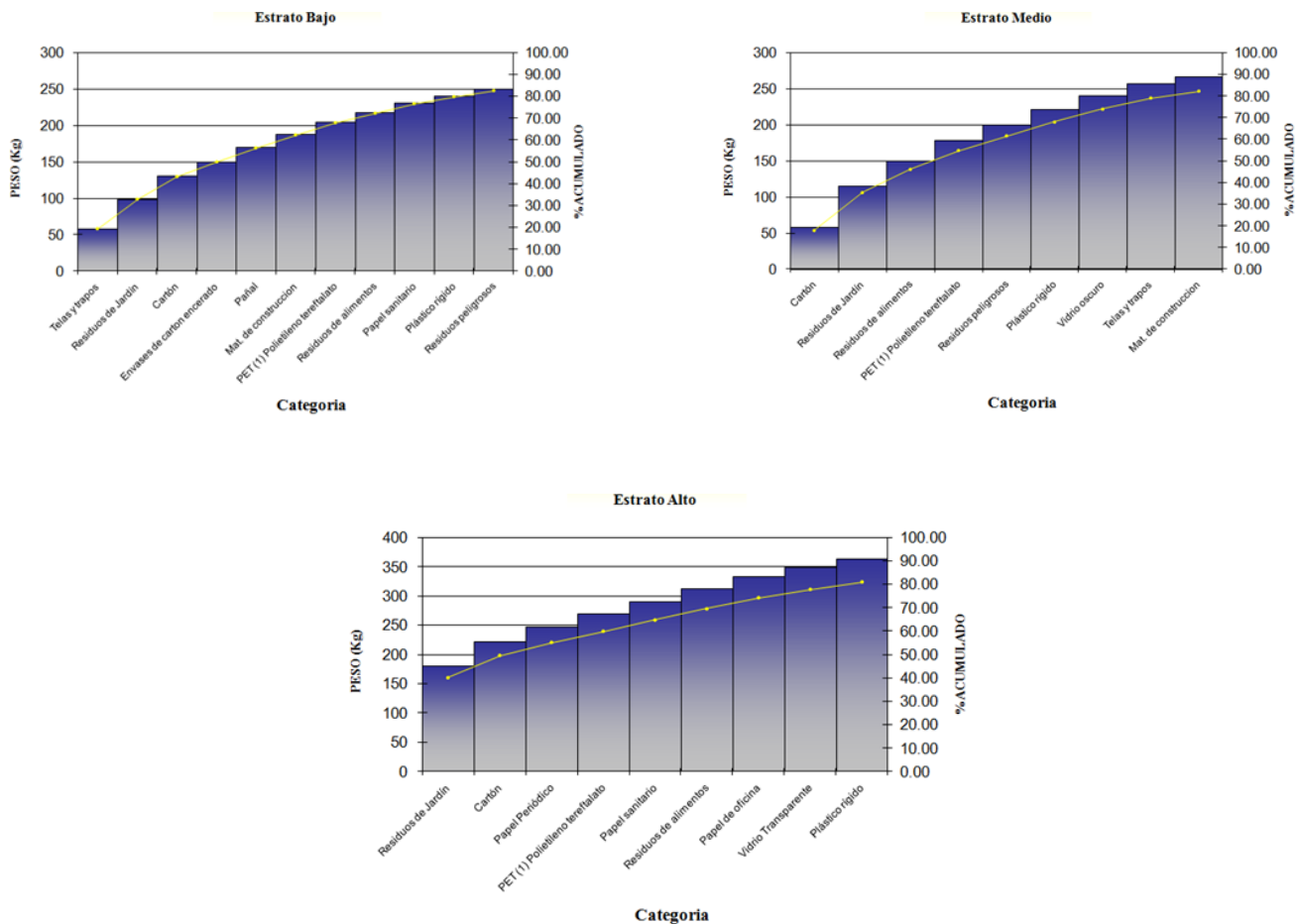


Figura 25. Categorías que representan el 80% de los RSD, por estrato socioeconómico en primavera



Universidad Autónoma de Baja California

Para el estrato bajo en el muestreo de primavera se encontró que las primeras once categorías representan el 82.59%, siendo telas y trapos, residuos de jardín y cartón las categorías más representativas. Para el estrato medio las primeras once categorías representan el 82.05%, donde predominaron en los primeros tres lugares el cartón, residuos de jardín y residuos de alimentos. En cambio para el estrato alto las primeras once categorías conforman el 80.93% generándose en mayor proporción los residuos de jardín, cartón y papel periódico (ver figura 25).

Para el muestreo de verano se presenta el comportamiento en la figura 26:

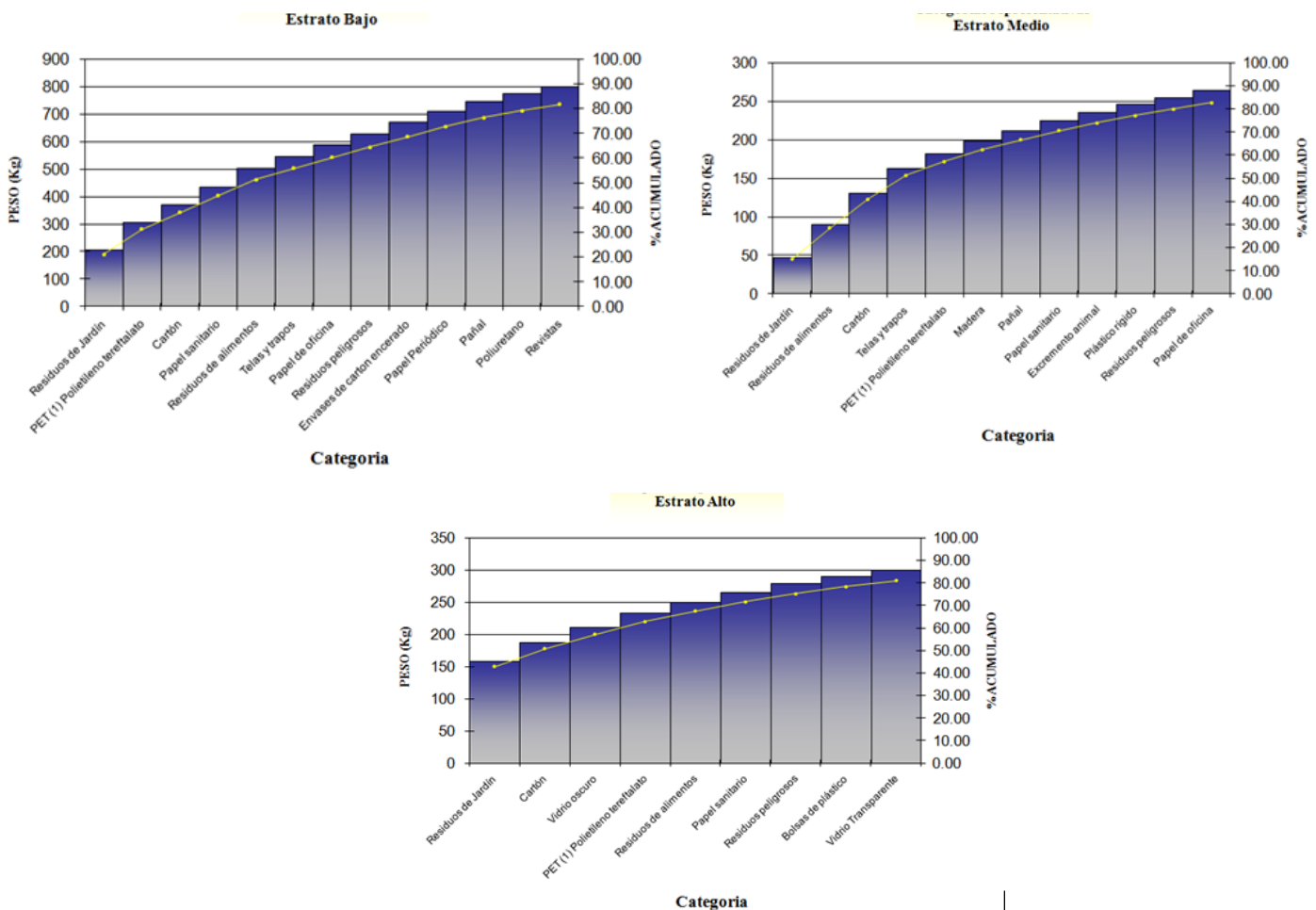


Figura 26. Categorías que representan el 80% de los RSD, por estrato socioeconómico en verano

En la figura 26 se observa que en el muestreo de verano, para el estrato bajo las primeras trece categorías representan el 81.72%, donde las primeras tres categorías son residuos de jardín, PET y cartón. Mientras que para el estrato



medio las primeras doce categorías representan el 82.70%, predominando los residuos de jardín, residuos de alimentos y cartón. En cambio que para el estrato alto las primeras nueve categorías conforman el 80.98% destacando en los primeros tres residuos de jardín, cartón y vidrio oscuro.

Se realizó un análisis de frecuencia entre las diez categorías más representativas, en donde se encontró que en los nueve muestreos realizados en total en todas las temporadas y estratos, hubo una recurrencia de ciertas categorías de residuos (ver figura 27):

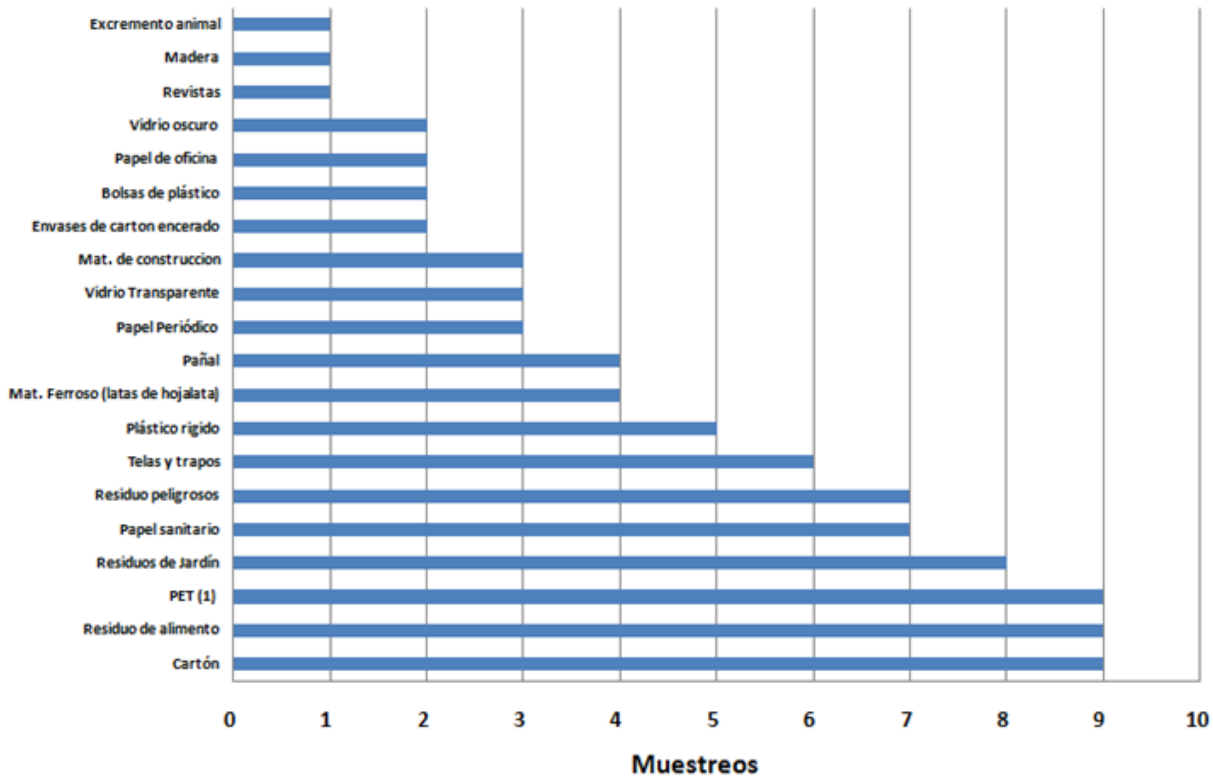


Figura 27. Frecuencia de generación de RSD en nueve muestreos.

Se observó que los residuos de cartón; residuos de alimento y el PET fueron los que aparecieron en los nueve muestreos entre las diez categorías con mayor porcentaje en peso. Los residuos de jardín aparecen en ocho muestreos; el papel sanitario y residuos peligrosos en siete muestreos, telas y trapos en seis muestreos.



Los residuos que aparecen con frecuencia en los diferentes muestreos pudieran tener un potencial de recuperación (propuesta de actualización de la norma NMX-AA-022-1985 de Espinoza et al., 2008).

En la figura 28 se muestra las categorías que estuvieron entre los cinco más generadas y el número de muestreos en las cuales aparecen. En este caso el cartón sigue siendo unas de las principales categorías generadas seguido por los residuos de jardín; residuos de alimentos y telas y trapos:

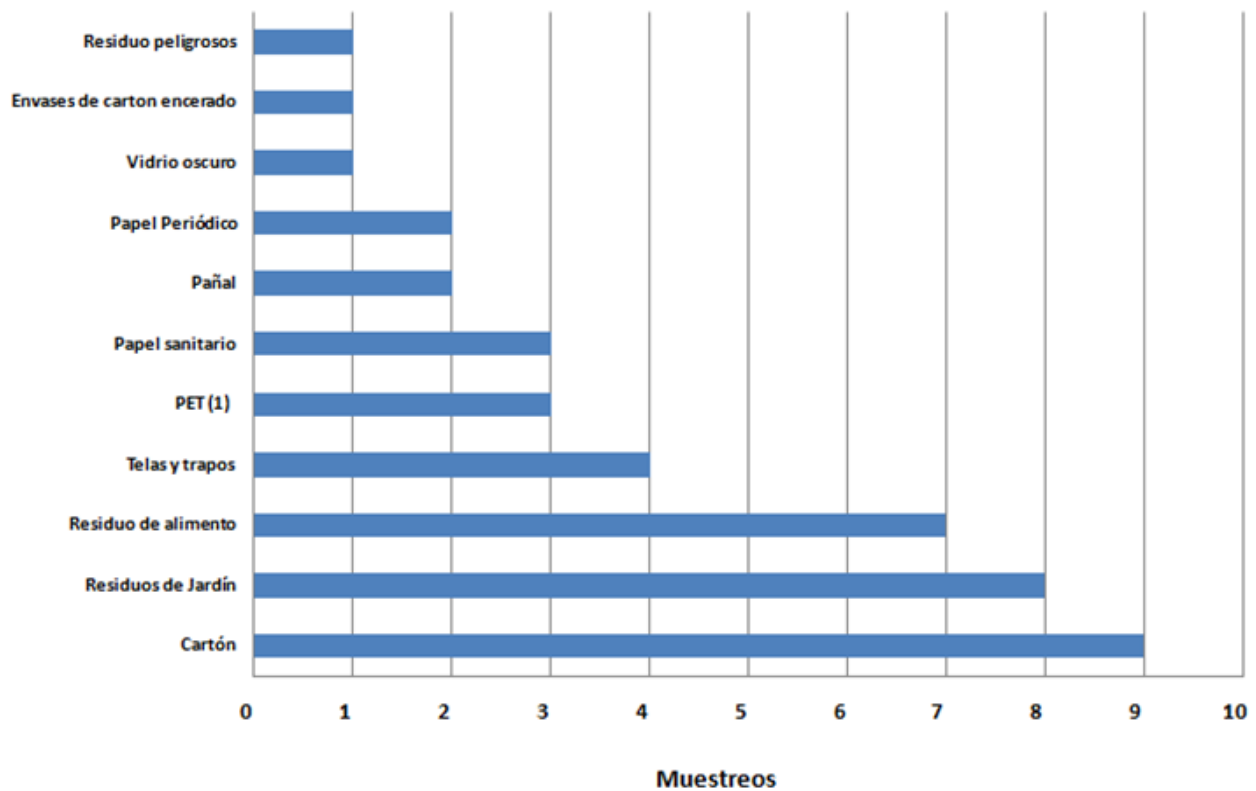


Figura 28. Frecuencia de presencia de categorías en los primeros cinco lugares, en los nueve muestreos.

Para identificar las categorías con potencial de recuperación de los RSD cuantificados, se analizaron tomando como referencia la propuesta de actualización de la norma NMX-AA-022-1985 (Espinoza et al., 2008):

- I. Subproductos recuperables: reutilizables y reciclables.
- II. Subproductos con alto poder calorífico.



Universidad Autónoma de Baja California

- III. Subproductos orgánicos biodegradables.
- IV. Subproductos para disposición en rellenos sanitarios u otros.

En cada categoría se propuso un listado de artículos (ver tabla 11), los cuales fueron seleccionados de las categorías cuantificadas durante los muestreos:

Tabla 11. Categorización de artículos por grupos.

Categoría	Productos
I. Subproductos recuperables: reutilizables y reciclables.	Cartón, latas de aluminio, latas de hojalata, material de construcción, madera, loza y cerámica, aluminio, metales, papel diverso, revista, PET, PEAD, PVC, plástico rígido, plástico diverso, Vidrio (Oscuro, verde, cristalino).
II. Subproductos con alto poder calorífico.	Algodón, tetrapack, telas y trapos, pañal, papel sanitario, empaque, bolsas de plástico, Poliestireno extendido (foam), residuos peligrosos (según su tipo).
III. Subproductos orgánicos biodegradables.	Hueso, cuero, residuos de alimentos, residuos de jardín, excremento animal.
IV. Subproductos para disposición en rellenos sanitarios u otros.	Cenizas, residuos finos, residuos peligrosos (según su tipo).

En la figura 27 se presentan los resultados de la composición de la muestra obtenida del estudio de cuantificación con base a la categorización mostrada en la tabla 12. En donde se observó que las categorías I, II y III son las más significativas en la mayoría de los muestreos.

Tabla 12. Categorización de artículos por categorías, estrato socioeconómico y periodo estacional.

Muestreo de Invierno			
Sub productos por categorías.	Estrato Bajo (% en peso)	Estrato Medio (% en peso)	Estrato Alto (% en peso)
I. Subproductos recuperables: reutilizables y reciclables.	35.8	51.89	55.97
II. Subproductos con alto poder calorífico.	42.48	27.21	8.5
III. Subproductos organicos.	15.22	15.57	31.29
IV. Subproductos para disposicion en rellenos sanitarios.	6.5	5.33	4.24
Total	100	100	100
Muestreo de Primavera			
Sub productos por categorías.	Estrato Bajo (% en peso)	Estrato Medio (% en peso)	Estrato Alto (% en peso)
I. Subproductos recuperables: reutilizables y reciclables.	37.65	53.59	43
II. Subproductos con alto poder calorífico.	40.82	11.39	9.22
III. Subproductos organicos.	18.61	28.16	45
IV. Subproductos para disposicion en rellenos sanitarios.	2.92	6.86	2.78
Total	100	100	100
Muestreo de Verano			
Sub productos por categorías.	Estrato Bajo (% en peso)	Estrato Medio (% en peso)	Estrato Alto (% en peso)
I. Subproductos recuperables: reutilizables y reciclables.	44.37	43.26	36.54
II. Subproductos con alto poder calorífico.	23.68	22.04	12.37
III. Subproductos organicos.	27.8	31.8	47.47
IV. Subproductos para disposicion en rellenos sanitarios.	4.15	2.9	3.62
Total	100	100	100



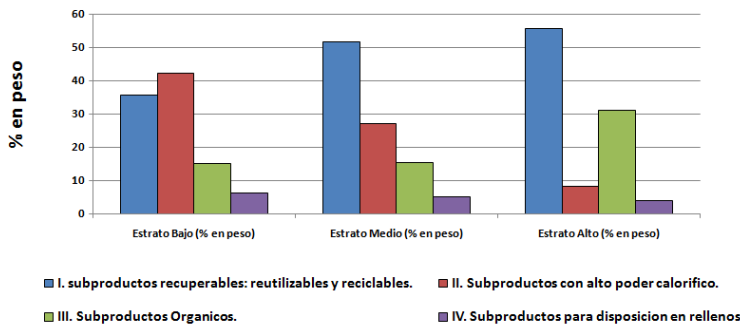
Universidad Autónoma de Baja California

La tabla 12 muestra que más del 85% de los residuos tienen un potencial de recuperación para la obtención de algún beneficio según el tipo de material.

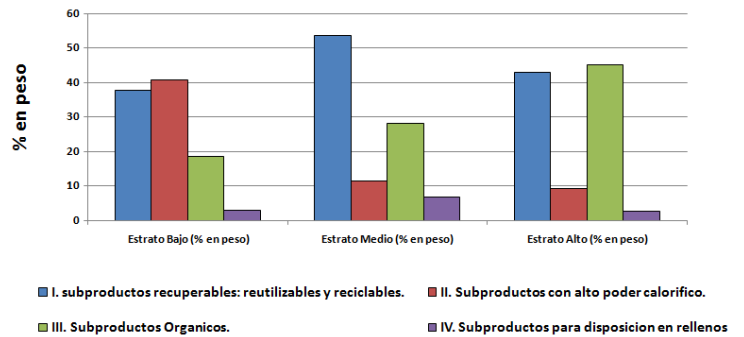
El estrato bajo genera más la categoría de subproductos con alto poder calorífico, mientras el estrato medio genera mayormente subproductos recuperables y el estrato alto sobresale la generación de orgánicos.

En la figura 29 se observan más detalladas las diferencias de subgrupos.

Composicion de la muestra de invierno 2009.



Composicion de la muestra de primavera 2009.



Composicion de la muestra de verano 2009.

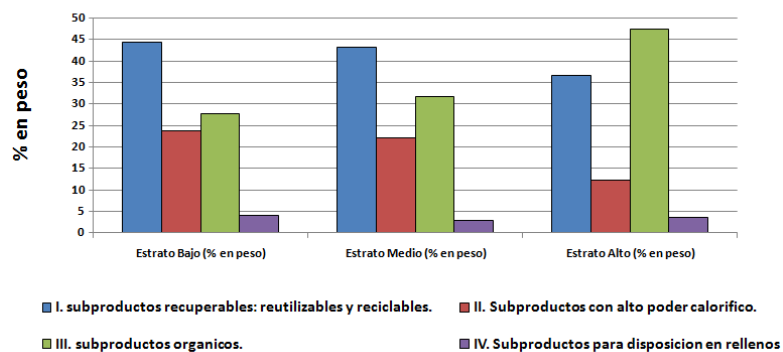


Figura 29. Composición por estación y categorías basada en la propuesta de actualización de la norma NMX-AA-022-1985.



Universidad Autónoma de Baja California

La categoría de subproductos recuperables es muy representativa en este análisis, observándose que más del 40% en promedio de la muestra de de los tres estaciones podría ser recuperada.

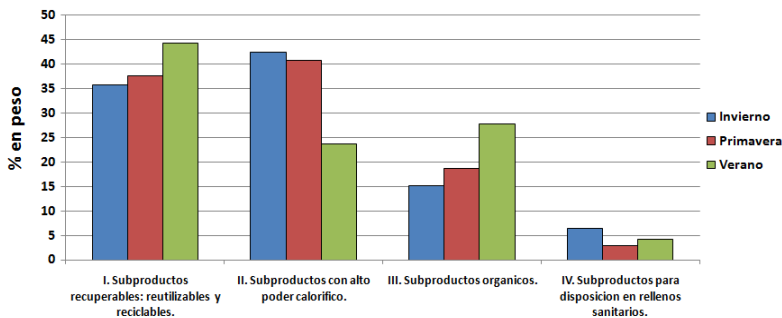
En la tabla 13 se presentan los porcentajes en peso obtenidos de cada muestreo, dividido entre los estratos socioeconómicos, así como, el periodo estacional al cual pertenece cada uno, se observa que existen categorías que predominan en peso como son los subproductos recuperables y lo de alto poder calorífico.

Tabla 13. Categorización de artículos por grupos de cada estrato socioeconómico por estación.

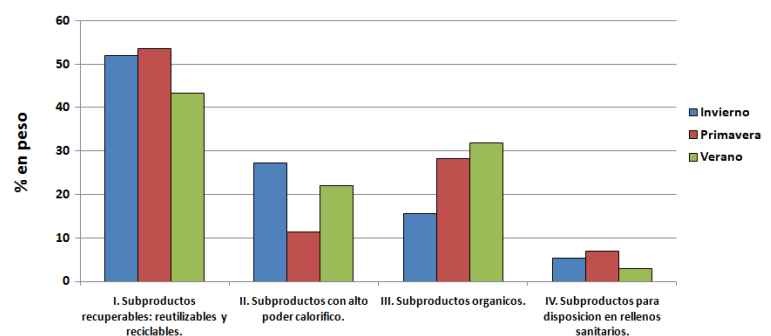
Porcentajes en peso del muestreo estacional	Estrato Bajo			Estrato Medio			Estrato Alto		
	Invierno	Primavera	Verano	Invierno	Primavera	Verano	Invierno	Primavera	Verano
I. Subproductos recuperables: reutilizables y reciclables.	35.8	37.65	44.37	51.89	53.59	43.26	55.97	43	36.54
II. Subproductos con alto poder calorífico.	42.48	40.82	23.68	27.21	11.39	22.04	8.5	9.22	12.37
III. Subproductos organicos.	15.22	18.61	27.8	15.57	28.16	31.8	31.29	45	47.47
IV. Subproductos para disposicion en rellenos sanitarios.	6.5	2.92	4.15	5.33	6.86	2.9	4.24	2.78	3.62

En la figura 30 se presentan los datos de las categorías de la tabla 13, comparando cada estrato entre los periodos estacionales de una manera mas grafica y visible.

Estrato Bajo



Estrato Medio



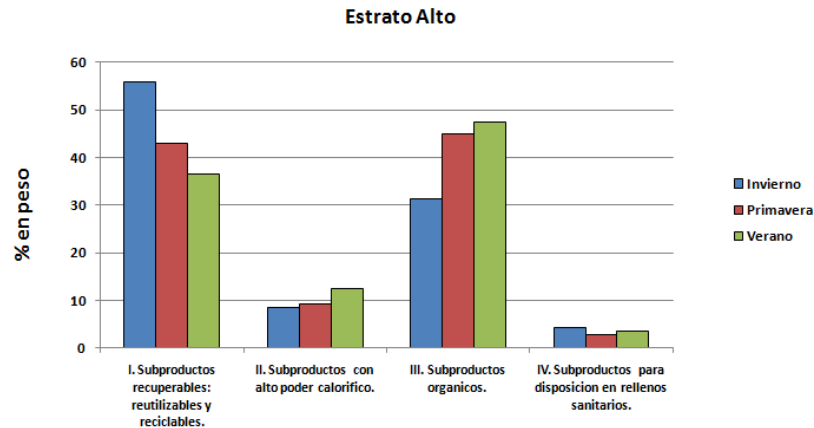


Figura 30. Composición por estación y categorías basada en la propuesta de actualización de la norma NMX-AA-22-1985.

En la figura 30 se muestra un comparativo entre las categorías de la tabla 13 por estrato socioeconómico de cada periodo estacional, observando que las categorías de subproductos recuperables es la más sobresaliente de los tres estratos. La categoría de subproductos de alto poder calorífico sobresale mas en el estrato bajo. Mientras la categoría de orgánicos sobresale en mayor manera en el estrato alto, estos poseen un potencial de recuperación para algún tipo de tratamiento con el fin de ser aprovechados con el fin de evitar su disposición.

4.3 Diferencias de generación entre estratos socioeconómicos de cada muestreo estacional

Con la finalidad de comprobar si existen o no diferencias de generación de RSD, entre los diferentes estratos socioeconómicos de las diferentes categorías analizadas, se agruparon categorías con el fin de aplicar un análisis de proporciones independientes entre cada estrato (ver tabla 14).

Tabla 14. Categorización de RSD, para un análisis de proporciones independientes.

Caso	Categoría
1	Cartón
2	Papel (periódico, oficina, revistas)
3	Pañales
4	Papel sanitario



Universidad Autónoma de Baja California

5	Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)
6	Pet (Polietileno teraftalto)
7	Pead (Polie. De alta densidad)
8	Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)
9	Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)
10	Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, excremento animal, residuos de jardín)
11	Empaques (Empaques de plástico, tetrapack, envases de cartón encerado)
12	Latas de aluminio
13	Latas de hojalata
14	Metales diversos
15	Vidrio
16	Residuos peligrosos
17	Varios (Material de construcción, madera, residuos fino, material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)
18	Bolsas de plástico

En la tabla 14 se presentan 18 categorías obteniendo las fracciones en peso de cada una de ellas por estrato socioeconómico (Anexo 1), así como por temporada, así como las diferencias entre estratos en cada temporada (ver Anexo 2).

En la figura 31 se muestra las fracciones en peso de cada temporada, teniendo así una idea de la distribución en la generación de los RSD.

Para este análisis se tomaran los residuos con mayor impacto por su valor en el mercado, potencial de recuperación o impacto en la salud y medio ambiente, por lo que el análisis de realizo con las 11 categorías presentadas en la tabla 15.

Tabla 15. Categorías seleccionadas para análisis.

Caso	Categoría
1	Cartón
2	Papel
3	Pañales
4	Papel sanitario
5	Textiles
6	Pet (Polietileno teraftalto)
7	Pead (Polie. De alta densidad)
8	Orgánicos
9	Latas de aluminio
10	Vidrio
11	Residuos peligrosos



Se realizó un comparativo entre las categorías analizadas para las tres estaciones del año de las 18 categorías de la tabla 14, observando las más sobresalientes (figura 31).

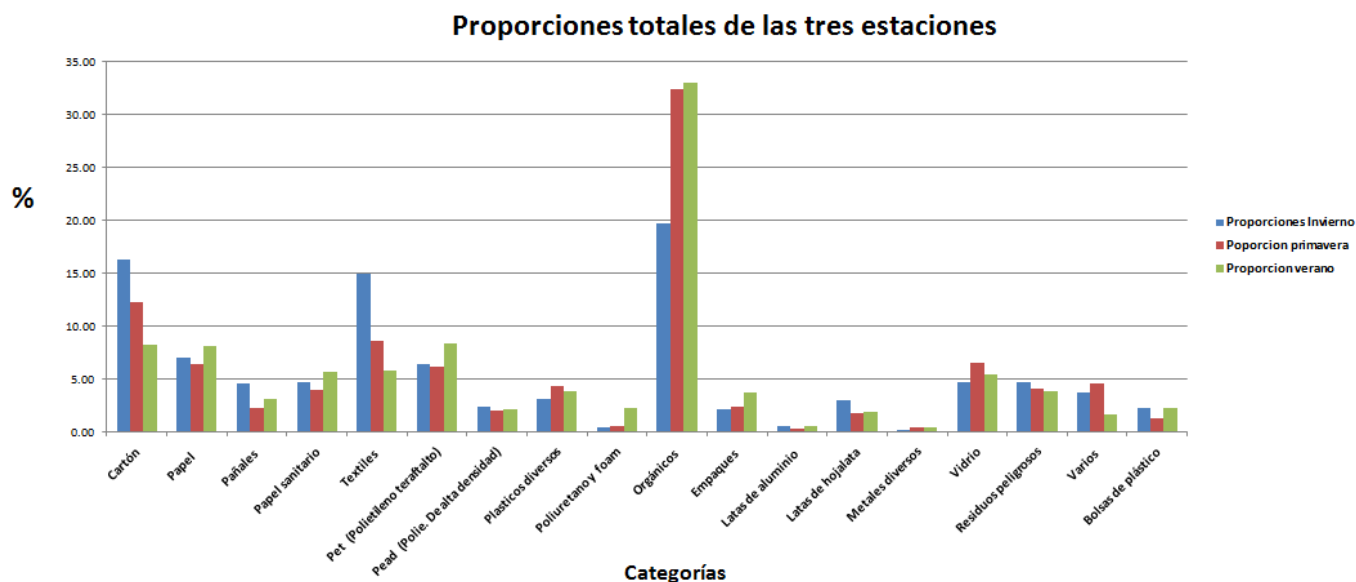


Figura 31. Comparación de las 18 categorías entre temporadas.

Se realizó un análisis comparativo entre los estratos: (a) bajo y medio, (b) medio y bajo, (c) medio y alto, de las tres temporadas de muestreo (verano, primavera, invierno) para lo cual se formularon las siguientes hipótesis:

H_0 = las categorías del estrato bajo no tienen ninguna diferencia en la generación de RSD con respecto a las categorías del estrato medio.

H_1 = las categorías del estrato bajo y del estrato medio son diferentes.

H_0 = las categorías del estrato bajo no tienen ninguna diferencia en la generación de RSD con respecto a las categorías del estrato alto.

H_1 = las categorías del estrato bajo y del estrato alto son diferentes.

H_0 = las categorías del estrato medio no tienen ninguna diferencia en la generación de RSD con respecto a las categorías del estrato alto.

H_1 = las categorías del estrato medio y del estrato alto son diferentes.

$$H_0: P_1=P_2$$

$$H_1: P_1 \neq P_2$$



Estableciendo las pruebas de hipótesis con un nivel de confianza al 95%, para la prueba de comprobación de hipótesis se utilizaron las ecuaciones 3 y 4 (Mato, 1993).

Aplicando la ecuación y comparando con el valor crítico al 95% de ± 1.96 , tenemos que, en los muestreos de invierno (ver tabla de la 16 a la 18):

Tabla 16. Diferencias entre el estrato bajo y medio en la temporada de invierno.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor critico al 95%
1	Cartón	-0.3178	± 1.96
2	Papel	-1.3216	
3	Pañales	0.3324	
4	Papel sanitario	0.9181	
5	Textiles	0.2929	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	-0.1010	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	-0.1379	
8	Orgánicos	-0.0283	
9	Latas de aluminio	-0.0928	
10	Vidrio	-0.1300	
11	Residuos peligrosos	0.0464	

En la tabla 16 se muestran los valores estadísticos de prueba entre la comparación de los estratos bajo y medio de la temporada de invierno, donde no se observaron diferencias de generación significativas entre las 11 categorías analizadas.

En la figura 32 se observa la distribución de los valores de los estratos bajo y medio, se observa que todos están dentro de la zona crítica, donde cada línea representa la categoría con su respectivo número de identificación según la tabla 16.

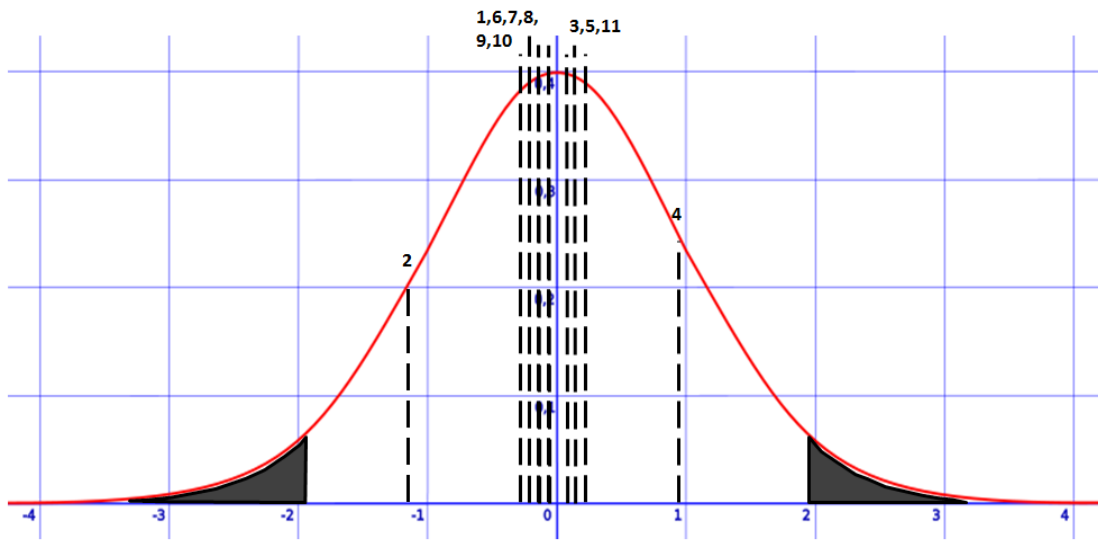


Figura 32. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y medio (invierno).

Entre los estratos bajo y alto no se observaron diferencias de generación significativas, ya que los valores estadísticos de prueba están dentro del valor crítico (tabla 17).

Tabla 17. Diferencias entre el estrato bajo y alto en la temporada de invierno.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor crítico al 95%
1	Cartón	-0.1842	± 1.96
2	Papel	-1.0686	
3	Pañales	0.6559	
4	Papel sanitario	0.7836	
5	Textiles	1.8290	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	-0.0100	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	-0.0289	
8	Orgánicos	-1.1398	
9	Latas de aluminio	-0.2801	
10	Vidrio	-0.8645	
11	Residuos peligrosos	0.1168	

La figura 33 muestra la distribución de los valores obtenidos de los estratos bajo y alto, donde se observa que están dentro del rango crítico.

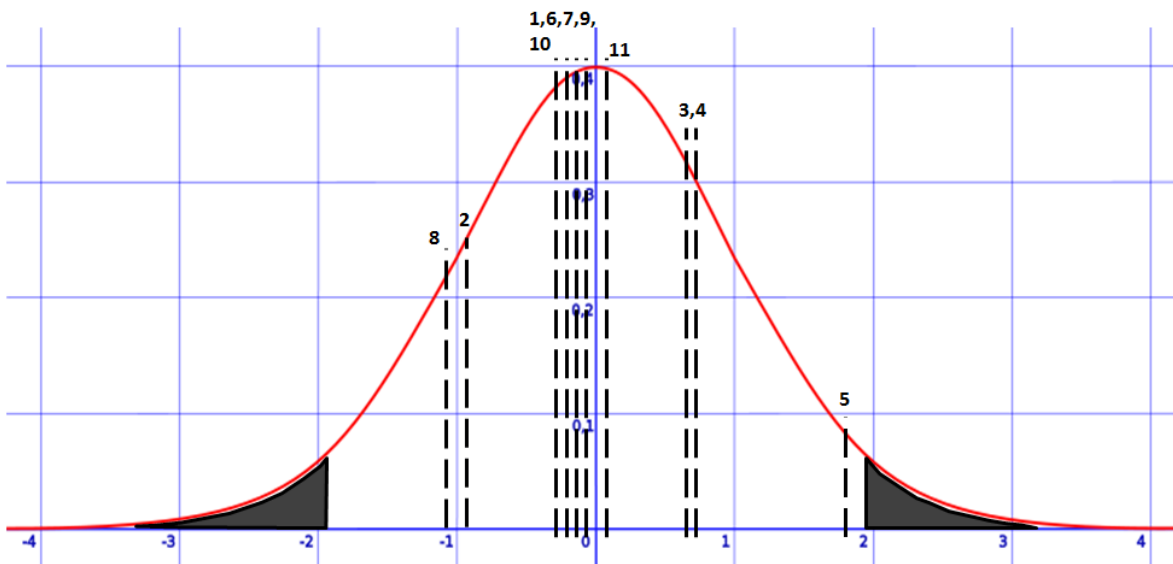


Figura 33. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y alto (invierno).

En la tabla 18 se muestran los datos estadísticos de prueba para el comparativo entre el estrato medio y alto de la temporada de invierno, donde se observó que no existen diferencias de generación.

Tabla 18. Diferencias entre el estrato medio y alto en la temporada de invierno.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor crítico al 95%
1	Cartón	0.1841	± 1.96
2	Papel	0.3040	
3	Pañales	0.3412	
4	Papel sanitario	-0.1649	
5	Textiles	1.5898	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	0.0910	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	0.1092	
8	Orgánicos	-1.1128	
9	Latas de aluminio	-0.1972	
10	Vidrio	-0.7510	
11	Residuos peligrosos	0.0704	

La figura 34 muestra la distribución de los valores obtenidos de los estratos medio y alto, donde se observa que están dentro del rango crítico, por lo que no existen diferencias entre categorías.

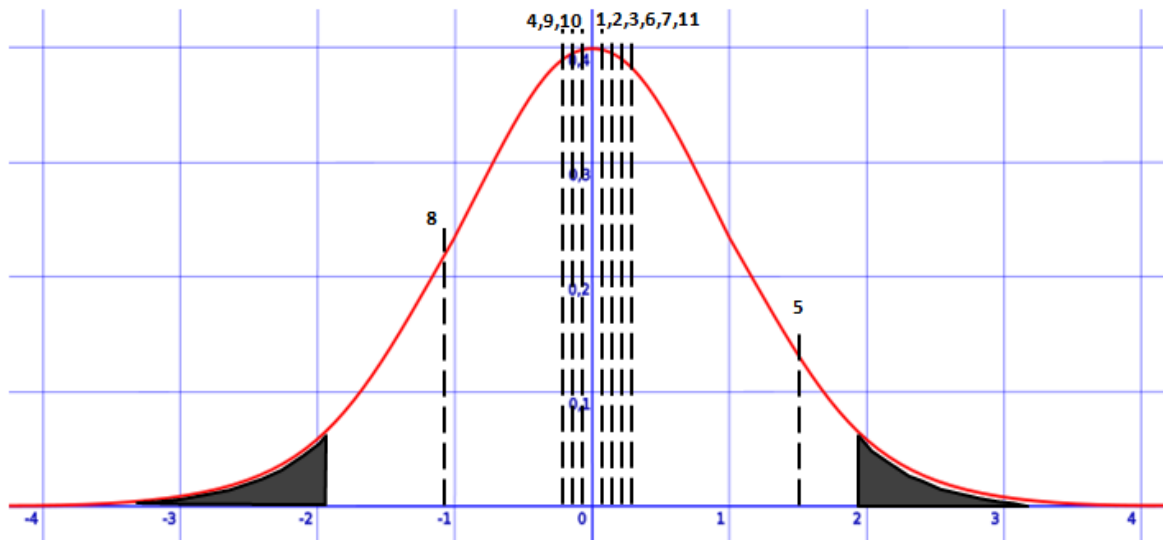


Figura 34. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y alto (invierno).

Se realizó un comparativo entre categorías de dos estratos socioeconómicos del muestreo de realizado en primavera. Estos se encuentran analizados en las tablas de la 19 a la 21 se observan los resultados de este análisis.

Tabla 19. Diferencias entre el estrato bajo y medio en la temporada de primavera.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor crítico al 95%
1	Cartón	-0.6542	± 1.96
2	Papel	0.1347	
3	Pañales	0.8719	
4	Papel sanitario	0.3987	
5	Textiles	1.9424	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	0.4481	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	-0.6139	
8	Orgánicos	-0.7257	
9	Latas de aluminio	-0.1378	
10	Vidrio	-0.5580	
11	Residuos peligrosos	-0.5481	

Para los estratos bajo y medio se observó que no existen diferencias significativas de generación entre las categorías. Los valores se encuentran contenidos en la tabla 19.

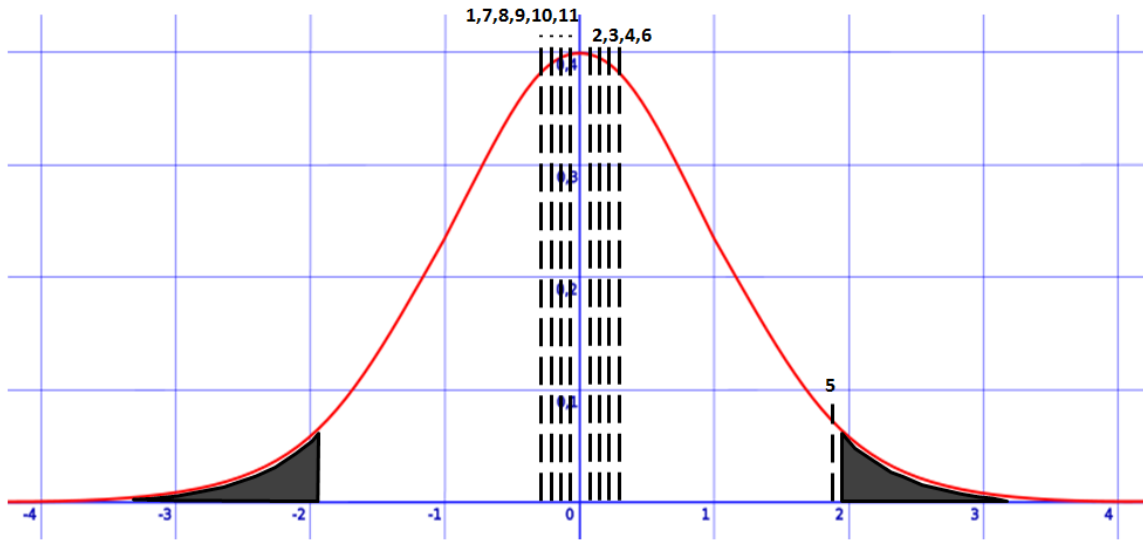


Figura 35. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y medio (primavera).

La figura 35 muestra la distribución de los valores obtenidos de los estratos bajo y medio de la temporada de primavera. Se observa que los valores obtenidos están dentro del rango crítico por lo que no existen diferencias significativas.

La tabla 20 muestra las diferencias de generación entre los estratos bajo y alto de la temporada de primavera. En estas temporadas no se presentaron diferencias significativas.

Tabla 20. Diferencias entre el estrato bajo y alto en la temporada de primavera.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor crítico al 95%
1	Cartón	0.1170	± 1.96
2	Papel	-1.0707	
3	Pañales	1.0093	
4	Papel sanitario	-0.0731	
5	Textiles	1.8097	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	0.0704	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	-0.0727	
8	Orgánicos	-1.7460	
9	Latas de aluminio	-0.2088	
10	Vidrio	-0.4369	
11	Residuos peligrosos	0.0252	



En la figura 36 se observa la distribución de los valores obtenidos de los estratos bajo y alto, donde se observó que los valores obtenidos están dentro del rango crítico.

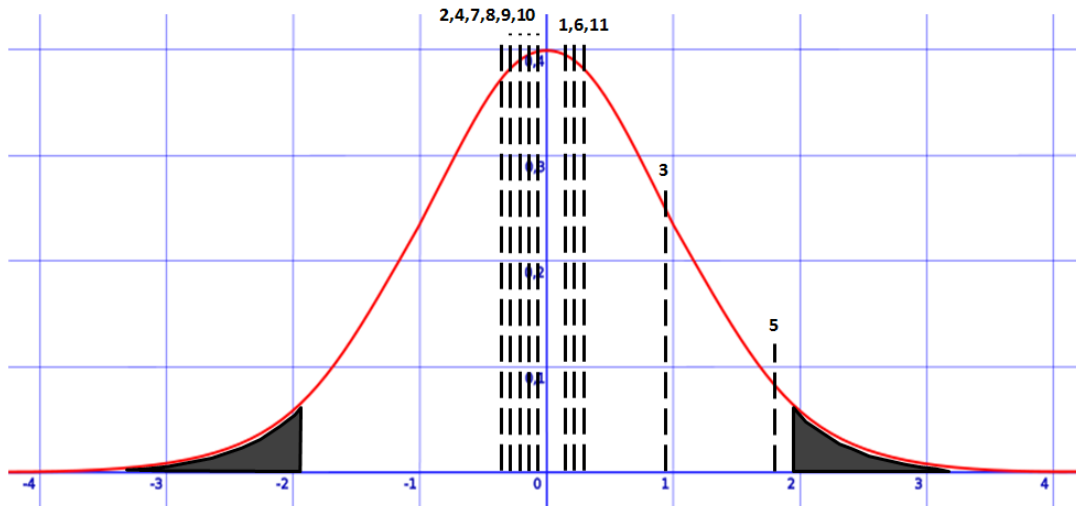


Figura 36. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y alto (primavera).

En la tabla 21 se muestra que no existe ninguna diferencia entre el estrato medio y el alto del muestreo de primavera, al observar los datos de estadísticos de prueba está dentro del valor crítico.

Tabla 21. Diferencias entre el estrato medio y alto en la temporada de primavera.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor crítico al 95%
1	Cartón	0.7672	± 1.96
2	Papel	-1.1743	
3	Pañales	0.2252	
4	Papel sanitario	-0.4682	
5	Textiles	-0.2534	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	-0.3805	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	0.5489	
8	Orgánicos	-1.2090	
9	Latas de aluminio	-0.0784	
10	Vidrio	0.1257	
11	Residuos peligrosos	0.5715	



La figura 37 muestra la distribución de los valores obtenidos de los estratos medio y alto de la tabla 21, donde se observa que los valores obtenidos están dentro del rango crítico.

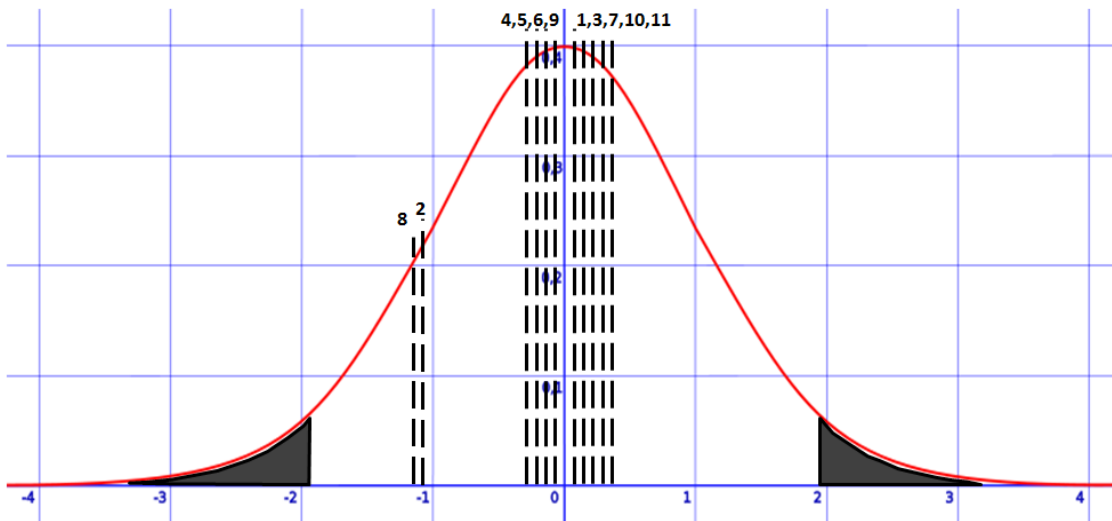


Figura 37. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y alto (primavera).

Se realizó un comparativo entre los estratos del muestreo de primavera, observando si existen diferencias entre cada uno. La tabla 22 a la 24 se observan los resultados de este análisis.

Tabla 22. Diferencias entre el estrato bajo y medio en la temporada de verano.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor crítico al 95%
1	Cartón	-0.5863	± 1.96
2	Papel	0.5729	
3	Pañales	-0.0633	
4	Papel sanitario	0.3354	
5	Textiles	-0.5060	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	0.4548	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	0.2107	
8	Orgánicos	-0.2637	
9	Latas de aluminio	-0.2637	
10	Vidrio	-0.1981	
11	Residuos peligrosos	0.2048	



En la tabla 22 se muestran los valores estadísticos de prueba los cuales muestran que no existen diferencia de generación entre los estratos bajo y medio de la temporada de verano.

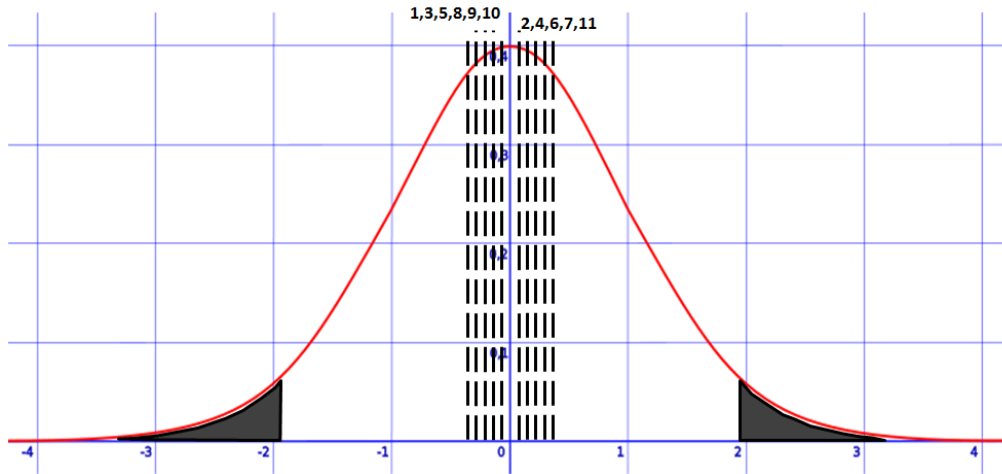


Figura 38. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y medio (verano).

En la figura 38 se muestra la distribución de los valores obtenidos de los estratos bajo y medio de la tabla 22, donde se observa que los valores obtenidos están dentro del rango crítico.

Para la temporada de verano no se observó ninguna diferencia de generación entre los estratos bajo y alto, para lo cual se muestran los datos del estadístico de prueba en la tabla 23.

Tabla 23. Diferencias entre el estrato bajo y alto en la temporada de verano.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor critico al 95%
1	Cartón	-0.1151	± 1.96
2	Papel	0.7955	
3	Pañales	0.6564	
4	Papel sanitario	0.3280	
5	Textiles	0.5664	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	0.4797	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	0.1071	
8	Orgánicos	-1.2175	
9	Latas de aluminio	-0.0623	
10	Vidrio	-0.7452	
11	Residuos peligrosos	0.0838	



En la figura 39 se muestra la distribución de los valores obtenidos de los estratos bajo y alto de la tabla 23, donde se observa que los valores obtenidos están dentro del rango crítico.

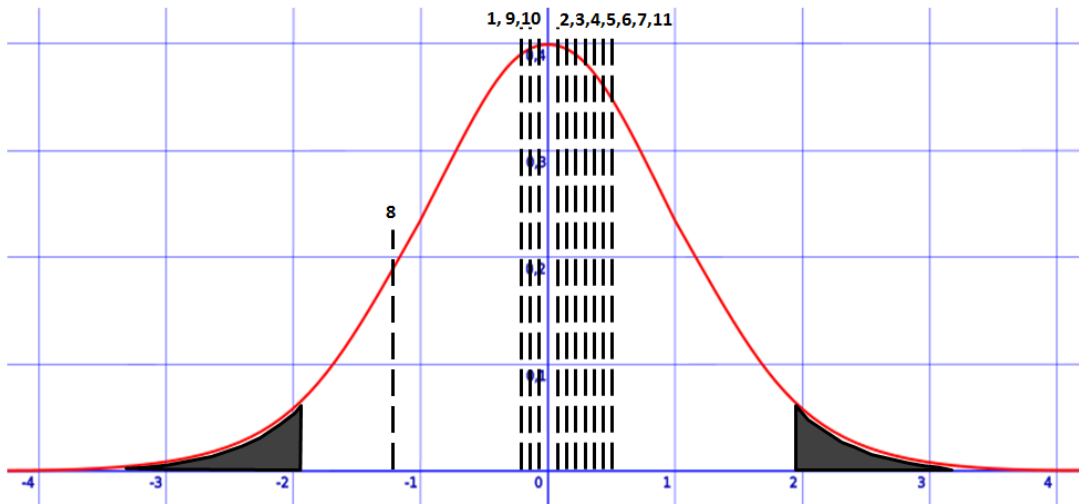


Figura 39. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y alto (verano).

Los estratos medio y alto en la temporada de verano no presentaron diferencias de generación, lo cual es reflejado a través del estadístico de prueba calculado y comparado sobre el valor crítico, en la tabla 24 se observan estos valores.

Tabla 24. Diferencias entre el estrato medio y alto en la temporada de verano.

Caso	Categoría	Estadístico de prueba	Valor critico al 95%
1	Cartón	0.4743	± 1.96
2	Papel	0.0212	
3	Pañales	0.7090	
4	Papel sanitario	-0.0075	
5	Textiles	1.0247	
6	Pet (Polietileno teraftalto)	0.0255	
7	Pead (Polie. De alta densidad)	-0.1049	
8	Orgánicos	-0.9593	
9	Latas de aluminio	-0.1608	
10	Vidrio	-0.5596	
11	Residuos peligrosos	-0.1216	



En la figura 40 se muestra la distribución de los valores obtenidos de los estratos medio y alto de la tabla 24, donde se observa que los valores están dentro del rango crítico.

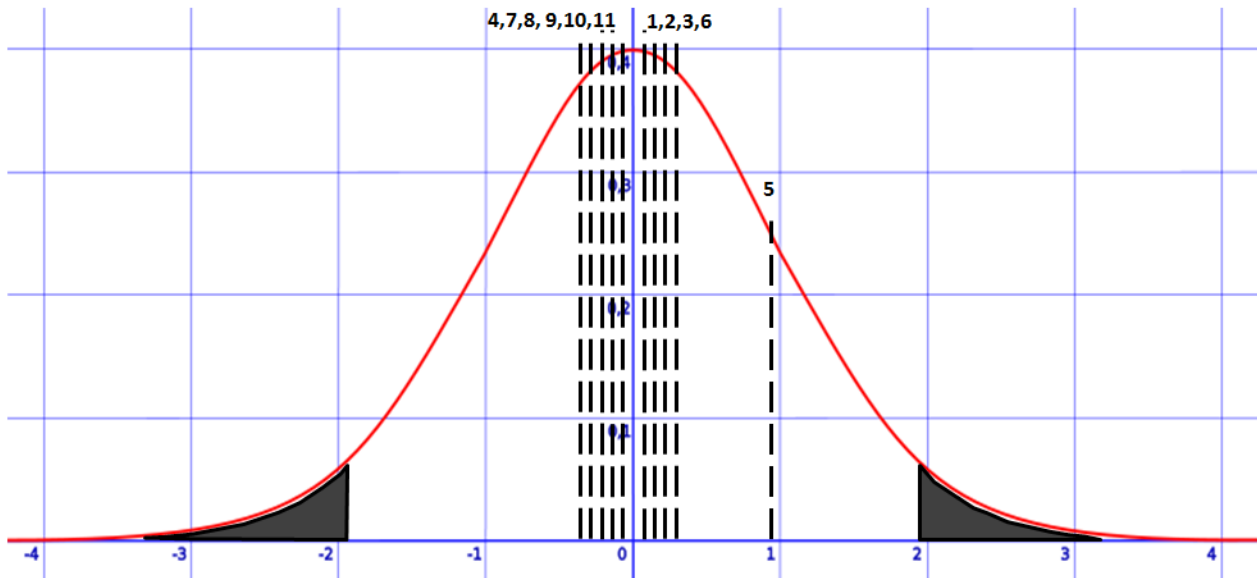


Figura 40. Distribución del valor estadístico de prueba para los estratos bajo y alto (verano).

En el análisis de proporciones fue realizado para los tres periodos estacionales para observar diferencias de generación entre estratos de los tres diferentes muestreos estacionales, no existieron diferencias significativas entre las categorías analizadas con el nivel de confianza seleccionada al 95%.

4.4 Residuos Sólidos Domiciliarios Peligrosos (RSDP) en el flujo de RSD en Mexicali.

Los RSDP que se generan de las actividades diarias en los hogares de Mexicali son un problema cuando estos no son tratados como peligrosos, ya que estos llegan al relleno sanitario. Son dispersados y enterrados en el sitio de disposición final del municipio siendo tratados como inofensivos. El mal manejo pone en riesgo a los recursos de la región.



La cuantificación de RSD realizada fue realizada con un análisis de los RSDP con el fin de conocer la representatividad de estos en el flujo normal de RSD. Los RSDP representan una amenaza al medio ambiente y potencialmente a la salud de la comunidad por sus características de peligrosidad.

Se debe destacar que los RSDP aparecieron entre los diez primeros lugares en siete muestreos de los nueve realizados, además que presentan una gran variabilidad por su tipo de presentación y marcas. La importancia de analizar la categoría de peligrosos en el flujo de residuos domiciliarios es tomar en cuenta lo indicado en el artículo 21 del Reglamento de la Ley general para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos que señala que con objeto de prevenir y reducir los riesgos a la salud y al ambiente, asociados a la generación y manejo integral de residuos peligrosos, se deberán considerar cuando menos alguno de los siguientes factores que contribuyan a que los residuos peligrosos constituyan un riesgo.

Se clasificaron 895 artículos de 325 marcas diferentes y 230 tipos de presentaciones, lo que muestra una gran variabilidad de estos artículos, y la dificultad de encontrar métodos adecuados de selección y tratamiento. Para el análisis y cuantificación de los RSDP se usaron las categorías establecidas en la tabla 6.

Los productos de limpieza fueron los más representativos con un 41% de la muestra; los artículos de mantenimiento del hogar estuvieron conformados por un 23%; los de mantenimiento automotriz por un 20%; los productos de belleza y aseo personal se encontraron en un 11%; el 1% medicinas y fármacos y un 4% de otros.

La figura 41 muestra las proporciones de las categorías mencionadas.

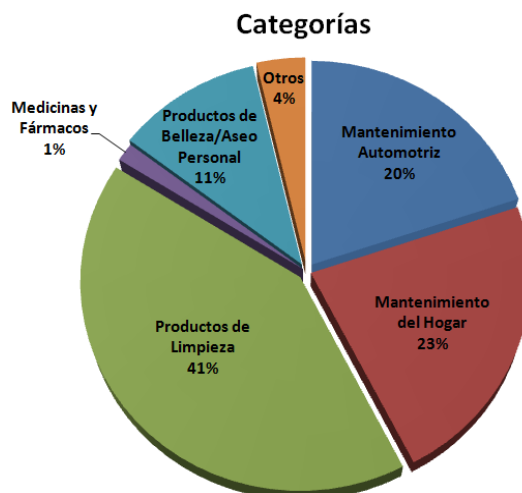


Figura 41. Proporción de las categorías de RSDP.

La gran variabilidad de artículos registrados muestra que existen en el mercado productos de todo tipo con diferentes tipos de empaques fabricados con distintos tipos de materiales. En este análisis el material más utilizado para envases, es el plástico con un 90.17%, un 8.33% lámina, 1.02% aluminio, y en proporciones más pequeñas cartón con 0.145%, vidrio con 0.084% y artículos plastificados con un 0.144% (ver figura 42).

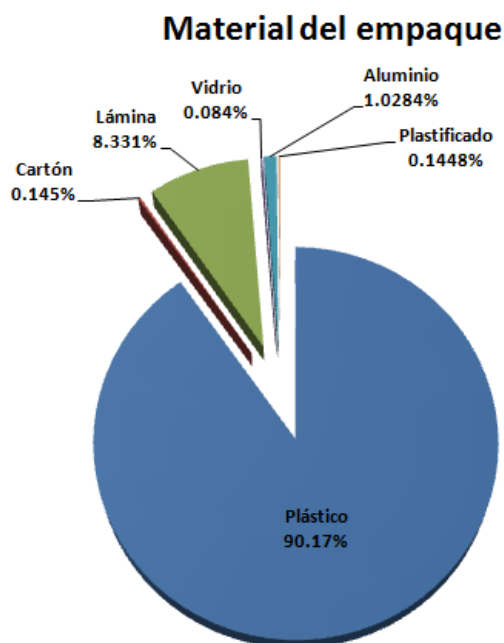


Figura 42. Proporción de tipo de material que constituye el empaque de los RSDP.



El material con el que se empaqueta un producto para su venta o comercialización tiene una importancia relevante, ya que el material del cual se constituye puede facilitar o dificultar su recuperación y tratamiento.

Además la presentación del tipo de empaque también fue muy variable encontrando todo tipo de formas. La figura 43 muestra las proporciones de la presentación de los empaques en lo que venían los artículos peligrosos analizados. La presentación más utilizada fueron los botes con un 66.83% y las botellas con un 29.19%.

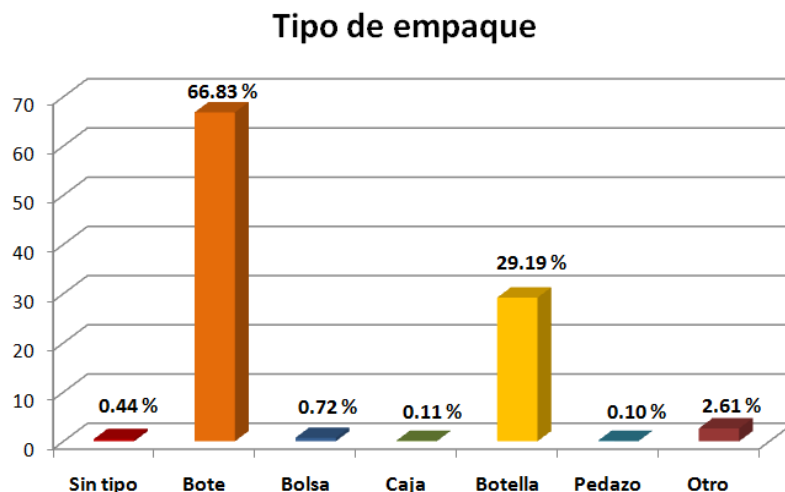


Figura 43. Tipo de empaque o embalaje de los RSDP.

El conocer los materiales con los cuales se empaquetan los artículos nos ayuda a proponer métodos de tratamiento o programas de recuperación. También a observar si este material posee un valor en el mercado o si tiene un potencial de aprovechamiento como una materia prima para otro proceso. Además de observar si existen materiales más amigables con el ambiente.

Por otra parte se observó que del total de los RSDP registrados un 52% fueron generados por el estrato medio, el 26% al estrato alto y un 22% del bajo (ver figura 44).

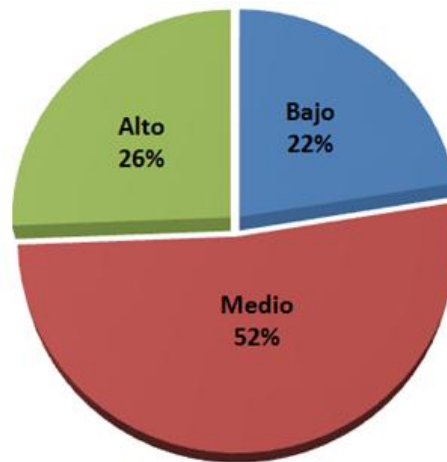


Figura 44. Proporción de los RSDP de cada estrato.

Se debe aclarar que Mexicali alrededor de 50% de las viviendas de la ciudad están catalogadas como de clase media. Esta clase cierto poder adquisitivo que le permite adquirir artículos para satisfacer sus necesidades, lo que hace que su generación de multiplique.

Los resultados muestran que el estrato bajo compra productos de menor tamaño a diferencia del estrato alto y medio que compra artículos de presentaciones de mayor tamaño

Un factor que afecta la variabilidad en la generación, son las prácticas de consumo de un sector de la población, quienes realizan sus compras en Estados Unidos de América. Esto implica que los artículos que cruzan a través de la frontera no regresan a su lugar de origen aumentando los costos de disposición y el impacto ambiental por productos no generados en el país.

En este análisis se observó que del total de RSDP capturados, un 67.28% son de procedencia nacional, el 31.35% provienen de Estados Unidos de América y 1.37% de otros países como China, Alemania, Taiwan, entre otros, (ver figura 45).



Origen de RSDP

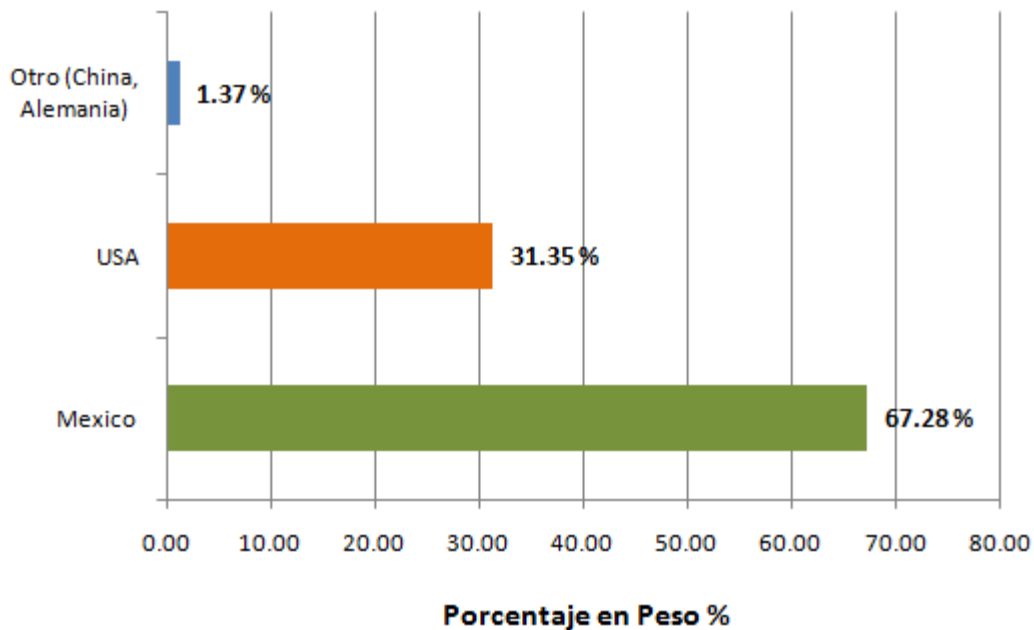


Figura 45. Origen de los RSDP.

El reto del manejo adecuado de los RSDP es un tema que debe ser tomado en cuenta para la protección de los recursos naturales con los que cuenta la ciudad de Mexicali.

4.5 Propuesta del Sistema de Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios para Mexicali

El municipio de Mexicali actualmente cuenta con un sistema de manejo y tratamiento de residuos sólidos orientado solo a tres operaciones unitarias (recolección, traslado y disposición final de residuos). Con muy poca recuperación de materiales realizado por el sector informal de personas en la búsqueda de materiales con valor económico en el mercado.

El marco legal en materia del manejo de residuos sólidos en México, menciona desde la constitución política mexicana que la responsabilidad de los municipios como autoridades locales es contar con la facultad desarrollar



programas de desarrollo social, así como de organizar la administración pública municipal, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia, asegurando la participación ciudadana y vecinal.

Por otra parte, el ayuntamiento es el facultado para el manejo de residuos sólidos generados en las ciudades de su municipio. La Ley General de Manejo de Residuos establece que el manejo de los residuos sólidos domiciliarios debe ser integral el cual consiste en la realización de operaciones como la recolección, traslado, tratamiento y su disposición final. Con esto se establece la responsabilidad del gobierno municipal para realizar las acciones necesarias para el adecuado manejo de residuos.

4.5.1 Situación actual de los RSD en Mexicali

Actualmente en Mexicali no existe un sistema en el que se tenga un control del manejo de los RSD generados en las casas habitación de la ciudad. La necesidad de un control estricto de los residuos es evidente al observar que la generación en la ciudad es alta lo que incrementa los problemas de manejo de RSD que provocan impactos en el medio ambiente, finanzas municipales, y en la sociedad.

La autoridad municipal sólo realiza el trabajo de recolección, traslado y disposición final de los RSD de la ciudad de Mexicali, dejando operaciones incompletas o dejando escapar un área de oportunidad para un sistema completo de manejo de residuos.

En Mexicali se tiene un sistema de recolección regular que da servicio a cada colonia de la ciudad dos veces por semana. Después de los recorridos de las rutas de recolección que el municipio tiene identificadas según sus necesidades los RSD son llevados a al centro de transferencia de la ciudad de Mexicali. En el centro de transferencia no reciben ningún tratamiento, solo son transferidos a camiones de mayor capacidad para ser llevados al sitio de disposición final a las afueras de la ciudad. Esta práctica posee algunas desviaciones de residuos por la

recuperación de ciertos materiales realizadas por personas dedicadas a la recuperación informal comúnmente llamados pepenadores.

El manejo actual de los RSD en Mexicali se presenta en la figura 46.

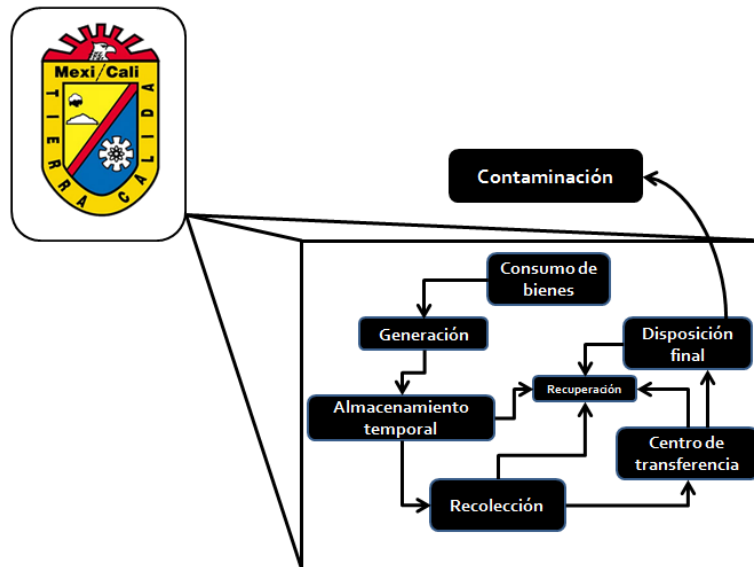


Figura 46. Manejo de los residuos sólidos domésticos en Mexicali.

La recolección y el transporte de los RSD representa una de las actividades que generan más gasto en la gestión de los RSD y su eficacia puede depender en gran medida del grado de colaboración de los ciudadanos, así que la participación de este sector es importante dentro de un esquema general de manejo de residuos.

Sobre el trabajo realizado por las autoridades encargadas del manejo de los RSD en la ciudad de Mexicali se pueden hacer observaciones para la mejora de sus actividades. La realización de una propuesta consolidada hacia el manejo óptimo de los RSD por medio de la integración de acciones para mejorar el sistema actual buscando el beneficio de la comunidad en general.

La necesidad de inversión económica en la mejora continua de un sistema de manejo de RSD es una realidad pero la integración de acciones que permitan la recuperación. El buen manejo puede incentivar a la población en general a



obtener beneficios económicos para el hogar y así mismo el departamento de limpia.

Actualmente Mexicali posee un sistema con deficiencias, en la figura 47 se muestra el flujo que sigue el sistema actual de residuos.

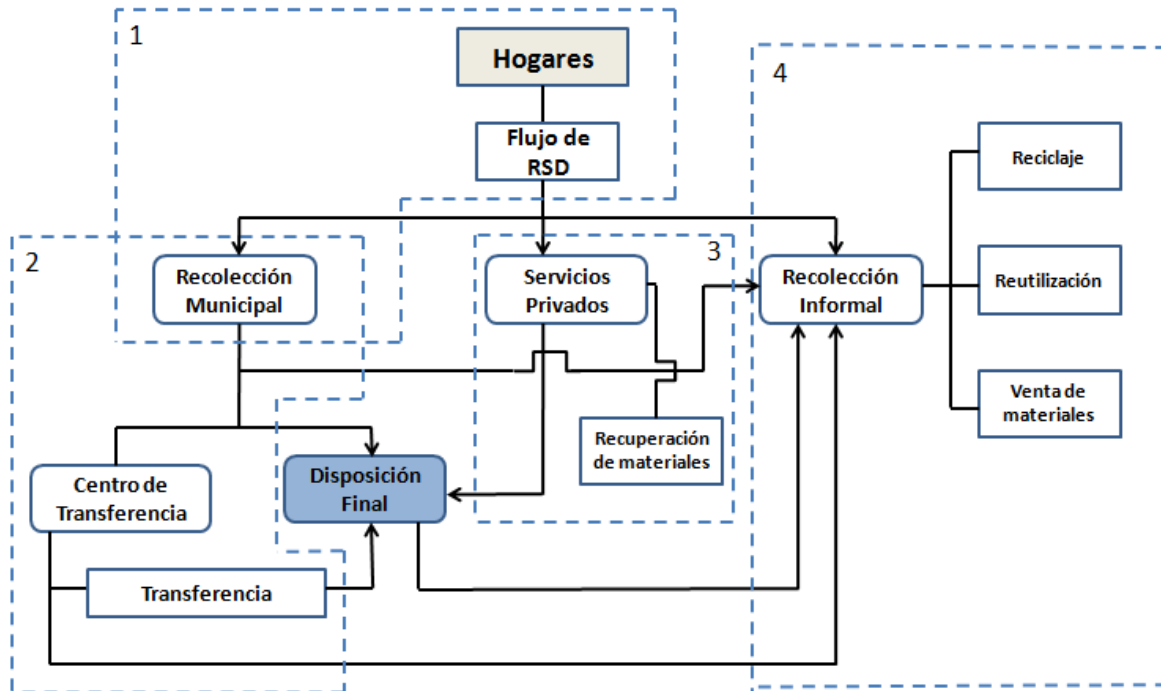


Figura 47. Cadenas que conforman el actual manejo de los RSD en Mexicali.

La figura 47 muestra un sistema dividido en cuatro bloques o subsistemas. En donde el primer bloque contempla el trabajo del ayuntamiento de Mexicali en recolección realizada por los vehículos recolectores como parte de sus responsabilidades. Un segundo bloque donde se lleva a cabo una transferencia de residuos sólidos para su posterior disposición final. Un tercer bloque donde se presenta la participación de los servicios privados dedicados al giro de recolección de residuos a algunos fraccionamientos de reciente creación. Y un cuarto bloque donde se presenta la recolección informal por pepenadores en diversos niveles del sistema. Éstos realizan un trabajo de recuperación de ciertos materiales con valor en el mercado activando la economía en el rubro de recuperación de residuos.



Actualmente el gobierno municipal de Mexicali encara un gran reto en el manejo de residuos sólidos. Es necesario tomar en cuenta criterios relevantes para la propuesta de un sistema de manejo de RSD. Además de considerar factores que engloban a la comunidad, medioambiente, ámbito social y económico.

En la actualidad el departamento encargado de la limpieza de la ciudad, cuenta con un presupuesto cercano a los 30 millones de pesos anuales, cubriendo con éste el salario del personal, recolección, gastos de operación y mantenimiento de los sitios de disposición y centro de transferencia.

4.5.2 Recolección y recuperación actual de RSD en Mexicali

La ciudad de Mexicali cuenta con una flotilla de 65 camiones de recolección. Éstos recolectan al hogar dos veces por semana, cubriendo del 86 al 90% del total de los RSD generados en la ciudad y el porcentaje restante de RSD son recolectados por empresas privadas dedicadas a la recolección de residuos sólidos a fraccionamientos de reciente creación.

Además existe la participación de las personas que disponen sus residuos en el centro de transferencia o directamente en el sitio de disposición final. Este flujo de RSD se presenta en la figura 48.

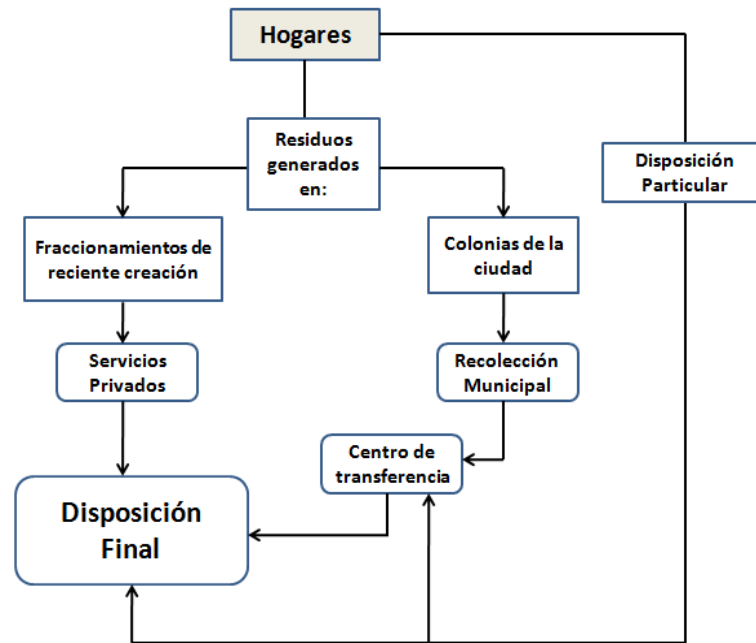


Figura 48. Disposición de RSD en Mexicali.

En la figura 48 se muestra que el flujo de RSD provenientes de los hogares de la ciudad de Mexicali. Éstos RSD son recolectados por dos servicios de recolección, uno proporcionado por el ayuntamiento el cual da servicio a la mayoría de la ciudadanía y otra parte concesionada a servicios privados que dan servicio a nuevos fraccionamientos de la ciudad. Los camiones privados depositan directamente en el sitio de disposición final, mientras que el municipio transfiere RSD en su centro de transferencia para después llevarlo en camiones de mayor capacidad al sitio de disposición final.

La operación de transferencia tiene como fin reducir la cantidad de viajes al sitio de disposición final y así reducir el costo de disposición. Aún así el gasto por manejo y disposición de RSD es elevado. Además del desaprovechamiento de una área de oportunidad en la recuperación y aprovechamiento de materiales con valor en el mercado. Con posibilidades de generar un beneficio económico reduciendo gastos al municipio y la ciudad, mejorando los departamentos de limpia.



En la figura 49 se muestra el flujo actual de la recolección por parte del municipio, desde su generación en el hogar hasta su disposición final.

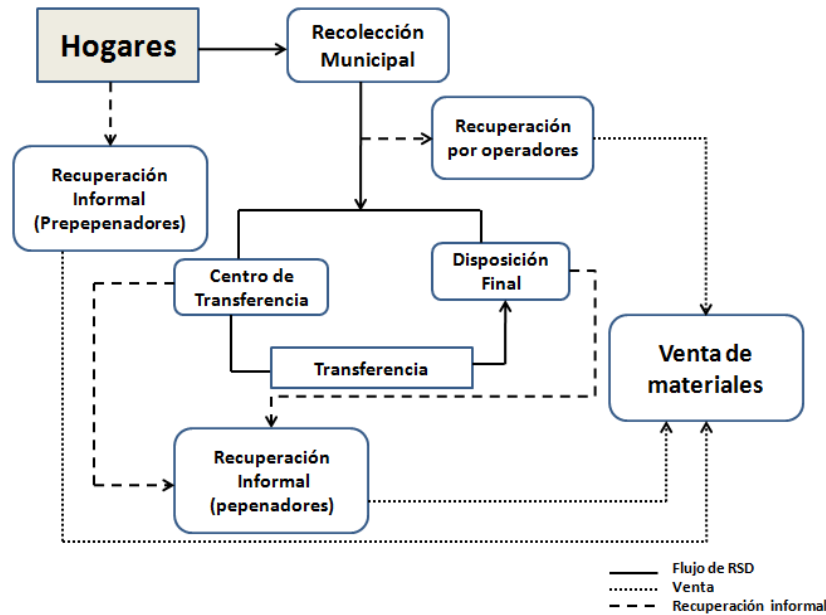


Figura 49. Flujo de la recolección municipal de RSD en Mexicali.

En la figura 49 se muestra que el servicio de recolección proporcionado por el municipio de Mexicali se basa en el traslado y disposición de RSD satisfaciendo la necesidad del ciudadano retirando los RSD de los hogares y eliminando aparentemente el problema. Esta estructura empieza a funcionar antes de la recolección cuando los prepepenadores recogen materiales con valor en el mercado directamente de los botes usados en los hogares de la ciudad.

Los camiones del municipio se presentan recolectando el contenido de los botes de cada hogar y a su vez los operadores recolectan algunos materiales de su interés. Los camiones trasladan los RSD al centro de transferencia. Tanto en el centro de transferencia como en el sitio de disposición final no existe ningún tipo de tratamiento o algún sistema de recuperación de materiales, pero sí existe actividad de recuperación informal por personas dedicadas a esta actividad.

La necesidad de un tratamiento adecuado de los RSD es inminente para aumentar el tiempo de vida del sitio de disposición final, por ello adoptar una

estrategia de desvío de materiales con potencial de aprovechamiento del flujo de RSD es una alternativa. Actualmente esto se está presentando muy poco en el manejo realizado en el centro de transferencia de la ciudad de Mexicali. Únicamente se realiza la etapa de transferencia y son los pepenadores los que recuperan materiales con valor en el mercado, como son: metales, papel, cartón, PET y PEAD (plástico de alta densidad).

En la figura 50 se muestra el trabajo del pepenador en Mexicali. Donde la actividad de recuperación informal es realizada por alrededor de 15 pepenadores en el centro de transferencia y alrededor de 200 en el relleno sanitario.

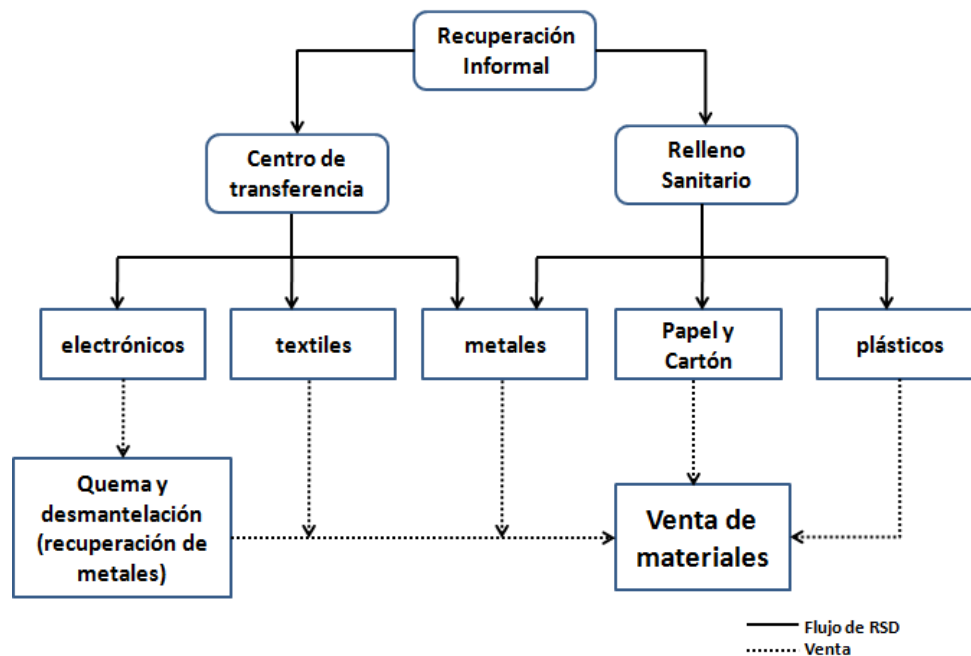


Figura 50. Recuperación informal de RSD en Mexicali.

La recuperación informal es una actividad benéfica para las familias dedicadas a la venta de los materiales recuperados, ya que generan un sustento económico, mientras en la parte medio ambiental la recuperación informal tiene un impacto benéfico. Aunque la contradicción de lo benéfico que puede ser este sector recae se observa en las condiciones en las que se labora.



Uno de los riesgos que se presentan es presentar problemas de salud debido a que las personas dedicadas a la recuperación de materiales reciclables están expuestas a accidentes como cortaduras, pinchaduras, golpes e inclusive la presencia de materiales peligrosos que pueden ser un foco de infección o transmisión de enfermedades. La falta de garantías de seguridad laboral para el trabajo de recuperación, genera la necesidad de realizar una integración de este sector, tratando de integrar esta actividad al actual sistema de manejo de RSD, de una manera más formal, tomando en cuenta la salud y derechos laborales.

El no contar con un manejo de RSD adecuado que tome en cuenta todos los sectores que intervienen en el sistema, puede generar consecuencias que pueden traducirse en el aumento de costos para los gobiernos responsables en:

- a) Enfermedades provocadas por vectores sanitarios (salud).
- b) Contaminación de aguas.
- c) Contaminación atmosférica: por material particulado, el ruido y el olor emisiones de gases de efecto invernadero.
- d) Contaminación de suelos: por la acción de los líquidos lixiviados.
- e) Problemas paisajísticos y riesgo: La acumulación de residuos en lugares no aptos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de tener asociado riesgo ambiental, pudiéndose producir explosiones o derrumbes.

4.5.3 Estrategias para mejorar el sistema actual de RSD en Mexicali

Existen estrategias que pueden ser aplicadas para el mejoramiento actual de manejo de los RSD en Mexicali, donde la integración de la sociedad en conjunto con el gobierno municipal puede ayudar a la búsqueda del control, buen manejo y tratamiento adecuado de los residuos. El objetivo es cerrar eslabones abiertos que no se han tomado en cuenta en por el municipio de Mexicali, algunos métodos que se pueden tomar en cuenta son:

- Selección en origen.
- Vertido controlado sin trituración.
- Vertido controlado con trituración.
- Compostaje (fermentación lenta o acelerada).
- Reciclaje.
- Incineración sin recuperación de energía.
- Incineración con recuperación de energía.

La elección de un sistema adecuado, está en función de las cantidades de RSD generados así como sus características, la disponibilidad de terrenos, la elección del sitio de disposición con criterios técnicos medioambientales y económicos, distancias de transporte y/o transferencia, mercado de subproductos y/o energía, impacto ambiental, criterios económicos, respuesta social, inversión y costos de explotación.

Algunas posibles operaciones de manejo de RSD se presentan en la figura 51.

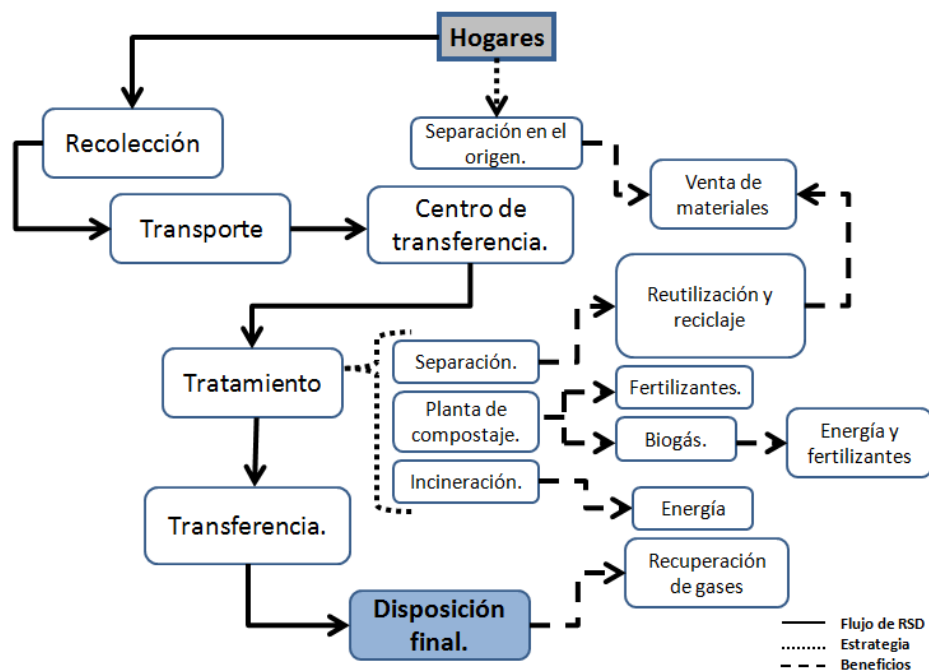


Figura 51. Posibles operaciones de manejo para los RSD.



La figura 51 muestra una estructura de posibles estrategias que pueden beneficiar a un sistema de manejo de RSD, aunque estos cambios pueden generar mayores responsabilidades para los actores claves en el manejo de RSD debido al aumento de actividades dentro del sistema. Pero también puede traer una derrama económica, así como la generación de trabajo y activación de un mercado de reciclaje en la región.

Es importante tomar en cuenta que el realizar cambios o mejoras al sistema de manejo de RSD que se tiene actualmente constituye una inversión que puede ser significativa por el costo de la tecnología que se utiliza en este giro.

La realización de una adecuada planeación conllevará a la recuperación de ésta y el aporte será un beneficio social, medio ambiental y económico.

Se podría generar un diseño de un sistema más completo en el manejo de RSD, para la implementación con metas largo plazo desde la generación de RSD hasta la disposición final o en su caso, el aprovechamiento de materiales desechados.

En la figura 52 se muestra de un diseño de un sistema de manejo de RSD, con metas a largo plazo.

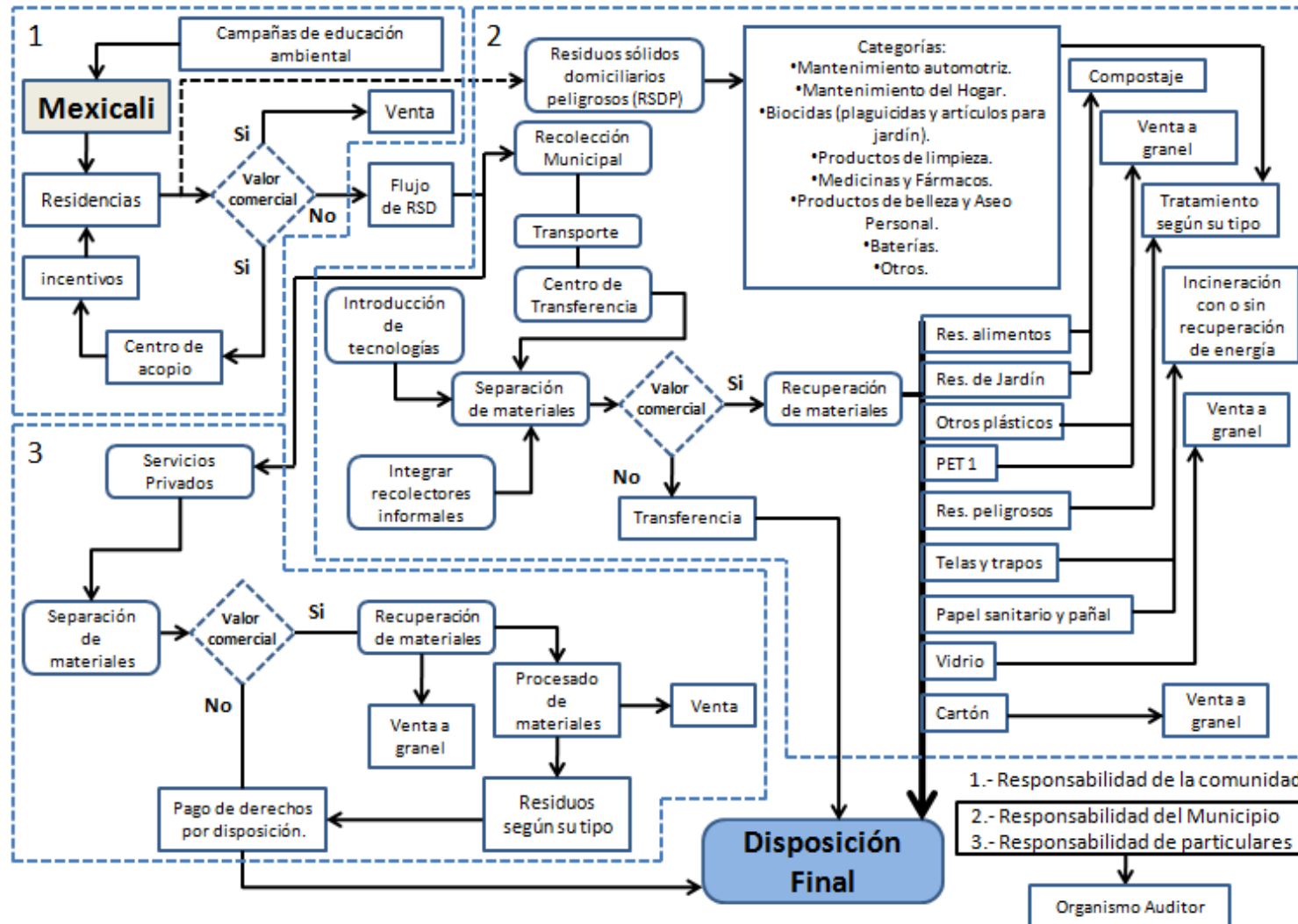


Figura 52. Sistema de manejo de RSD para la ciudad de Mexicali



En la figura 52 se presenta un sistema de manejo de RSD para Mexicali con metas a largo plazo. El cual está dividido en tres bloques diferentes que contemplan las diversas responsabilidades resumidas en: 1) las correspondientes a la comunidad, 2) las obligaciones del municipio en materia de RSD y 3) la de los servicios de particulares y empresas dedicadas al giro de traslado y manejo de RSD. Se debe considerar que existe una responsabilidad sobre los RSD por parte de los generadores, así que el participar o no en el control de los mismos puede generar sanciones, incentivos y concientización.

Partiendo de que las residencias de la ciudad de Mexicali son las que generan los RSD, en el bloque uno se plantea que con la ayuda de campañas de educación y concientización ambiental promovidas por el gobierno municipal, se pueda hacer conciencia hacia la importancia de la participación ciudadana en la recuperación de residuos. La idea es que desde el hogar la gente pueda separar artículos que puedan ser desviados antes de ser responsabilidad del ayuntamiento. Entre los artículos que se pueden recuperar se piensa de aquellos con valor en el mercado como: metales, cartón y algunos plásticos o también aquellos considerados como peligrosos para los ecosistemas de la región. Estas actividades ayudan no solo a la economía del hogar, si no también, al desarrollo de una actividad familiar, así como, de educación y conciencia ambiental para la ciudadanía.

El ayuntamiento juega un papel clave desde la motivación de los habitantes de la comunidad a participar en la recuperación de materiales. La disposición de centros de acopio en la ciudad, así como otorgar algún tipo de incentivo que puede ser económico, alimentos o artículos que sean atractivos para la comunidad pueden ayudar a que la ciudadanía tenga un mayor interés en participar en programas de recuperación.

Es necesario destacar que la responsabilidad de la comunidad es una parte muy relevante, ya que el manejo adecuado desde la fuente por medio de la minimización puede llevar a la posible disminución de trabajos de selección. Esto



aporta hacia la reducción de gastos de recursos financieros en trabajos de recolección del ayuntamiento, así como, el aumento en la concientización social por la realización de actividades de impacto medio ambiental y la importancia en las actividades de reducción, recuperación, reuso y reciclaje de materiales generados en el hogar.

Por lo tanto, en la minimización se pueden considerar algunos niveles de actuación como:

- La reducción en el origen de la generación de RSD por medio de la adopción de buenas prácticas consumo de productos y de manejo residuos, como la compra de artículos más amigables con el ambiente por su tipo de empaque y calidad del producto.
- El reciclaje de los RSD, es decir, su utilización como materia prima en otros procesos, como por ejemplo materia orgánica que es utilizada como abono en jardines o áreas verdes.
- La recuperación de materiales para su aprovechamiento total, como insumos para otros giros.

Estos pasos aparentemente sencillos pueden tener un impacto en una comunidad responsablemente consiente, educada e interesada en el problema de los residuos. El pensamiento de prevención debe dominar al pensamiento de corrección de esta forma se busca minimizar desde la adquisición de productos la generación excesiva de residuos.

La figura 53 muestra un esquema de la minimización en la fuente, que puede traer un beneficio económico a los residentes, así como un beneficio educativo y social. Esto se da desde la adquisición de productos ambientalmente amigables y en el desarrollo de prácticas de actividades responsables con el ambiente.

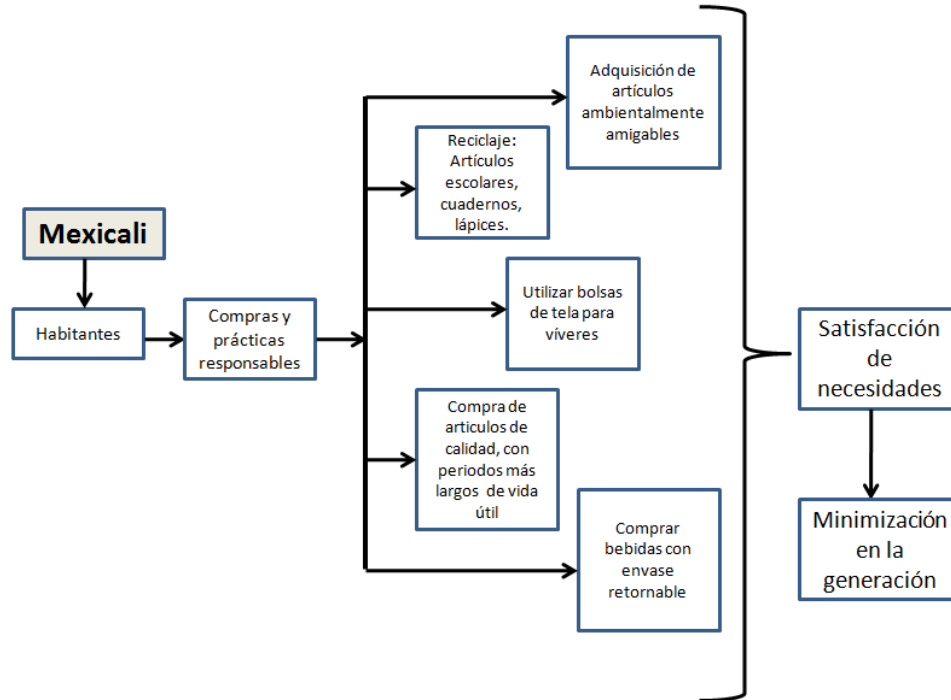


Figura 53. Minimización de RSD en la fuente.

La figura 53 se observa que los habitantes al realizar compras y prácticas responsables con el ambiente como son: adquisición de artículos verdes, utilización de bolsas de tela para víveres, uso de retornables, reciclaje de artículos escolares, son actividades que ayudan a satisfacer las necesidades de la persona y a minimizar la generación.

La Minimización constituye una opción ambientalmente importante por los siguientes aspectos:

- 1.- La legislación contempla en algunos apartados sobre la prevención de la generación de residuos (LPGIRBC).
- 2- En algunos casos es técnicamente imposible eliminar los residuos y para la eliminación de ciertos residuos, se puede requerir de sistemas muy caros.
- 3.- Un control para un cumplimiento más estricto en el manejo de residuos puede ocasionar sanciones por prácticas ilegales.



4.- El aumento del costo de tratamiento y eliminación, resulta acentuado por la creación de impuestos a los que se ven sometidos estos sistemas. Frente a esto, las medidas de minimización suponen ahorros de los gastos de eliminación y disminuyen el consumo de materiales.

5.- La preocupación considerable de los gobiernos por mejorar cuestiones de imagen pública.

Los RSD al pasar a responsabilidad del ayuntamiento (bloque dos), estos después de ser recolectados son llevados al centro de transferencia municipal. La propuesta es que con inversión en equipos de tecnología para la recuperación de residuos, como cintas transportadoras y el trabajo de selección manual pueda tener una consecuente desviación de materiales reduciendo aun más la cantidad de RSD. Para la selección manual se podría tratar de integrar al sector informal que con experiencia en el trabajo de recuperación de residuos. La recuperación de materiales como materia orgánica, plástico, telas y trapos vidrio, cartón y papel tienen una alternativa que va desde el compostaje, incineración o su venta grane sin tratamiento alguno.

La Ley de Prevención y Gestión Integral de los Residuos para el estado de Baja California (LGPGIRBC), indica que las responsabilidades de los municipios con el estado son desarrollar programas municipales para la gestión integral de residuos sólidos de tipo doméstico, es decir aquellos generados en casa, en el cual se establecerán los objetivos y estrategias necesarias para el logro de los objetivos de la ley en materia. Con esto se establece las responsabilidades del municipio para el manejo adecuado de los RSD.

La figura 54 presenta algunas alternativas que el municipio pudiera utilizar para el tratamiento de sus RSD.

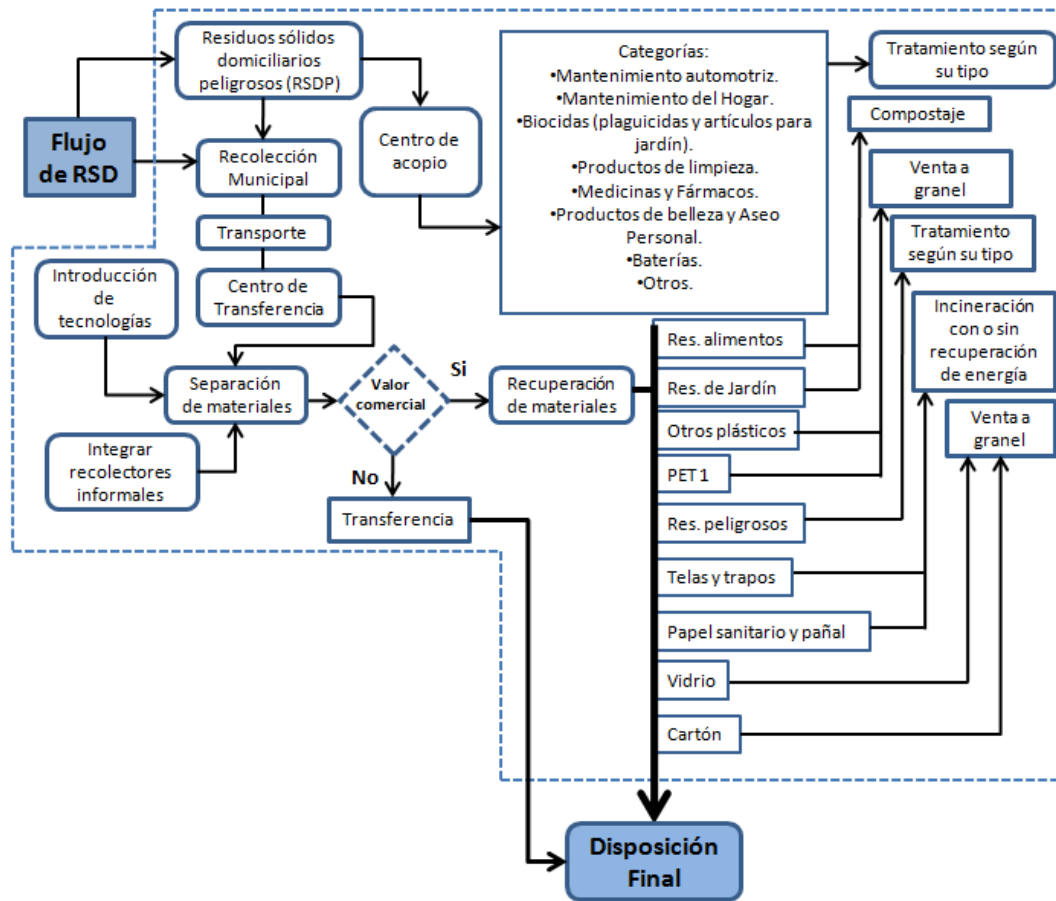


Figura 54. Recuperación de materiales a partir de la recolección de RSD del municipio de Mexicali.

En la figura 54 se muestran alternativas para el municipio hacia al manejo y tratamiento de RSD, en primera instancia la recuperación de RSDP en sus diversas categorías, separándolos de la corriente de RSD con el fin de evitar que estos se mezclen y lleguen a disposición final. Esta recuperación puede ser por medio de la participación ciudadana en la promoción de centros de acopio para este tipo de residuos o la aplicación de tecnología de separación en el centro de transferencia por medio de bandas transportadoras y separadoras, integrando en forma parcial personas del sector informal en la selección manual de materiales.

Otra alternativa es la recuperación de los materiales como residuos inorgánicos, residuos orgánicos, plásticos, vidrio y cartón pueden tener un impacto positivo, ya que al aplicarles algún tipo de tecnología o técnicas tales como la incineración, compostaje o solamente la venta de material al granel de



estos materiales a empresas dedicadas al reciclaje puede traer consigo beneficios tanto económicos, ambientales y sociales al promover buenas prácticas de manejo desde su generación en el hogar.

Por otra parte las empresas privadas dedicadas a la recolección y traslado de RSD (bloque tres), tiene la responsabilidad de operar de manera responsable, cumpliendo con lo que indiquen las autoridades reguladoras en la materia. Estas empresas reciben beneficios económicos de la venta de materiales aprovechables lo cual genera que sean exigentes en sus métodos y programas así como cumplir con los detalles técnicos para su operación. Llevar a cabo un manejo adecuado y el pago d derechos por disposición de aquello que no posea valor.

La responsabilidad de las empresas dedicadas al traslado y manejo de RSD en Mexicali que prestan el servicio de recolección de residuos sólidos a fraccionamientos residenciales de reciente creación operando unidades de recolección con rutas trazadas según sus intereses. Llevan residuos a ciertos puntos de la ciudad para la obtención de algunos materiales con valor en el mercado. Estos servicios particulares tienen de cierta manera concesionada los RSD para algunos fraccionamientos, los cuales pasan a ser parte del municipio conforme estos se van poblando. Estas compañías obtienen un beneficio económico por la renta de contenedores, servicio de recolección y venta de algunos tipos de materiales recuperados en sus áreas de separación, teniendo de alguna manera un impacto positivo al medio ambiente y al movimiento económico de materiales recuperados (ver figura 55).

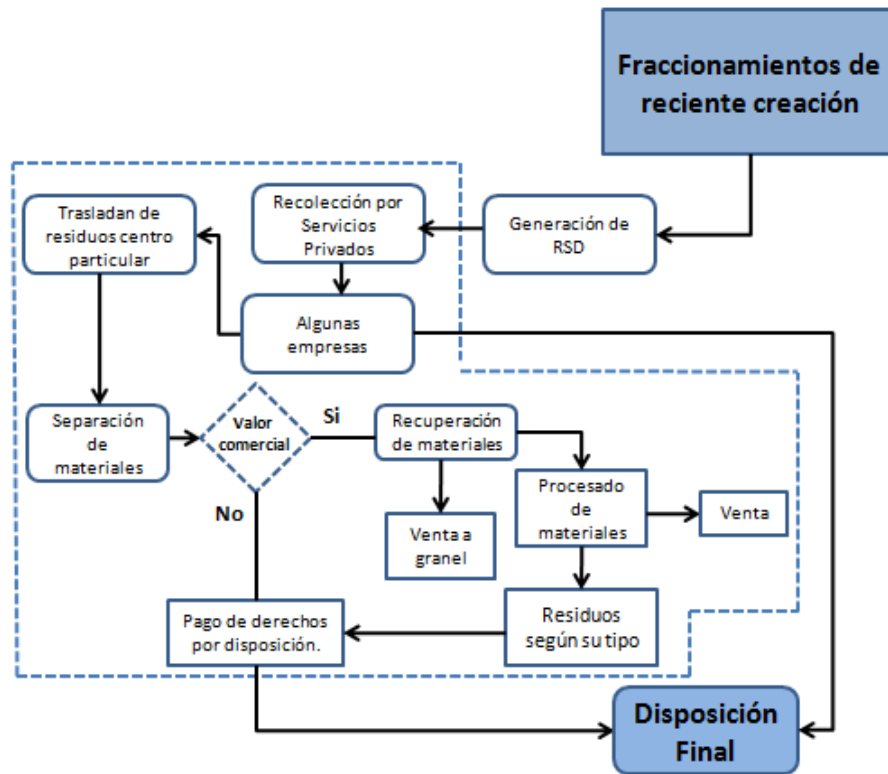


Figura 55. Recuperación de materiales por la recolección de RSD por particulares.

En la figura 55 se observa que la actividad de las empresas privadas recolectoras de RSD queda en la recolección y traslado de residuos a un sitio alterno para recuperar algunos residuos de interés, mientras que otras empresas solo recolectan y trasladan residuos al sitio de disposición final. La disposición de residuos por particulares genera un pago de derechos, así como la obligación de dar cumplimiento a lo requerido por parte de la autoridad municipal competente para poder realizar traslados de RSD según el Reglamento de Protección al Ambiente para el Municipio de Mexicali en su capítulo sexto (RPAMM).

La existencia de una unidad auditora que se encargue de revisar los trabajos realizados por el municipio y los particulares es necesaria. Con esto se asegura la realización de buenos trabajos y la mejora continua de los procesos. Esta unidad auditora podría ser conformada como una ONG, conformada por expertos en la materia.

Por otra parte, es importante tomar en cuenta que Mexicali es una ciudad en crecimiento, lo que hace que el gobierno posea otras prioridades en materia de salud y servicios, antes de establecer un sistema más completo de manejo de RSD.

Con los datos obtenidos en los muestreos realizados en la ciudad de Mexicali, se realiza una propuesta de mejora al sistema actual de manejo de estos RSD, para una aplicación a corto plazo. Esta propuesta comprende un mejoramiento de la parte tecnológica del sistema, debido al bajo interés ambiental por parte de la sociedad.

En la figura 56 se proponen algunas modificaciones al sistema actual de RSD, añadiendo algunas operaciones unitarias necesarias mejorar el manejo de RSD en Mexicali.

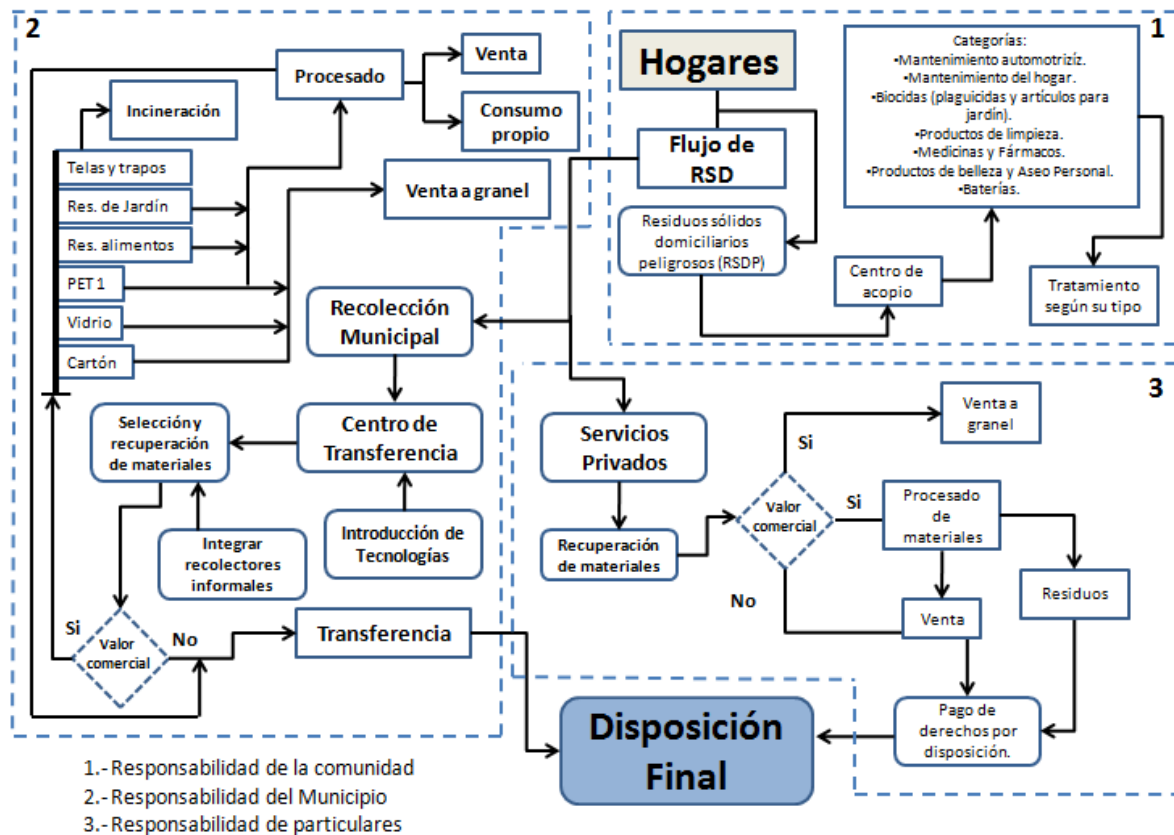


Figura 56. Sistema de RSD de Mexicali para aprovechamiento de RSD a corto plazo.

En la figura 56 muestra un sistema de tres bloques divididos en las responsabilidades correspondientes a la sociedad en general, al gobierno municipal y al sector privado dedicado al giro de recolección de residuos. Se muestra que la implementación de tecnologías para la recuperación de materiales con valor comercial es importante involucrando al sector informal en esta parte, además la recuperación de peligrosos podría ser desde la fuente evitando riesgos al medio ambiente y la salud pública por medio de centros de acopio de este tipo de materiales y dándoles un manejo como residuos peligrosos y no como actualmente se manejan, como domésticos.

La recuperación de reciclables es una actividad que es un factor clave en el manejo de los residuos, ya que existe una gran cantidad de artículos que a diario se desechan y que poseen un valor por el material que los constituye.

En la figura 57 se observa un planteamiento hacia la recuperación de reciclables por parte del municipio y ciudadanía en general.

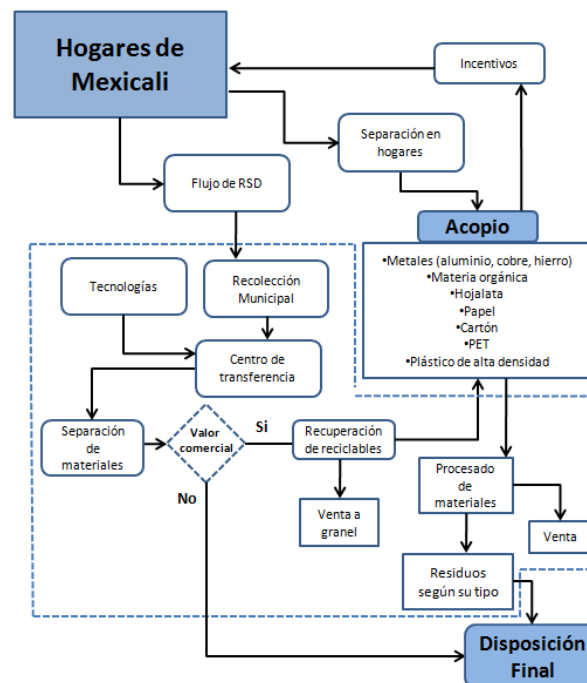


Figura 57. Propuesta de recuperación de reciclables.



La figura 57 muestra la interacción del gobierno municipal con la sociedad en la recuperación de reciclables. La necesidad de que el gobierno promueva lugares donde la comunidad puede llevar materiales con valor en el mercado es esencial, así como, la inversión en tecnologías de separación y recuperación es importante para un trabajo compartido. La necesidad de que el gobierno municipal de instrumentos para que los ciudadanos tengan una participación mas objetiva es necesario. La generación de opciones como centros de acopio de materiales reciclables, rutas de recolección selectiva, campañas de recuperación aporta un beneficio social de conciencia y responsabilidad. Además estas actividades permiten un mejor control y un aprovechamiento de materiales que pueden traer un derrame económico en la región.

En Mexicali existe un no aprovechamiento de un área de oportunidad, la falta de inversión en tecnología de recuperación y la falta de interés por parte de los ciudadanos en trabajos de separación y recuperación de reciclables desde el hogar, permite que el flujo de residuos sea muy grande. Causando gastos, problemas de manejo, problemas sociales e impactos ambientales que son el principio de una serie de problemas a la misma comunidad.

La integración de una planta de tratamiento es una instalación en la que tiene lugar la selección de los residuos que a ella llegan para recuperar los materiales y componentes que pueden ser reciclables, así como la energía que aun contienen, es una de las tecnologías que pueden ser incorporadas en el centro de transferencia.

4.5.3.1 Tecnología y técnicas de recolección, selección y recuperación de materiales con potencial de aprovechamiento propuestas para Mexicali

En los países en vías de desarrollado cada día se desechan más artículos y la práctica de "usar y tirar" crece. Las cantidades de basura que se generan han ido en aumento. Manejar adecuadamente los RSD es uno de los mayores problemas de que enfrentan los municipios.



El manejo de los RSD tiene distintos aspectos estratégicos para realizar el trabajo de recolección, selección y recuperación de materiales con potencial de aprovechamiento, entre algunas técnicas utilizadas que pueden ser utilizadas en Mexicali se tienen:

1.- Recogida selectiva

La utilización de contenedores que recogen separadamente el papel y el vidrio está cada vez más extendida. También se colocan contenedores para plásticos, metales, pilas, etc. En comunidades más avanzadas en la gestión de los RSD, cada domicilio se recoge los distintos residuos en diferentes bolsas y se cuida especialmente este trabajo previo del ciudadano separando los diferentes tipos de basura.

2.- Recogida general

Actualmente la utilizada en Mexicali que contiene lo que no se ha puesto en los contenedores específicos, se deposita en contenedores o en puntos especiales de las calles y desde allí es transportada a rellenos a las plantas de selección y tratamiento.

3.- Plantas de selección

Esta es una tecnología que consiste en equipar el centro de transferencia donde antes de transferir o mandar a disposición final los residuos, se pasa por una zona de selección en la que, en parte manualmente y en parte con máquinas se retiran las distintas fracciones aprovechables de los residuos.

Por otra parte la instalación de tecnología a través de una planta de selección de materiales como plásticos, metales, papel y cartón y materia orgánica para transformar en abono, es importante que se considere dentro de un sistema de manejo de residuos. Este tipo de acciones trae consigo una serie de beneficios, aunque así mismo se produce un rechazo (residuos que no pueden reciclarse) que no tienen otra opción que la disposición final.

La conformación de una planta de recuperación de materiales para Mexicali podría formarse de dos partes en su funcionamiento, en la que se podría incluir:

- 1.- Recuperación de materiales para venta o reciclaje: plástico, vidrio, chatarra, papel.
- 2.- Fabricación de abono a partir de materia orgánica: composta.

Tomando en cuenta los puntos de vista técnicos y los que la legislación indique en materia de la minimización los residuos, se puede tener un sistema de selección de RSD (figura 58):



Figura 58. Tecnología de separación de materiales de RSD.

El sistema mostrado en la figura 58 opera de forma sencilla y se enfoca solamente a la separación de materiales a través de una cinta transportadora con un mecanismo para romper bolsas de plástico, debido a que la mayoría de los RSD son embolsados. Con un electroimán se pueden separar algunos metales y la realización de una selección manual para separar otros materiales de valor es primordial, así como en las diversas labores de empaque de materiales para comercializarlos.

En esta parte del sistema, el sector informal puede ser incorporado de una forma parcial, donde se puedan otorgar incentivos por el trabajo realizado y dar mayores garantías de trabajo para la protección de su integridad física y familias, así como asegurar las buenas prácticas de manejo de RSD.

La figura 58 muestra algunas otras operaciones que pueden ser incorporadas a un sistema de selección tener más el sistema y aprovechar los materiales recuperados al máximo, dejándolos listos para su venta a granel o procesamiento.

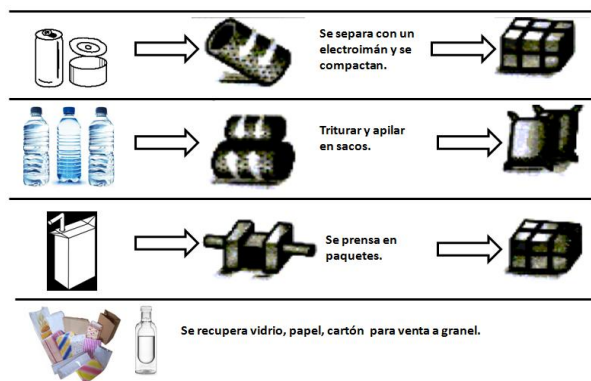


Figura 58. Operaciones de empaque de materiales recuperados.

La realización de una planta piloto puede dar una idea de cómo trabajar los RSD en la región. Los resultados obtenidos en los muestreos de generación de RSD, dan una idea de los que más se está generando en la ciudad y con esto se podría seleccionar la tecnología más apropiada la selección y recuperación de dicho material.

En Mexicali se generan según el gobierno municipal alrededor de 600 a 800 toneladas de RSD por día. Esta cantidad de RSD dificulta el manejo adecuado, ya que implica una inversión económica elevada. Aun así la idea de generar un programa piloto de tratamiento de alguna porción de RSD, puede ayudar a generar ideas para manejar y tratar de reducir los residuos que hoy se generan y van directamente a su disposición final.

4.- Reciclaje y recuperación de materiales

Lo ideal sería recuperar y reutilizar la mayor parte de los RSD: con el papel, telas, cartón, se elabora nueva pasta de papel, lo que evita talar nuevos árboles. Con el vidrio se puede fabricar nuevas botellas y envases sin necesidad de extraer más materias primas y con mucho menor gasto de energía. En Mexicali los materiales que son reciclados son: vidrio por la presencia de algunas empresas que fabrican envases de este material, metales como el acero por presencia de



fundidoras en el municipio y papel y cartón por la existencia de empresas dedicadas a la fabricación de artículos como papel sanitario, zapetas, papel bond, cartón arenado para techos de viviendas.

Existen recuperadoras de metales que compran aluminio y cobre para su venta y traslado a otros estados que cuentan con empresas recicladoras de estos materiales. Y en menor proporción plásticos como el PET y el de alta densidad, que son exportados para su reciclaje.

5.- Compostaje

La materia orgánica fermentada forma la "composta" que se puede usar para abonar suelos. Para que se pueda utilizar sin problemas es fundamental que la materia orgánica no esté contaminada con sustancias tóxicas. La composta puede ser un gran abono orgánico que pudiera ser utilizado en áreas verde y jardines que son responsabilidad del propio ayuntamiento de Mexicali.

6.- Disposición

El procedimiento más usual de disponer de los RSD, aunque no el mejor, suele ser depositarlas en rellenos sanitarios. Es esencial que los rellenos sean bien contruidos y utilizados para minimizar su impacto negativo. Uno de los mayores riesgos es que contaminen las aguas subterráneas y para evitarlo se debe impermeabilizar bien el suelo del relleno y evitar que las aguas de lluvias y lixiviados salgan del vertedero sin tratamiento, arrastrando contaminantes al exterior. Otro riesgo está en los malos olores y la concentración de gases explosivos producidos al fermentar las basuras. Para evitar esto se puede recuperar los gases y utilizarse para producir energía.

7.- Incineración

Quemar las basuras tiene varias ventajas, pero también inconvenientes. Entre las ventajas está el que se reduce mucho el volumen de vertidos (quedan las cenizas y escorias) y el que se obtienen cantidades apreciables de energía. Entre



Universidad Autónoma de Baja California

las desventajas el que se producen gases contaminantes, algunos potencialmente peligrosos para la salud humana.



Capítulo 5. Discusión

El crecimiento en México de la generación de residuos sólidos, lleva a la necesidad de crear propuestas para el control y manejo de los residuos sólidos, con el fin de disminuir impactos en la sociedad, medio ambiente y salud pública. Con el objetivo de implementar un manejo adecuado de residuos sólidos domiciliarios será necesario tomar en cuenta ámbitos técnicos y sociales, para diseñar un plan de manejo adecuado incluyendo la actualización de los sectores gubernamentales (municipal, estatal, federal), investigación e iniciativa privada.

La ciudad de Mexicali está constituida en su mayoría de una clase social media donde aproximadamente el 62.01% son de este sector (IMIP, 2004), y que aproximadamente el 76% de los habitantes del municipio habitan en la zona urbana (INEGI, 2005). Algunos resultados de estudios de generación de residuos realizados en otras entidades de México (Bernache-Pérez et al., 2001; Buenrostro et al., 2001) muestran variación en la composición de residuos con respecto a lo obtenido en el análisis de generación en Mexicali. Estos resultados afirman que la posición geográfica, así como los hábitos de consumo de los habitantes de las comunidades es cambiante dependiendo de la ubicación y necesidades existentes en el área donde habitan. Esto coincide con lo señalado por Ojeda et al. (2003); Rojas y Corona (2008), quienes mencionan que la concentración de la población en ciudades y el rápido crecimiento de la misma, genera cambios en los hábitos de consumo incrementando la generación per cápita y la demanda de productos y servicios públicos así como la necesidad de mayor infraestructura para el tratamiento de residuos.

Un estudio realizado en la ciudad de Chihuahua México (Gómez, et al 2008), mostró que para un análisis de tres áreas de diferentes estratos sociales, se obtuvo una generación per cápita de 0.599 kg./hab. para el estrato bajo, 0.697 kg./hab. para el estrato medio y 0.732 kg./ hab. para el estrato alto, el promedio de generación fue de 0.676 kg per cápita, tomando promedio de 3.9 residentes por vivienda en el 2006. Mientras que para Mexicali como ciudad fronteriza se obtuvo



que el estrato bajo genera 0.538 kg/hab., el medio 0.891 kg/hab., y el alto 0.974 kg/hab., con un promedio de generación de 0.801 kg/hab., se observa una diferencia de generación entre los estratos bajos de ambas ciudades, en Mexicali se reporta una generación menor, mientras que el estrato medio y alto generan más que los estratos del estudio de Chihuahua, esto puede ser porque la ciudad de Mexicali al ser fronteriza posee hábitos de consumo diferentes, con prácticas de consumo de artículos de segunda mano de Estados Unidos de América, provocando un crecimiento en la variabilidad de materiales que son desechados cada día en la ciudad.

Los resultados de esta investigación muestran que más del 70% de los residuos sólidos domésticos en Mexicali tienen un potencial de recuperación para algún tipo de tratamiento o aprovechamiento. El desarrollo de un programa de recuperación de residuos es necesario para que en la localidad se establezcan organizaciones y compañías dedicadas al giro de reciclaje, ya que estas para invertir, necesitan tener garantizada el suministro de materias primas para sus procesos. Los residuos sólidos poseen un valor energético, algunos de éstos poseen un alto poder calorífico que generarían energía a través del tratamiento por incineración o la recuperación de gas por digestión de materia orgánica, hay importantes razones por la cual tomar en cuenta estas tecnologías, la reducción de la disposición de residuos es una de ellas, así mismo la reducción del abuso de la utilización de combustibles fósiles y el aporte hacia el cambio climático causado por esta actividad (Ljunggren, 2003).

Existen ciudades que han trabajado en generar opciones a la misma población por medio de centros de acopio de materiales y el establecimiento de pequeñas empresas de selección de materias y grupos de trabajo de generación más limpia (Staff, 2006). La implementación de leyes para el tratamiento de los residuos es importante, el apoyo a la participación del sector privado en esta materia implica la renovación y actualización de regulaciones medio ambientales, apoyos en manejo, financiamiento y crear un clima apropiado para la inversión para el aumento de la tecnología en esta actividad (Minghua et al., 2008). Este tipo de acciones son



necesarias para que la ciudad de Mexicali sea propicia para la inversión del sector privado ya que en la actualidad el trabajo realizado es la recolección informal donde se acopian algunos tipos de materiales (algunos plásticos, aluminio, otros metales, papel) que son exportados al extranjero o internados al centro del país donde existe tecnología para el tratamiento y reciclaje de estos, pero existen algunos otros que podrían ser utilizados como es el caso de los orgánicos, los que pueden ser aprovechados, creando programas de compostaje para áreas verdes del mismo municipio.

Se debe tener en cuenta que los RSD, que día a día son generados en la ciudad de Mexicali poseen un ciclo de vida y que el departamento responsable de estos, participa sólo en las etapas de recolección, traslado y disposición final. La necesidad de replantear el ciclo de vida de algunos residuos desviándolos de la disposición final y generando operaciones de aprovechamiento basado en un plan integral de manejo y programas ambientales adecuados. Ayuda al desarrollo de políticas y acciones tomadas por la sociedad hacia una solución más sustentable (Eriksson et al., 2005).

El rápido crecimiento de la ciudad está provocando que se generen una gran cantidad de residuos que son desechados en un sitio de confinamiento que lleva operando años, y la falta de un plan adecuado de manejo, provoca que se necesiten cada vez más espacios para confinar residuos, cuando la adecuada selección y recuperación de materiales podría ayudar a aumentar el periodo de vida del sitio actual y a aprovechar los recursos materiales que se desechan diariamente en la ciudad (Buenrostro et al., 2008; Gómez et al., 2008; Rojas y Corona, 2008).

Como parte del trabajo realizado en esta investigación y la información obtenida del trabajo de campo, así como lo que actualmente se realiza en materia de residuos en países desarrollados, es importante incluir a la ciudadanía como principal generador de residuos sólidos domésticos. La necesidad de involucrar al generador (sociedad), a la autoridad responsable (ayuntamiento), así como



particulares que se dedican al manejo de residuos es inevitable para lograr un buen control de lo generado en la ciudad de Mexicali.

La implementación de un sistema que abarque a toda una sociedad en el manejo de los residuos es complicada, debido a que se necesita un trabajo de educación ambiental y concientización. Esto hace que un sistema propuesto como el de la figura 50 sea un reto para cualquier administración municipal.

Mexicali como parte de un país en vía de desarrollo presenta problemas en materia de residuos por no poner énfasis en la administración correcta y tener una falta de inversión hacia el aprovechamiento de los RSD. La falta de sistema de manejo de residuos, así como la desinformación, despreocupación, la no concientización y falta de cultura de los habitantes de la comunidades, genera un problema compartido que está llevando al deterioro ambiental y a la amenaza de ecosistemas por contaminación, poniendo en riesgo el patrimonio natural del país (Buenrostro y Bocco 2003).

Los retos para las autoridades son sin duda grandes, pero aun así, es necesario afrontar este reto, por lo que la realización de acciones parciales puede ayudar a conseguir buenos resultados y empezar a dar un giro hacia la activación de un mercado de materiales reciclables en la comunidad.

El vivir en un país en vías de desarrollo donde su principal prioridad no es el manejo de los residuos sólidos, sino otras cuestiones sociales como la educación, salud o infraestructura nos genera un panorama complicado sobre la factibilidad de la implementación de un sistema completo de manejo de residuos. Las situaciones políticas, falta de perfiles enfocados hacia áreas ambientales, falta capital financiero, presiones sociales y culturales, así como el desconocimiento y no cumplimiento de las leyes ambientales provocan la falta de interés tanto de los actores principales en la materia como el de los habitantes de las comunidades del municipio donde su principal preocupación es el de tener un sistema de recolección puntual que les quite el problema de enfrente de su casa.



Sin duda alguna el sistema actual deja un hueco en la parte de selección, recuperación y tratamiento de residuos de la comunidad, donde la educación y la culturización o concientización es muy importante para que se desarrollen proyectos en temas de desarrollo ambiental. También se deja a un lado la búsqueda de la mejora continua del actual sistema de manejo de residuos municipal, que posee carencias de recursos financieros y recursos humanos.

Actualmente se deben derrotar gigantes presentes con respecto al manejo de los residuos sólidos en Mexicali desde la generación de los residuos hasta su disposición final, donde se tiene un sistema muy seccionado en ámbitos de educación y posición social. Que van desde los puestos en los departamentos de la autoridad responsable hasta las personas dedicadas al negocio informal en la recuperación de residuos con una vulnerabilidad visible y donde los residuos desechados representan su realidad y su sustento económico.

La estratificación social genera problemas de percepción, ya que lo que se puede observar como una oportunidad de obtener recursos económicos para el mismo departamento que maneja el sistema, para otros representa quitarles su sustento económico y lugar de trabajo lo que podría generar si no se maneja adecuadamente un rechazo al manejo de RSD.

Otro punto importante es la importancia de que los actores claves vean el área de oportunidad que puede representar el manejar adecuadamente los residuos sólidos, ya que con la inversión en tecnología podría generar recursos económicos y generar un beneficio económico el departamento de limpia. Lo que generaría la reducción de costos y ahorro de energía y dinero que bien se podría enfocar a otras áreas, además de la activación de un mercado de materiales desechados en la región.

La implementación de un sistema que englobe diferentes operaciones en el manejo de los residuos, genera una serie de necesidades que se derivan de las condiciones climáticas, terrestres, económicas, sociales de una comunidad, por ello es necesario el análisis de lo que se genera en la en la comunidad, así como



lo que se realiza con el flujo de residuos. Con esta información se puede realizar una propuesta en donde englobe la tecnología, operaciones, programas educativos, responsabilidades, inversiones, costos, y poder llevar a cabo un programa de recuperación, manejo y reciclaje de residuos sólidos domésticos. Mexicali siendo una ciudad fronteriza podría tener buenos resultados por su posición geográfica como punto comercial con países como Estados Unidos de América, Japón y China.



Capítulo 6. Conclusión y Recomendaciones

En Mexicali existe la necesidad de reducir la cantidad de RSD que son generados cada día por su población. Los volúmenes generados actualmente son una amenaza para la salud pública y medio ambiente. Además los gastos que implican la recolección, traslado y disposición de los residuos por el departamento de limpia del gobierno municipal provocan una gran pérdida económica al no contar con un buen control de los RSD. Esta pérdida económica se da en gran manera por la falta de un diseño de un sistema de manejo adecuado para satisfacer las necesidades de la población. En Mexicali se da el no aprovechamiento de materiales desechados y tienen como destino final el entierro y olvido en el actual relleno sanitario.

Existe una cultura arraigada de consumo, la adquisición de artículos usados en el extranjero, genera una gran variabilidad de los RSD. Esto se refleja en el aumento de la generación per cápita al adquirir artículos que tienen un periodo de vida más corto, por lo que estos artículos van más rápido a disposición final. Provocando que una gran cantidad de materiales lleguen a lugares no adecuados para ellos, generando problemas que repercuten en la misma sociedad que los genera. Este mal manejo impacta tanto en ámbitos económicos, salud y medio ambiente.

Los datos obtenidos en el estudio de generación realizado en esta investigación, revelan que el estrato socioeconómico difiere en su generación dependiendo de los ingresos de las familias, siendo el estrato de mayor nivel económico el que más generan por habitante, seguidos por el estrato medio y quedando en ultimo el estrato bajo, con una cierta lógica debido al poder adquisitivo en cada nivel. Los hábitos de consumo presentes en la sociedad muestran que en la actualidad de desechan todo tipo de materiales y que estos se van a disposición sin tener la oportunidad de ser utilizados de nuevo, desechando materiales que pueden tener un segunda oportunidad. Más del 80% de los



artículos analizados son recuperables, tienen alto poder calorífico o son orgánicos, materiales que poseen un potencial de aprovechamiento.

La creación de un programa de manejo de residuos puede incluir muchos factores que puede hacer que se complique su implantación. Puede planearse de forma sistemática buscando agregar al sistema actual mejoras con el fin de empezar a hacer un trabajo de recuperación a corto plazo, con el fin de ir cerrando cada eslabón que conforma un sistema de manejo de RSD.

Es importante crear programas de trabajo donde se incluyan los diversos estratos socioeconómicos que conforman a la ciudad, ya que el problema de los RSD no exenta a nadie. La responsabilidad es compartida tanto del gobierno municipal como de los ciudadanos. Un punto importante es el romper ideas arraigadas de parte de los actores principales como el hecho de ver como gasto y no como inversión los proyectos realizados en materia de residuos que a la larga puede generar beneficios a los departamentos encargados de los residuos.

La generación de una propuesta de un sistema de manejo de residuos sólidos domiciliarios para la ciudad de Mexicali, puede establecerse en 3 bloques que dividen las diferentes responsabilidades como es la social, gubernamental y la de los particulares dedicados a la recolección y manejo de residuos sólidos. Sin embargo no es tan fácil debido a que el integrar a la sociedad a un sistema en el cual se demanda su participación activa, requiere de una formación cultural y educativa para hacer conciencia sobre lo importante que es la participación de la comunidad como una de los principales motores para el funcionamiento del sistema.

Por otra parte en Mexicali se están generando materiales que poseen un potencial de aprovechamiento, pudiendo tener una segunda oportunidad y así, reducir la cantidad de artículos que van a disposición final. Buscar la manera de seleccionar, recuperar y comercializar estos materiales conlleva a la realización de inversiones en tecnología de selección. Además buscar los posibles inversionistas,



compañías o empresas interesadas en materiales recuperados en la región para la activación de un área de oportunidad no explorada actualmente.

Los materiales que son reciclables podrían ser recuperados de diversas maneras, una forma por la participación de la comunidad al separar artículos con valor en el mercado y llevándolos algún centro de acopio donde se recolecten para su comercialización o procesamiento. La inversión en tecnologías de segregado de materiales es otra opción donde la separación manual o tecnológica se puede implementar recolectando el material de interés en centros de transferencias o en sitios de disposición.

La implementación de programas de reciclaje o de recuperación de materiales como vidrio, cartón, textiles, papel, entre otros, aporta un beneficio ambiental, económico y educativo a diferentes sectores de la sociedad y gobierno municipal. Innovar con programas que integren diferentes áreas del sector público como sociales y de la empresa privada es importante por las responsabilidades que otorga la legislación existente en la materia a las diferentes órdenes de gobierno.

La importancia de invertir recursos económicos públicos para lograr aumentar la eficiencia del trabajo realizado en la recolección y tratamiento de los RSD en Mexicali es una necesidad. La inversión no debe ser tomada como gasto, ya que un diseño adecuado de un sistema de manejo de RSD puede retribuir a corto, mediano o largo plazo la inversión e inclusive a generar un departamento que genere financiamiento para proyectos propios.

La propuesta de manejo de RSD de materiales aprovechables genera un beneficio ambiental y económico a través de un mercado de materiales recuperados. El poder recuperar materiales desechados de los RSD ayuda a contar con un recurso que puede ser de interés para las compañías recicladoras. Estas pueden invertir en plantas de reciclaje generando empleos y una activación económica a través del movimiento de materias primas, productos y artículos generados de materiales de desecho.



La iniciativa de ser una sociedad con pensamiento preventivo y no correctivo, ayuda a que generaciones futuras adopten medidas económicas, sociales y ambientalmente amigables con nuestro medio ambiente desde la adquisición de los productos a utilizar en la vida cotidiana. Así como la responsabilidad de las compañías que fabrican esos productos a preocuparse por producir artículos más verdes, es decir; artículos que generen un menor impacto en el ambiente y con mayor facilidad para su tratamiento o degradación de sus envases.

Otro punto importante, es el manejo adecuado de los residuos sólidos domésticos peligrosos generados en casa. Con el fin de evitar que estos lleguen a zonas que puedan provocar un riesgo a la salud pública, así como evitar la contaminación de aire, agua y suelo. La debida separación de estos residuos del flujo de RSD debe tomarse en cuenta como una medida de prevención de contaminación. El informar a la sociedad en general de los impactos que producen los RSD así como los RSDP en el ambiente y salud, es importante para hacer conciencia ecológica e instrumentar por medio de la legislación, así como el desarrollo de herramientas como centros de acopio donde la comunidad pueda participar de manera activa y responsable llevando materiales que se desechan lo que implica un trabajo que puede tener impactos importantes en la sociedad y medio ambiente.

El realizar actividades de manejo de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Mexicali, tiene un carácter legal, fundamentado en la Ley General para la Prevención y Manejo Integral de los Residuos. Ésta indica que el municipio tiene a su cargo la función de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final conforme a controlar los residuos sólidos urbanos. Por lo que es la obligación del gobierno municipal hacer proyectos en materia de residuos para el cumplimiento de la legislación vigente.



Referencias Bibliográficas

- Abdullahi Y. A., Akunna J.C., White N. A., Hallet P. D., Wheatley R., (2008). Investigating the effects of anaerobic and aerobic post-treatment on quality and stability of organic fraction of municipal solid waste as soil amendment, *Bioresource Technology*, 99, pp. 8631-8636.
- Acurio G., Rossin A., Fernando P. T., Zepeda F., (1997). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe, Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de la Salud, pp. 1-148.
- Adila B. S., Nawaz C. M., (2008). The impact of municipal solid waste treatment methods on greenhouse gas emissions in Lahore, Pakistan, *Waste Management*.
- Al-Khatib I. A., Hassan A. Arafat, Basheer T., Hawahneh H., Ammar Salahat, Jaafar Eid, Wasif Ali, (2007). Trends and problems of solid waste management in developing countries: A case study in seven Palestinian districts, *waste management*, vol. 27, pp. 1910-1919.
- Arena U., Mastellone M. L., Perugini F., (2003). The environmental performance of alternative solid waste management options: a life cycle assessment study, *Chemical Engineering Journal*, vol. 96 p.p. 207-222.
- Arvizu F. J. L., (1997). Energía a partir de la basura. *Boletín Tendencias Tecnológicas.*, Noviembre/Diciembre, pp. 273-280.
- Aung M. T., Donald L. W., Wei H. S., Lars R., Seong K. L., (1995). Cost-benefit analysis of the municipal solid waste collection system in Yangon, Myanmar, *Resources, Conservation and Recycling*, 14, pp. 103-131.
- Ayininuola G. M., Muibi M. A., (2008). An engineering approach to solid waste collection system: Ibadan North as case study, *Waste Management*, 28, pp. 1681-1687.
- Ayuntamiento de Mexicali. <http://www.mexicali.gob.mx/> (sitio web).
- Bakar M. S., Rahimifard S., (2008) Ecological and economical assessment of end-of-life waste recycling in the electrical and electronic recovery sector, *International Journal of Sustainable Engineering*, Vol. 1, No. 4, pp. 261-277.
- Batool S. A., Chuadhry M. N., (2008). The impact of municipal solid waste treatment methods on greenhouse gas emissions in Lahore, Pakistan, *Waste Management*, pp. 1-7.
- Bockreis A., Steinberg I., (2005). Influence of mechanical-biological waste pre-treatment methods on the gas formation in landfills, 25, pp. 37.
- Bogner J., Pipatti R., Hashimoto S., Diaz C., Mareckova K., Diaz P., Kjeldsen P., Monni S., Faaij A., Gao Q., Zhang T., Ahmed M. A., Sutamihardja R.T. M., Gregory R., (2008). Mitigation of global



greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the intergovernmental Panel on climate change (IPCC) fourth assessment report. Working group III (Mitigation), 26, pp. 11-32.

- Bautista J., Pereira J., 2006. Modeling the problem of locating collection areas for urban waste management. An application to the metropolitan area of Barcelona, *International journal on management science*, vol. 34, pp. 617 – 629.
- Bernache P. G., (2006), Cuando la basura nos alcance, el impacto de la degradación ambiental. Cap. 8, pp. 496-498.
- Bovea M. D., Powell J. C., (2006). Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste management, *Journal of Environmental Management*, vol. 79, pp. 115–132.
- Brandeín A. K., Vikman P. K., Bratteb H., (2008). Sustainable management of combustible household waste—Expanding the integrated evaluation model, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52, pp. 1101–1111.
- Buenrostro D. O., Bocco G., (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives, vol. 39, pp. 251-263.
- Buenrostro D. O., Ojeda B. S., Márquez B. L. (2007). Comparative analysis of hazardous household waste in two Mexican regions. *Science Direct*, 27, pp. 792-801.
- Chang N. B., Lin Y. T., 1997. Economic Evaluation of a Regionalization Program for Solid Waste Management in a Metropolitan Region, 51, pp. 241-274.
- Colegio de la Frontera Norte, Website, <http://www.colef.mx/>
- Dahlén L., Anders L., (2007), Methods for household waste composition studies, pp. 3-13.
- Davis G., Song J. H., (2006). Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management, *Industrial Crops and Products*, vol. 23, pp. 147–161.
- Davoudi S., (2000). Planning for waste management: changing discourses and institutional relationships, *Progress in Planning*, 53, pp. 165-216.
- Dornburg V., Faaij A.P.C., Meuleman B., (2006). Optimising waste treatment systems Part A: Methodology and technological data for optimising energy production and economic performance, *Resources, Conservation and Recycling* vol. 49, pp. 68–88.
- Dornburg V., Faaij A.P.C., Meuleman B., (2006). Optimising waste treatment systems Part B: Analyses and scenarios for The Netherlands, *Conservation and Recycling*, vol. 48, pp. 227-248.
- Eriksson O., Reich M. C., Frostell B., Bjorklund A., Assefa G., Sundqvist J. O., Granath J., Baky A., Thyselius L., (2005). Municipal solid waste management from a systems perspective, 13, pp. 241-252.



- Erkut E. A., Karagiannidis A. B., Perkoulidis G. B., Stevanus A. T., (2008). A multicriteria facility location model for municipal solid waste management in North Greece, *European Journal of Operational*, vol. 187, pp.1402–1421.
- Espinoza V. R. M., Delfin A. I., Raygoza M. M. I., Turpin M. S., Cisneros R. A., (2008). Propuesta de actualización de la NMX-AA-22-1985. Selección y cuantificación de subproductos en residuos sólidos urbanos. Memoria Electrónica, Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales.
- Giugliano M., Grosso M., Rigamonti L., (2008). Energy recovery from municipal waste: A case study for a middle-sized Italian district, *Waste Management*, vol. 28, pp. 39–50.
- Gómez G., Meneses M., Ballinas L., Castells F., (2008). Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico, pp. 1-7.
- Hackl A., Mauschitz G., (2008). Role of waste management with regard to climate protection: a case study, *Waste Management and Research*, 26, pp. 6-10.
- Hernández M., Bonfil SA. Educación ambiental. México: Santillana, 1997.
- Hernández B. M. C., Márquez B. L., González P. D. J., Buenrostro D. O., (2008). The effect of moisture regimes on the anaerobic degradation of municipal solid waste from Metepec (México), 28, pp. S14- S20.
- Hockett D., Lober D. J., Pilgrim K., (1995) Determinants of per capita municipal solid waste generation in the southeastern United States, pp. 205-217.
- Hristovski K., Olson L., Hild N., Peterson D., Burge S., (2007). The municipal solid waste system and solid waste characterization at the municipality of Veles, Macedonia, *Waste Management*, vol. 27, pp. 1680–1689.
- Huang G. H., Baetz B. W., Patry G. G., Terluk V., (1997). Capacity planning for an integrated waste management system under uncertainty: a North American case study, 15, pp. 523-546.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, website, <http://www.inafed.gob.mx/>
- Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP), website, <http://imipmexicali.org/>
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), website, <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.aspx>
- Kirkeby J. T., Birgisdottir H., Hansen T. L., Christensen H. T., (2006). Environmental assessment of solid waste systems and technologies: Easewaste, 24, pp. 3-15.
- Koneczny K., Pennington D. W., Life cycle thinking in waste management: Summary of European Commission's Malta 2005 workshop and pilot studies, *Waste Management*, vol. 27 pp. 92–97.



- Liu G., Yu J. (2007). Gray correlation analysis and prediction models of living refuse generation in Shanghai city. *Science Direct*, 27, pp. 345-351.
- Ljunggren M. S., (2003). Recovering energy from waste in Sweden, *Systems Engineering Study, Resources, Conservation and Recycling*, 38, pp. 89-121.
- Marchettini N., Ridolfi R., Rustici M., (2007). An environmental analysis for comparing waste management options and strategies, pp. 562-571.
- Mato S, A., (1993). Comparación de dos proporciones independientes por el método incondicionado”, Tesis Doctoral. Dpto. de Estadística e I.O.Universidad Complutense de Madrid.
- Minciardi R., Paolucci M., Robba M., Sacile R., (2008). Multi-objective optimization of solid waste flows: Environmentally sustainable strategies for municipalities, *Waste Management*, 28, pp. 2202-2212.
- Minghua Z., Xiumin F., Rovetta A., Qichang H., Vicentini F., Binkai L., Giusti A., Yi L., (2008). Municipal solid waste management in Pudong New Area, China.
- Muñoz C. C. E., Arenas H. F. J., Gallegos R. E., (2008). Comparative analysis of the street generation of inorganic urban solid waste (IUSW) in two neighborhoods of Mexico City.
- Ojeda B. S., Armijo de V. C., Ramírez B. E. (2002). Formal and informal recovery of recyclables in Mexicali, Mexico: handling alternatives. *Resources, conservation and recycling*, pp. 273-287.
- Ojeda B. S., Beraud L. J. L., (2003). The municipal solid waste cycle in México: final disposal, pp. 239-250.
- Papadopoulou M. P., Karatzas G. P., Bougioukou G. G., (2007). Numerical modeling of the environmental impact of landfill leachate leakage on groundwater quality- a field application, 12, pp. 43-54.
- Parfitt P. J., Flowerdew R. (1997). Methodological problems in the generation of household waste statistics. *Applied Geography*, Vol. 17, pp. 231-244.
- Rendón S. G., (1991). Procedimiento para simplificar el cálculo del tamaño de muestra, bajo una precisión y confiabilidad dadas. *Comunicaciones en Estadística y Computo*, vol. 10, Núm. 3, pp. 9-34.
- Rendra S., Warith M. A., Fernandez L., (2007). Degradation of Municipal Solid Waste in Aerobic Bioreactor Landfills, *Environmental Technology*, 28, pp. 609- 620.
- Reyes L. J. A., Ramírez H. J., Mancilla O. L., Carreón D. C., Loeches G. M. M., (2008), Assessment of groundwater contamination by landfill leachate: A case in México, 28, S33-S39.
- Rojas C. R. I., Corona Z. E. A., (2008), Urban observatories opportunities for environmental monitoring: Solid wastes, 28, pp. S40-S44.



- Salholfer S., Obersteiner G., Schneider F., Lebersorger S., (2008). Potentials for the prevention of municipal solid waste, pp. 245-259.
- Salholfer S., Gudrun Wassermann, Erwin Binner, (2007). Strategic environmental assessment as an approach to assess waste management systems. Experiences from an Austrian case study, *Environmental Modelling & Software*, vol. 22, pp. 610-618.
- Secretaria del Medio ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), website, <http://www.semarnat.gob.mx/Pages/inicio.aspx>
- Sharholy M., Ahmad K., Basilla R. C., Gupta R. D. (2007). Municipal solid waste characteristics and management in Allahabad, India. *Science Direct*, 27, pp. 490-496.
- Shaw P. J., Lyas J.K., Hudson M. D., (2006). Quantitative analysis of recyclable materials composition: Tools to support decision making in kerbside recycling, pp. 263-279.
- Sha'Ato R., Aboho S.Y., Oketunde F.O., Eneji I.S., Unazi G., Aqwa S., (2007). Survey of solid waste generation and composition in a rapidly growing urban area in central Nigeria, pp. 352-358.
- Skordilis A., (2004). Modelling of integrated solid waste management systems in an island, 41, pp. 243-254.
- Sonesson U., Bjo'rkklund A., Carlsson M., Dalemo M., (2000) Environmental and economic analysis of management systems for biodegradable waste, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 28, pp. 29-53.
- Sujauddin M., Huda S.M.S., Rafiqul A.T.M., Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh *Waste Management*, vol. 28. pp. 1688–1695.
- Staff M. H. E., (2006). Air pollution in China. Impacts on population exposure and health from industrial and domestic energy use, *Air Pollution in China*, Oslo University College, Faculty of Engineering, Norway, Dr. Scient. Thesis Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Department of Chemistry University of Oslo, Norway.
- Thomas B., Mc Dougall F., (2005). International expert group on life cycle assessment for integrated waste management, *Journal of Cleaner Production*, 13, pp. 321-326.
- Toohar R., Griffin T., Shute E., (2005). Vaccinations for waste-handling workers. A review of the literature, *Waste management and research*, 23, pp. 79-86.
- Turk, A., Turk, J. Y Wittes, J. T. (1973), *Ecología y Medio Ambiente. Desechos sólidos*, cap. 7, Pág. 141 y 142.
- Ulli S. B., Anderson D. F., Richarson G. P., Financing a competitive recycling initiative in Switzerland, *Science Direct*, 62, pp. 727-739.
- Vicente P., Reis E., (2008). Factors influencing households participation in recycling, 26, pp. 140-146.



- **Wade A., Denafas G., Racys V., Rimaityte I., Povilaityte R., (2006). An assessment of the current and future options for domestic waste management in Kaunas, Lithuania, 24, pp. 27-36.**



ANEXO 1

Tabla de resultados de los muestreos en porcentajes en peso agrupados en 18 categorías.

Tabla de fracciones en peso de cada estrato y temporada de muestreo.

Día	Verano				Primavera				Invierno			
	Estrato Bajo	Estrato Medio	Estrato Alto	Total	Estrato Bajo	Estrato Medio	Estrato Alto	Total	Estrato Bajo	Estrato Medio	Estrato Alto	Total
Subproducto												
Cartón	0.0683	0.1262	0.0783	0.0816	0.1039	0.1800	0.0923	0.1221	0.1452	0.1845	0.1675	0.1627
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.1101	0.0416	0.0402	0.0814	0.0269	0.0201	0.1200	0.0637	0.0144	0.1275	0.0956	0.0693
Pañales	0.0373	0.0414	0.0056	0.0310	0.0647	0.0097	0.0036	0.0226	0.0643	0.0397	0.0203	0.0452
Papel sanitario	0.0663	0.0411	0.0416	0.0560	0.0434	0.0201	0.0485	0.0400	0.0815	0.0157	0.0233	0.0466
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.0566	0.1022	0.0203	0.0573	0.2136	0.0097	0.0199	0.0856	0.2132	0.1746	0.0182	0.1492
Pet (Polietileno teraftalto)	0.1009	0.0597	0.0577	0.0834	0.0544	0.0252	0.0492	0.0616	0.0609	0.0692	0.0617	0.0635
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0243	0.0146	0.0191	0.0213	0.0184	0.0575	0.0218	0.0206	0.0209	0.0280	0.0223	0.0234
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0422	0.0406	0.0284	0.0388	0.0306	0.0854	0.0365	0.0432	0.0475	0.0208	0.0147	0.0308
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0317	0.0105	0.0072	0.0222	0.0085	0.0042	0.0051	0.0058	0.0023	0.0043	0.0054	0.0037
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, excremento animal, Residuos de jardín)	0.2780	0.3182	0.4746	0.3294	0.1797	0.2816	0.4500	0.3233	0.1523	0.1557	0.3128	0.1967
Empaques (Empaques de plástico, tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0494	0.0228	0.0175	0.0372	0.0731	0.0058	0.0035	0.0237	0.0339	0.0119	0.0087	0.0207
Latas de aluminio y aluminio	0.0059	0.0036	0.0076	0.0058	0.0012	0.0034	0.0051	0.0035	0.0025	0.0043	0.0098	0.0050
Latas de hojalata	0.0187	0.0133	0.0230	0.0186	0.0139	0.0242	0.0146	0.0173	0.0273	0.0368	0.0244	0.0293
Metales diversos	0.0080	0.0000	0.0000	0.0047	0.0000	0.0000	0.0091	0.0038	0.0000	0.0000	0.0035	0.001
Vidrio	0.0376	0.0512	0.1006	0.0542	0.0375	0.0815	0.0704	0.0645	0.0256	0.0329	0.0939	0.0462
Residuos peligrosos	0.0416	0.0290	0.0362	0.0380	0.0292	0.0686	0.0278	0.0405	0.0494	0.0461	0.0413	0.0462
Varios (Material de construcción, madera, residuos fino, material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0	0.0727	0.0107	0.0163	0.0859	0.0563	0.0110	0.0458	0.0293	0.0220	0.0676	0.0375
Bolsas de plástico	0.0231	0.0113	0.0315	0.0227	0.0151	0.0115	0.0115	0.0125	0.0295	0.0259	0.0090	0.0229



ANEXO 2

Valores Z calculados para comparación de diferencias de generación entre estratos, muestreo de invierno.

Muestreo de invierno	Estrato bajo	Estrato medio	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	$(n1*P1)+(n2*P2)$	$P=A/36$	1-P	$(1/n1)+(1/n2)$	P1-P2	$(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]$	Raíz de B	$P1-P2/C$
Cartón	0.1452	0.1845	5.9346	0.1649	0.8352	0.1111	-0.0393	0.0153	0.1237	-0.3178
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.0144	0.1275	2.5542	0.0710	0.9291	0.1111	-0.1131	0.0073	0.0856	-1.3216
Pañales	0.0643	0.0397	1.8720	0.0520	0.9480	0.1111	0.0246	0.0055	0.0740	0.3324
Papel sanitario	0.0815	0.0157	1.7496	0.0486	0.9514	0.1111	0.0658	0.0051	0.0717	0.9181
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.2132	0.1746	6.9804	0.1939	0.8061	0.1111	0.0386	0.0174	0.1318	0.2929
Pet (Polietileno teraftalto)	0.0609	0.0692	2.3418	0.0651	0.9350	0.1111	-0.0083	0.0068	0.0822	-0.1010
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0209	0.0280	0.8802	0.0245	0.9756	0.1111	-0.0071	0.0026	0.0515	-0.1379
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0475	0.0208	1.2294	0.0342	0.9659	0.1111	0.0267	0.0037	0.0605	0.4411
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0023	0.0043	0.1188	0.0033	0.9967	0.1111	-0.0020	0.0004	0.0191	-0.1046
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.1523	0.1557	5.5440	0.1540	0.8460	0.1111	-0.0034	0.0145	0.1203	-0.0283
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0339	0.0119	0.8244	0.0229	0.9771	0.1111	0.0220	0.0025	0.0499	0.4412
Latas de aluminio	0.0025	0.0043	0.1224	0.0034	0.9966	0.1111	-0.0018	0.0004	0.0194	-0.0928
Latas de hojalata	0.0273	0.0368	1.1538	0.0321	0.9680	0.1111	-0.0095	0.0034	0.0587	-0.1618
Metales diversos	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.1111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Vidrio	0.0256	0.0329	1.0530	0.0293	0.9708	0.1111	-0.0073	0.0032	0.0562	-0.1300
Residuos peligrosos	0.0494	0.0461	1.7190	0.0478	0.9523	0.1111	0.0033	0.0051	0.0711	0.0464
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0293	0.0220	0.9234	0.0257	0.9744	0.1111	0.0073	0.0028	0.0527	0.1385
Bolsas de plástico	0.0295	0.0259	0.9972	0.0277	0.9723	0.1111	0.0036	0.0030	0.0547	0.0658



Universidad Autónoma de Baja California

Muestreo de invierno	Estrato bajo	Estrato alto	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	(n1*P1)+(n2*P2)	P=A/36	1-P	(1/n1)+(1/n2)	P1-P2	(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]	Raíz de B	P1-P2/C
Cartón	0.1452	0.1675	5.6286	0.1564	0.8437	0.1111	-0.0223	0.0147	0.1211	-0.1842
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.0144	0.0956	1.9800	0.0550	0.9450	0.1111	-0.0812	0.0058	0.0760	-1.0686
Pañales	0.0643	0.0203	1.5228	0.0423	0.9577	0.1111	0.0440	0.0045	0.0671	0.6559
Papel sanitario	0.0815	0.0233	1.8864	0.0524	0.9476	0.1111	0.0582	0.0055	0.0743	0.7836
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.2132	0.0182	4.1652	0.1157	0.8843	0.1111	0.1950	0.0114	0.1066	1.8290
Pet (Polietileno teraftalto)	0.0609	0.0617	2.2068	0.0613	0.9387	0.1111	-0.0008	0.0064	0.0800	-0.0100
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0209	0.0223	0.7776	0.0216	0.9784	0.1111	-0.0014	0.0023	0.0485	-0.0289
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0475	0.0147	1.1196	0.0311	0.9689	0.1111	0.0328	0.0033	0.0579	0.5669
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0023	0.0054	0.1386	0.0039	0.9962	0.1111	-0.0031	0.0004	0.0206	-0.1502
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.1523	0.3128	8.3718	0.2326	0.7675	0.1111	-0.1605	0.0198	0.1408	-1.1398
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0339	0.0087	0.7668	0.0213	0.9787	0.1111	0.0252	0.0023	0.0481	0.5236
Latas de aluminio	0.0025	0.0098	0.2214	0.0062	0.9939	0.1111	-0.0073	0.0007	0.0261	-0.2801
Latas de hojalata	0.0273	0.0244	0.9306	0.0259	0.9742	0.1111	0.0029	0.0028	0.0529	0.0548
Metales diversos	0.0000	0.0035	0.0630	0.0018	0.9983	0.1111	-0.0035	0.0002	0.0139	-0.2512
Vidrio	0.0256	0.0939	2.1510	0.0598	0.9403	0.1111	-0.0683	0.0062	0.0790	-0.8645
Residuos peligrosos	0.0494	0.0413	1.6326	0.0454	0.9547	0.1111	0.0081	0.0048	0.0694	0.1168
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0293	0.0676	1.7442	0.0485	0.9516	0.1111	-0.0383	0.0051	0.0716	-0.5352
Bolsas de plástico	0.0295	0.0090	0.6930	0.0193	0.9808	0.1111	0.0205	0.0021	0.0458	0.4476



Universidad Autónoma de Baja California

Muestreo de invierno	Estrato medio	Estrato alto	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	$(n1*P1)+(n2*P2)$	$P=A/36$	1-P	$(1/n1)+(1/n2)$	P1-P2	$(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]$	Raíz de B	P1-P2/C
Cartón	0.1845	0.1675	3.0150	0.0838	0.9163	0.1111	0.0170	0.0085	0.0923	0.1841
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.1275	0.0956	4.0158	0.1116	0.8885	0.1111	0.0319	0.0110	0.1049	0.3040
Pañales	0.0397	0.0203	1.0800	0.0300	0.9700	0.1111	0.0194	0.0032	0.0569	0.3412
Papel sanitario	0.0157	0.0233	0.7020	0.0195	0.9805	0.1111	-0.0076	0.0021	0.0461	-0.1649
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.1746	0.0182	3.4704	0.0964	0.9036	0.1111	0.1564	0.0097	0.0984	1.5898
Pet (Polietileno teraftalto)	0.0692	0.0617	2.3562	0.0655	0.9346	0.1111	0.0075	0.0068	0.0824	0.0910
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0280	0.0223	0.9054	0.0252	0.9749	0.1111	0.0057	0.0027	0.0522	0.1092
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0208	0.0147	0.6390	0.0178	0.9823	0.1111	0.0061	0.0019	0.0440	0.1386
Poliuretano y Poliestereno extendido (foam)	0.0043	0.0054	0.1746	0.0049	0.9952	0.1111	-0.0011	0.0005	0.0232	-0.0475
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.1557	0.3128	8.4330	0.2343	0.7658	0.1111	-0.1571	0.0199	0.1412	-1.1128
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0119	0.0087	0.3708	0.0103	0.9897	0.1111	0.0032	0.0011	0.0337	0.0951
Latas de aluminio	0.0043	0.0098	0.2538	0.0071	0.9930	0.1111	-0.0055	0.0008	0.0279	-0.1972
Latas de hojalata	0.0368	0.0244	1.1016	0.0306	0.9694	0.1111	0.0124	0.0033	0.0574	0.2160
Metales diversos	0.0000	0.0035	0.0630	0.0018	0.9983	0.1111	-0.0035	0.0002	0.0139	-0.2512
Vidrio	0.0329	0.0939	2.2824	0.0634	0.9366	0.1111	-0.0610	0.0066	0.0812	-0.7510
Residuos peligrosos	0.0461	0.0413	1.5732	0.0437	0.9563	0.1111	0.0048	0.0046	0.0681	0.0704
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0220	0.0676	1.6128	0.0448	0.9552	0.1111	-0.0456	0.0048	0.0690	-0.6613
Bolsas de plástico	0.0259	0.0090	0.6282	0.0175	0.9826	0.1111	0.0169	0.0019	0.0436	0.3872



Valores Z calculados para comparación de diferencias de generación entre estratos, muestreo de primavera.

Muestreo de primavera	Estrato bajo	Estrato medio	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	$(n1*P1)+(n2*P2)$	$P=A/36$	1-P	$(1/n1)+(1/n2)$	P1-P2	$(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]$	Raíz de B	$P1-P2/C$
Cartón	0.1039	0.1800	5.1102	0.1420	0.8581	0.1111	-0.0761	0.0135	0.1163	-0.6542
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.0269	0.0201	0.8460	0.0235	0.9765	0.1111	0.0068	0.0025	0.0505	0.1347
Pañales	0.0647	0.0097	1.3392	0.0372	0.9628	0.1111	0.0550	0.0040	0.0631	0.8719
Papel sanitario	0.0434	0.0201	1.1430	0.0318	0.9683	0.1111	0.0233	0.0034	0.0584	0.3987
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.2136	0.0097	4.0194	0.1117	0.8884	0.1111	0.2039	0.0110	0.1050	1.9424
Pet (Polietileno teraftalto)	0.0544	0.0252	1.4328	0.0398	0.9602	0.1111	0.0292	0.0042	0.0652	0.4481
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0184	0.0575	1.3662	0.0380	0.9621	0.1111	-0.0391	0.0041	0.0637	-0.6139
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0306	0.0854	2.0880	0.0580	0.9420	0.1111	-0.0548	0.0061	0.0779	-0.7034
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0085	0.0042	0.2286	0.0064	0.9937	0.1111	0.0043	0.0007	0.0265	0.1624
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.1797	0.2816	8.3034	0.2307	0.7694	0.1111	-0.1019	0.0197	0.1404	-0.7257
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0731	0.0058	1.4202	0.0395	0.9606	0.1111	0.0673	0.0042	0.0649	1.0372
Latas de aluminio	0.0012	0.0034	0.0828	0.0023	0.9977	0.1111	-0.0022	0.0003	0.0160	-0.1378
Latas de hojalata	0.0139	0.0242	0.6858	0.0191	0.9810	0.1111	-0.0103	0.0021	0.0456	-0.2261
Metales diversos	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.1111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Vidrio	0.0375	0.0815	2.1420	0.0595	0.9405	0.1111	-0.0440	0.0062	0.0788	-0.5580
Residuos peligrosos	0.0292	0.0686	1.7604	0.0489	0.9511	0.1111	-0.0394	0.0052	0.0719	-0.5481
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0859	0.0563	2.5596	0.0711	0.9289	0.1111	0.0296	0.0073	0.0857	0.3456
Bolsas de plástico	0.0151	0.0115	0.4788	0.0133	0.9867	0.1111	0.0036	0.0015	0.0382	0.0943



Universidad Autónoma de Baja California

Muestreo de primavera	Estrato bajo	Estrato Alto	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	$(n1*P1)+(n2*P2)$	$P=A/36$	1-P	$(1/n1)+(1/n2)$	P1-P2	$(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]$	Raíz de B	$P1-P2/C$
Cartón	0.1039	0.0923	3.5316	0.0981	0.9019	0.1111	0.0116	0.0098	0.0991	0.1170
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.0269	0.1200	2.6442	0.0735	0.9266	0.1111	-0.0931	0.0076	0.0870	-1.0707
Pañales	0.0647	0.0036	1.2294	0.0342	0.9659	0.1111	0.0611	0.0037	0.0605	1.0093
Papel sanitario	0.0434	0.0485	1.6542	0.0460	0.9541	0.1111	-0.0051	0.0049	0.0698	-0.0731
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.2136	0.0199	4.2030	0.1168	0.8833	0.1111	0.1937	0.0115	0.1070	1.8097
Pet (Polietileno teraftalto)	0.0544	0.0492	1.8648	0.0518	0.9482	0.1111	0.0052	0.0055	0.0739	0.0704
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0184	0.0218	0.7236	0.0201	0.9799	0.1111	-0.0034	0.0022	0.0468	-0.0727
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0306	0.0365	1.2078	0.0336	0.9665	0.1111	-0.0059	0.0036	0.0600	-0.0983
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0085	0.0051	0.2448	0.0068	0.9932	0.1111	0.0034	0.0008	0.0274	0.1241
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.1797	0.4500	11.3346	0.3149	0.6852	0.1111	-0.2703	0.0240	0.1548	-1.7460
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0731	0.0035	1.3788	0.0383	0.9617	0.1111	0.0696	0.0041	0.0640	1.0880
Latas de aluminio	0.0012	0.0051	0.1134	0.0032	0.9969	0.1111	-0.0039	0.0003	0.0187	-0.2088
Latas de hojalata	0.0139	0.0146	0.5130	0.0143	0.9858	0.1111	-0.0007	0.0016	0.0395	-0.0177
Metales diversos	0.0000	0.0091	0.1638	0.0046	0.9955	0.1111	-0.0091	0.0005	0.0224	-0.4057
Vidrio	0.0375	0.0704	1.9422	0.0540	0.9461	0.1111	-0.0329	0.0057	0.0753	-0.4369
Residuos peligrosos	0.0292	0.0278	1.0260	0.0285	0.9715	0.1111	0.0014	0.0031	0.0555	0.0252
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0859	0.0110	1.7442	0.0485	0.9516	0.1111	0.0749	0.0051	0.0716	1.0466
Bolsas de plástico	0.0151	0.0115	0.4788	0.0133	0.9867	0.1111	0.0036	0.0015	0.0382	0.0943



Universidad Autónoma de Baja California

Muestreo de primavera	Estrato medio	Estrato Alto	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	$(n1*P1)+(n2*P2)$	$P=A/36$	1-P	$(1/n1)+(1/n2)$	P1-P2	$(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]$	Raíz de B	$P1-P2/C$
Cartón	0.1800	0.0923	4.9014	0.1362	0.8639	0.1111	0.0877	0.0131	0.1143	0.7672
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.0201	0.1200	2.5218	0.0701	0.9300	0.1111	-0.0999	0.0072	0.0851	-1.1743
Pañales	0.0097	0.0036	0.2394	0.0067	0.9934	0.1111	0.0061	0.0007	0.0271	0.2252
Papel sanitario	0.0201	0.0485	1.2348	0.0343	0.9657	0.1111	-0.0284	0.0037	0.0607	-0.4682
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.0097	0.0199	0.5328	0.0148	0.9852	0.1111	-0.0102	0.0016	0.0402	-0.2534
Pet (Polietileno teraftalto)	0.0252	0.0492	1.3392	0.0372	0.9628	0.1111	-0.0240	0.0040	0.0631	-0.3805
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0575	0.0218	1.4274	0.0397	0.9604	0.1111	0.0357	0.0042	0.0650	0.5489
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0854	0.0365	2.1942	0.0610	0.9391	0.1111	0.0489	0.0064	0.0797	0.6132
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0042	0.0051	0.1674	0.0047	0.9954	0.1111	-0.0009	0.0005	0.0227	-0.0397
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.2816	0.4500	8.1159	0.2254	0.7746	0.1111	-0.1684	0.0194	0.1393	-1.2090
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0058	0.0035	0.1674	0.0047	0.9954	0.1111	0.0023	0.0005	0.0227	0.1014
Latas de aluminio	0.0034	0.0051	0.1530	0.0043	0.9958	0.1111	-0.0017	0.0005	0.0217	-0.0784
Latas de hojalata	0.0242	0.0146	0.6984	0.0194	0.9806	0.1111	0.0096	0.0021	0.0460	0.2088
Metales diversos	0.0000	0.0091	0.1638	0.0046	0.9955	0.1111	-0.0091	0.0005	0.0224	-0.4057
Vidrio	0.0815	0.0704	2.7342	0.0760	0.9241	0.1111	0.0111	0.0078	0.0883	0.1257
Residuos peligrosos	0.0686	0.0278	1.7352	0.0482	0.9518	0.1111	0.0408	0.0051	0.0714	0.5715
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0563	0.0110	1.2114	0.0337	0.9664	0.1111	0.0453	0.0036	0.0601	0.7537
Bolsas de plástico	0.0115	0.0115	0.4140	0.0115	0.9885	0.1111	0.0000	0.0013	0.0355	0.0000



Valores Z calculados para comparación de diferencias de generación entre estratos, muestreo de verano.

Muestreo de verano	Estrato Bajo	Estrato Medio	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	(n1*P1)+(n2*P2)	P=A/36	1-P	(1/n1)+(1/n2)	P1-P2	(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]	Raíz de B	P1-P2/C
Cartón	0.0683	0.1262	3.5010	0.0973	0.9028	0.1111	-0.0579	0.0098	0.0988	-0.5863
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.1101	0.0416	5.4612	0.1517	0.8483	0.1111	0.0685	0.0143	0.1196	0.5729
Pañales	0.0373	0.0414	1.4166	0.0394	0.9607	0.1111	-0.0041	0.0042	0.0648	-0.0633
Papel sanitario	0.0663	0.0411	1.9332	0.0537	0.9463	0.1111	0.0252	0.0056	0.0751	0.3354
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.0566	0.1022	2.8584	0.0794	0.9206	0.1111	-0.0456	0.0081	0.0901	-0.5060
Pet (Polietileno teraftalto)	0.1009	0.0597	2.8908	0.0803	0.9197	0.1111	0.0412	0.0082	0.0906	0.4548
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0243	0.0146	0.7002	0.0195	0.9806	0.1111	0.0097	0.0021	0.0460	0.2107
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0422	0.0406	1.4904	0.0414	0.9586	0.1111	0.0016	0.0044	0.0664	0.0241
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0317	0.0105	0.7596	0.0211	0.9789	0.1111	0.0212	0.0023	0.0479	0.4426
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.2780	0.3182	10.7316	0.2981	0.7019	0.1111	-0.0402	0.0232	0.1525	-0.2637
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0494	0.0228	1.2996	0.0361	0.9639	0.1111	0.0266	0.0039	0.0622	0.4278
Latas de aluminio	0.0059	0.0036	0.1710	0.0048	0.9953	0.1111	0.0023	0.0005	0.0229	0.1004
Latas de hojalata	0.0187	0.0133	0.5760	0.0160	0.9840	0.1111	0.0054	0.0017	0.0418	0.1291
Metales diversos	0.0080	0.0000	0.1440	0.0040	0.9960	0.1111	0.0080	0.0004	0.0210	0.3803
Vidrio	0.0376	0.0512	1.5984	0.0444	0.9556	0.1111	-0.0136	0.0047	0.0687	-0.1981
Residuos peligrosos	0.0416	0.0290	1.2708	0.0353	0.9647	0.1111	0.0126	0.0038	0.0615	0.2048
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0000	0.0727	1.3086	0.0364	0.9637	0.1111	-0.0727	0.0039	0.0624	-1.1654
Bolsas de plástico	0.0231	0.0113	0.6192	0.0172	0.9828	0.1111	0.0118	0.0019	0.0433	0.2723



Universidad Autónoma de Baja California

Muestreo de verano	Estrato Bajo	Estrato Alto	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	$(n1*P1)+(n2*P2)$	$P=A/36$	1-P	$(1/n1)+(1/n2)$	P1-P2	$(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]$	Raíz de B	$P1-P2/C$
Cartón	0.0683	0.0783	2.6388	0.0733	0.9267	0.1111	-0.0100	0.0075	0.0869	-0.1151
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.1101	0.0402	2.7054	0.0752	0.9249	0.1111	0.0699	0.0077	0.0879	0.7955
Pañales	0.0373	0.0056	0.7722	0.0215	0.9786	0.1111	0.0317	0.0023	0.0483	0.6564
Papel sanitario	0.0663	0.0416	1.9422	0.0540	0.9461	0.1111	0.0247	0.0057	0.0753	0.3280
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.0566	0.0203	1.3842	0.0385	0.9616	0.1111	0.0363	0.0041	0.0641	0.5664
Pet (Polietileno teraftalto)	0.1009	0.0577	2.8548	0.0793	0.9207	0.1111	0.0432	0.0081	0.0901	0.4797
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0243	0.0191	0.7812	0.0217	0.9783	0.1111	0.0052	0.0024	0.0486	0.1071
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0422	0.0284	1.2708	0.0353	0.9647	0.1111	0.0138	0.0038	0.0615	0.2244
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0317	0.0072	0.7002	0.0195	0.9806	0.1111	0.0245	0.0021	0.0460	0.5322
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.2780	0.4746	13.5468	0.3763	0.6237	0.1111	-0.1966	0.0261	0.1615	-1.2175
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0494	0.0175	1.2042	0.0335	0.9666	0.1111	0.0319	0.0036	0.0599	0.5323
Latas de aluminio	0.0059	0.0076	0.2430	0.0068	0.9933	0.1111	-0.0017	0.0007	0.0273	-0.0623
Latas de hojalata	0.0187	0.0230	0.7506	0.0209	0.9792	0.1111	-0.0043	0.0023	0.0476	-0.0903
Metales diversos	0.0080	0.0000	0.1440	0.0040	0.9960	0.1111	0.0080	0.0004	0.0210	0.3803
Vidrio	0.0376	0.1006	2.4876	0.0691	0.9309	0.1111	-0.0630	0.0071	0.0845	-0.7452
Residuos peligrosos	0.0416	0.0362	1.4004	0.0389	0.9611	0.1111	0.0054	0.0042	0.0644	0.0838
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0000	0.0107	0.1926	0.0054	0.9947	0.1111	-0.0107	0.0006	0.0243	-0.4401
Bolsas de plástico	0.0231	0.0315	0.9828	0.0273	0.9727	0.1111	-0.0084	0.0030	0.0543	-0.1547



Universidad Autónoma de Baja California

Muestreo de verano	Estrato Medio	Estrato Alto	A					B	C	Z
Categoría	P1	P2	$(n1*P1)+(n2*P2)$	$P=A/36$	1-P	$(1/n1)+(1/n2)$	P1-P2	$(P)*(1-P)*[(1/n1)+(1/n2)]$	Raíz de B	P1-P2/C
Cartón	0.1262	0.0783	3.6810	0.1023	0.8978	0.1111	0.0479	0.0102	0.1010	0.4743
Papel (periódico, oficina, revistas)	0.0416	0.0402	1.4724	0.0409	0.9591	0.1111	0.0014	0.0044	0.0660	0.0212
Pañales	0.0414	0.0056	0.8460	0.0235	0.9765	0.1111	0.0358	0.0025	0.0505	0.7090
Papel sanitario	0.0411	0.0416	1.4886	0.0414	0.9587	0.1111	-0.0005	0.0044	0.0664	-0.0075
Textiles (telas y trapos, algodón y cuero)	0.1022	0.0203	2.2050	0.0613	0.9388	0.1111	0.0819	0.0064	0.0799	1.0247
Pet (Polietileno teraftalto)	0.0597	0.0577	2.1132	0.0587	0.9413	0.1111	0.0020	0.0061	0.0784	0.0255
Pead (Polie. De alta densidad)	0.0146	0.0191	0.6066	0.0169	0.9832	0.1111	-0.0045	0.0018	0.0429	-0.1049
Plásticos diversos(PVC 3, Plástico rígido y diversos)	0.0406	0.0284	1.2420	0.0345	0.9655	0.1111	0.0122	0.0037	0.0608	0.2005
Poliuretano y Poliestireno extendido (foam)	0.0105	0.0072	0.3186	0.0089	0.9912	0.1111	0.0033	0.0010	0.0312	0.1057
Orgánicos (Residuos de alimentos, hueso, Excremento animal, Residuos de jardín)	0.3182	0.4746	14.2704	0.3964	0.6036	0.1111	-0.1564	0.0266	0.1630	-0.9593
Empaques (Empaques de plástico, Tetrapack, Envases de cartón encerado)	0.0228	0.0175	0.7254	0.0202	0.9799	0.1111	0.0053	0.0022	0.0468	0.1132
Latas de aluminio	0.0036	0.0076	0.2016	0.0056	0.9944	0.1111	-0.0040	0.0006	0.0249	-0.1608
Latas de hojalata	0.0133	0.0230	0.6534	0.0182	0.9819	0.1111	-0.0097	0.0020	0.0445	-0.2180
Metales diversos	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.1111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Vidrio	0.0512	0.1006	2.7324	0.0759	0.9241	0.1111	-0.0494	0.0078	0.0883	-0.5596
Residuos peligrosos	0.0290	0.0362	1.1736	0.0326	0.9674	0.1111	-0.0072	0.0035	0.0592	-0.1216
Varios (Material de construcción, Madera, residuos fino, Material no ferroso, loza y cerámica, cenizas)	0.0727	0.0107	1.5012	0.0417	0.9583	0.1111	0.0620	0.0044	0.0666	0.9305
Bolsas de plástico	0.0113	0.0315	0.7704	0.0214	0.9786	0.1111	-0.0202	0.0023	0.0482	-0.4188