

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GENÉTICA Y AMBIENTE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN SISTEMAS
DEL AMBIENTE



**EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN APIZACO**

TESIS

PRESENTA

LIC. EN C. A. TERESA RAMÍREZ VÁZQUEZ

**BAJO LA DIRECCIÓN DE
DR. HIPÓLITO MUÑOZ NAVA**

TUTORES:

DRA. PATRICIA LIMÓN HUITRÓN



ENERO 2019

ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
I. RESUMEN	7
II. ABSTRACT	9
III. INTRODUCCIÓN	10
3.1 Clasificación de los residuos	14
3.2 Residuo sólido urbano	15
3.3 Composición de los residuos sólidos urbanos	16
3.4 Gestión integral de los residuos sólidos	16
3.5 Enfoques necesarios para la gestión integral	17
a) Enfoque de sostenibilidad	17
b) Enfoque de género	19
c) Enfoque de equidad social y derechos humanos	19
3.6 Elementos funcionales de un sistema de gestión integral	20
3.7 Legislación	21
IV. ANTECEDENTES	23
4.1 Generación y producción per cápita de los residuos sólidos urbanos en diversos países	29
4.2 Generación y producción per cápita de los residuos sólidos urbanos a nivel nacional y estatal	29
V. JUSTIFICACIÓN	31
VI. OBJETIVOS	33
Objetivo general	33
Objetivos específicos	33
VII. HIPÓTESIS	34
VIII. METODOLOGÍA	35
8.1 Descripción del municipio de Apizaco	35
Aspectos geográficos	35
Clima	36
Hidrografía	36
Población	37
Actividades económicas	37
8.2 Métodos	39

8.2.1 Primera etapa: Análisis de la GIRSU	39
8.2.2 Segunda etapa: Diagnostico del manejo de RSU	42
8.2.3 Tercera etapa: Caracterización de rutas de recolección	47
8.2.4 Cuarta etapa: Evaluacion de impacto ambiental y gestion de RSU	47
XI. RESULTADOS	53
9.1 Primera etapa: Análisis de la GIRSU.....	53
Resultado de la revisión documental del municipio.....	53
Entrevistas estructuradas	56
9.2 Segunda etapa: Diagnóstico del manejo de RSU	62
Caracterización física por medio de muestreos	62
Análisis estadístico.....	67
9.3 Tercera etapa: Caracterización de rutas de recolección	69
9.4 Cuarta etapa: Evaluación de impacto ambiental y gestión de RSU	74
Identificación y evaluación de impacto ambiental	74
Evaluación del nivel de gestión de RSU por medio de indicadores ambientales	76
X. DISCUSIÓN.....	77
XI. CONCLUSIONES.....	80
XII. LITERATURA CITADA	81
XIII ANEXOS.....	85
Glosario	89
Residuo sólido	89
Residuo.....	89
Desechos sólidos.....	89
Basura	89
Gestión integral de residuos sólidos	89
Valorización	89
Residuos de Manejo Especial	90
Residuos Peligrosos	90
Residuos Sólidos Urbanos	90
Indicadores ambientales	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de residuos sólidos municipales de diversos países.	16
Tabla 2. Valores de calificación de la significancia de los impactos ambientales.	51
Tabla 3. Valores para obtención de población representativa a muestrear	56
Tabla 4. Generación per cápita de residuos sólidos en Apizaco, con promedio de 4.4 habitantes y una recolección promedio de 1.41 kg por vivienda.....	65
Tabla 5. Generación per cápita de residuos sólidos en Apizaco, con promedio de 4.4 habitantes y una recolección promedio de 1.52 kg por vivienda.....	65
Tabla 6. Generación per cápita de residuos sólidos en Apizaco, con promedio de 4.4 habitantes y una recolección promedio de 1.31 kg por vivienda.....	65
Tabla 7. Análisis de rutas de recolección en la localidad de Apizaco.....	69
Tabla 8. Análisis de rutas de recolección en la localidad de Apizaco.....	72
Tabla 9. Comparación de medias con t de Student	67
Tabla 10. Matriz de evaluación de impacto ambiental.....	74
Tabla 11. Determinación de impactos ambientales por generación de RSU.....	75
Tabla 12. Calificación de impactos.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interrelaciones entre las etapas sistema de gestión integral de residuos sólidos.....	21
Figura 2. Mapa mundial de la generación de RSU y generación de RSU en México 2010-2025.....	30
Figura 3. Municipios con mayor recolección de RSU diaria. SEMARNAT (2010).	31
Figura 4. Ubicación geográfica del área de estudio (INAFED, 2010).....	35
Figura 5. Diagrama de actividades para elaboración de la propuesta de GIRSU en la zona conurbada de Apizaco (Autoría propia, 2017).....	39
Figura 6. Giros y cantidad de negocios por giro identificados en el municipio de Apizaco	55
Figura 7. Manejo en la fuente de los residuos en la población muestra.....	58
Figura 8. Separación en la fuente de los RSU en la población muestra.	58
Figura 9. Clasificación de los 208 puntos de muestreo en la localidad de Apizaco.	62
Figura 10. Giro de los establecimientos que participaron en la recolección de los residuos sólidos.	63
Figura 11. Recolección de los residuos en las 208, diariamente se recolectaron en promedio 231 kg durante los 3 meses de estudio.	64
Figura 12. Peso volumétrico de los 3 periodos de muestra de los residuos sólidos de 208 puntos de muestreo en la localidad de Apizaco.....	66
Figura 13. Segregación de los residuos recolectados del 10 al 16 de enero de 2018.	67
Figura 14. Rutas del servicio de recolección de la cabecera municipal de Apizaco	70
Figura 15. Viviendas y negocios seleccionados aleatoriamente para análisis de los residuos producidos en ellos.....	71
Figura 16. Rutas del servicio de recolección de la cabecera municipal de Apizaco	73
Figura 17. Distribución de la probabilidad de A-B.....	68
Figura 18. Distribución de la probabilidad de B-C.....	68

Figura 19. Distribución de la probabilidad de A-C..... 69



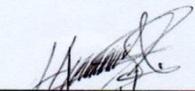
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
 CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GENÉTICA Y AMBIENTE
 MAESTRIA EN CIENCIAS EN SISTEMAS DEL AMBIENTE
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Código: 505-RGE-04
 Publicación: Febrero 2018
 Revisión: 9001:2015 02

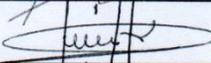
LCA. TERESA RAMÍREZ VAZQUEZ
 CANDIDATA A MCSA
PRESENTE

En cumplimiento al artículo 52 fracción "d" del Reglamento General de Evaluación Académica, el comité de titulación ha revisado el trabajo de investigación titulado: "Evaluación de la gestión de residuos sólidos urbanos en Apizaco", realizado bajo la dirección del Dr. Hipólito Muñoz Nava. No habiendo encontrado objeción alguna, se autoriza su impresión:

Dr. Hipólito Muñoz Nava



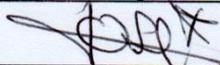
Dra. Maricela Hernández Vázquez



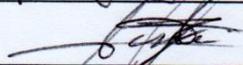
Dr. José Luis Martínez y Pérez



Dr. José Jiménez López



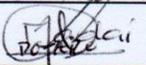
Dr. Héctor S. Luna Zendejas



Mtra. Patricia Limón Huitrón



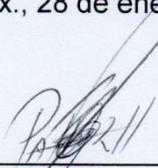
Mtra. Madai Romero Muñoz



Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

"POR LA CULTURA A LA JUSTICIA SOCIAL"
 Ixtacuixtla, Tlax., 28 de enero de 2019





MSP. Patricia Limón Huitrón
 COORDINADORA GENERAL DEL POSGRADO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN
 EN GENÉTICA Y AMBIENTE
 MAESTRÍA EN CIENCIAS
 EN SISTEMAS DEL AMBIENTE

c.c.p. Expediente



Documento exclusivo para uso de la dependencia responsable o autoridad correspondiente

I. RESUMEN

Los residuos sólidos son todos los materiales que desechamos en nuestra vida diaria, por ejemplo, en los hogares, en las escuelas, en la industria, en el comercio, oficinas, entre otros.

Debido al crecimiento poblacional, la cantidad de residuos sólidos se ha incrementado enormemente, de tal manera que actualmente representa un problema que se debe atender.

En México la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) establece que es obligación del gobierno estatal y municipal diseñar y aplicar estrategias para llevar a cabo una adecuada gestión integral de residuos sólidos urbanos.

El incremento de la generación de residuos sólidos urbanos en el mundo, y el Estado Tlaxcala no es la excepción, plantea retos para evitar que estos materiales no representen amenazas ambientales y de salud pública.

La localidad de Apizaco perteneciente al Estado de Tlaxcala, es la zona que se escogió para realizar el estudio de los residuos sólidos y evaluar el manejo de los mismos.

Se adecuaron la Normas Oficiales Mexicanas NOM-AA-019-1985, (DOF, 1985) para realizar la caracterización "in situ", NOM-AA-022-1985, (DOF, 1985) para realizar la selección y cuantificación de subproductos y NOM-AA-061-1985, (DOF, 1985) para la determinación de la generación.

La generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios que se obtuvo del estudio, fue de 0.327kg/hab/día, de los cuales el principal componente son los residuos orgánicos, el peso volumétrico promedio es de 319 kg/m³. Y el servicio de

recolección presenta algunas deficiencias y los pobladores no le dan un manejo a los residuos sólidos que se generan.

II. ABSTRACT

The solid waste is all the materials that we discard in our daily life, for example in homes, in industry, in commerce, in offices, among others.

Due to population growth the amount of solid waste has increased enormously, so that currently represent a problem that must be addressed.

In Mexico, the General Law for the Prevention and Integral Management of Residues establishes that it is the obligation of the state and municipal government to design and apply strategies to carry out an adequate integral management of urban solid waste.

The increase in the generation of solid urban waste in the world, and the State of Tlaxcala is not the exception, poses challenges to avoid that these materials do not represent environmental and threats and public health.

The locality of Apizaco pertaining to the State of Tlaxcala, is the zone that was chosen to carry out the study of the solid residues and to evaluate the handling of the same ones.

The Official Mexican Standards NOM-AA-019-1985, (DOF, 1985) were adapted to carry out the characterization "in situ", NOM-AA-022-1985, (DOF, 1985) to perform the selection and quantification of by-products and NOM-AA-061-1985, (DOF, 1985) for the determination of generation.

The per capita generation of household solid waste that was obtained from the study was 0.327 kg / inhabitant / day, of which the main component is organic waste, the average volumetric weight is 319 kg / m³. And the collection service presents some deficiencies and the inhabitants do not give a handle to the solid waste that is generated.

III. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la generación y el manejo inadecuado de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se han incrementado como resultado de la detonación de la revolución industrial, el crecimiento poblacional, la falta de participación ciudadana y de gobernantes, así como el incumplimiento de la legislación ambiental, deficiencia en los programas de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y de los residuos electrónicos. Esto en conjunto ha traído como consecuencia un alto consumo de combustibles fósiles y explotación de diversos recursos naturales para abastecer el incremento en la demanda de productos industrializados (ejemplo: alimentación, vestimenta, educación, etc.) (Armijo *et al.* 2012; Garduño *et al.* 2012; González y Buenrostro, 2012; Saldaña *et al.* 2013).

Los RSU al no ser manejados adecuadamente generan daños al ambiente, alteran la fisonomía del paisaje en forma de contaminación visual. También tienen un impacto ambiental negativo alto; producto de la entropía al modificar de forma irreversible las matrices ambientales por la emisión de gases de efecto invernadero, producción de lixiviados (Mendoza *et al.* 2013), extracción y desperdicio de recursos naturales y de productos susceptibles de ser valorizados (Saldaña *et al.* 2013). Los RSU sin una previa selección repercuten en la salud pública, ya que representan focos de infección en los lugares donde se generan, se recolectan, se acumulan y en sitios de disposición final (Armijo *et al.* 2012).

El problema sanitario puede favorecer la proliferación de moscas, roedores, y microorganismos causantes de enfermedades (Elieser, 2014). El daño a la salud pública se debe a las malas condiciones en las que se depositan estos residuos, los principales afectados son las personas que viven cerca de rellenos sanitarios o tiraderos clandestinos, así como las personas que se dedican al oficio del reciclamiento; mejor conocidos como pepenadores. Estas personas se ven expuestas a infecciones respiratorias, gastrointestinales, dermatológicas, oftalmológicas, alteraciones neuropsicológicas, cardiovasculares,

endocrinológicas, en la reproducción y en el desarrollo embrionario (Ortega *et al.* 2001; Gómez *et al.* 2007).

Los RSU presentan un proceso complejo de degradación anaerobia la cual da como resultado la generación de biogás y lixiviados, estos podrían ser potencialmente contaminantes y representan un gran problema principalmente en países como México, donde no se realizan actividades de recolección selectiva y otros tratamientos específicos como la recirculación de lixiviados para disminuir los metales que pueden ser arrastrados con estos y disminuir el impacto ambiental (Mendoza *et al.* 2013).

Una de las opciones para optimizar la GIRSU es dar un valor agregado a los RSU mediante una recuperación y transformación de los mismos. En la mayoría de los estados de la república mexicana no existe una actividad importante de recuperación y reciclaje de materiales como: residuos orgánicos, plásticos, vidrio, aluminio, papel y cartón; estos procesos de tratamiento se suelen dejar a los pepenadores quienes lo realizan de manera informal (Saldaña *et al.* 2013).

Para conocer el nivel de impacto que generan los residuos, en las matrices ambientales se ha hecho uso del Estudio de Impacto Ambiental (EIA); el cual es un instrumento preventivo que pretende conservar, proteger y mejorar el ambiente, contribuyendo así a la protección de la salud pública y garantizando la utilización prudente y racional de los recursos naturales. Es necesario evaluar la magnitud de la actividad para estimar si se requiere una EIA, así como su nivel, profundidad y alcance (Salas y Quesada, 2006). La EIA puede realizarse por diversos métodos, pero el más usual es el de Leopold. Este método se basa en el desarrollo de una matriz con el objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto. Esta matriz puede ser considerada como una lista de control bidimensional, en una dimensión se muestran las características individuales de un proyecto (actividades, propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en la otra dimensión se identifican las categorías

ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto. Su característica principal es que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación (Cotán, 2007).

Los países más desarrollados en materia ambiental comienzan a dar solución a la problemática de los RSU, reconociendo que el éxito se basa en la reconceptualización del término "basura" y contando con la participación social e industrial (Velázquez, 2008). La GIRSU a nivel mundial está tomando un papel muy importante y esto ha llevado a que los países tengan políticas bien establecidas, para generar programas que incluyen una serie de fases o elementos en el manejo del flujo de materiales de una localidad, municipio o región (CARE Internacional-Avina, 2012). Dichos programas, en esos países, integran factores socio-ambientales, psicosociales, económicos, tecnológicos, políticos y jurídicos, los cuales suelen estar interrelacionados y ser complejos, con la consideración de estos aspectos se puede alcanzar una solución sostenible, como se ha logrado en algunos países de la Unión Europea (Alemania, Finlandia, España, Italia, entre otros) (Abu Qdais, 2007; Kum *et al.* 2005).

Actualmente existen opciones tecnológicas que pueden ser aplicadas para reducir los efectos indeseables de los residuos sólidos. No obstante, los tratamientos varían según las necesidades y las características de las comunidades, la selección de tecnología cambia drásticamente dependiendo de lo que se pretenda obtener. Por ello, la GIRSU debe realizarse con base a las características físicas, volumen, procedencia, posibilidades de recuperación y comercialización de los RSU, así como su costo, para proponer alternativas de manejo (Otero, 1992; Taboada *et al.* 2011).

México ha aprovechado las experiencias de otros países en su organización de políticas internacionales y locales, relacionadas con temas medioambientales que dan respuestas a problemas comunes de forma práctica y coordinada (OCDE,

2008). Diversos estudios de caracterización de residuos sólidos se han realizado con el objetivo de obtener información relevante, que apoye al desarrollo y mejora de planes de manejo. Phuntsho *et al.* (2009), indican que los datos sobre generación de residuos sólidos y su composición son parámetros fundamentales para la planificación, diseño e implementación de sistemas de gestión de los RSU.

En México, los estudios sobre cuantificación y caracterización de los RSU se han realizado principalmente en grandes ciudades. Esto provoca una carencia de información sobre ciudades o comunidades más pequeñas. Bernache *et al.* (2001), Ojeda *et al.* (2008), realizaron caracterizaciones de RSU. Buenrostro *et al.* (1999), realizaron una caracterización de residuos generados en mercados municipales de Morelia y señalan la importancia de sistematizar metodologías para los estudios de generación en mercados municipales, que aporten información para la planeación de los servicios de recolección, así como la disposición adecuada de estos residuos. Fierro *et al.* (2010), encontraron diferencias en la cantidad y en la composición de los residuos sólidos entre las diferentes tiendas objeto de estudio, lo cual confirma la influencia del tipo de bienes comerciales. Aguilar *et al.* (2010) realizaron un trabajo para cuantificar y analizar los residuos sólidos generados en la ciudad de Ensenada, México, y utilizaron estos datos en un proyecto para generar energía a través de la producción de gas metano.

La mayoría de las ciudades en México incluido Tlaxcala y específicamente Apizaco; tienen un sistema de manejo de RSU, que según Cavallin *et al.* (2006) se considera “básico”. Esta categoría consiste solamente en la recolección, traslado y disposición final, solo a una parte de los RSU son dispuestos adecuadamente y un porcentaje muy pequeño reciben un tratamiento y manejo adecuados, propiciando así una problemática ambiental.

Apizaco es la ciudad más importante del estado de Tlaxcala, en ella predomina la economía del sector comercial, derivado de los rápidos procesos de industrialización, urbanización y crecimiento poblacional. Se han incrementado en

la ciudad las unidades de comercio y abasto. Para el año 2013, la ciudad contaba con dos mercados municipales, 10 tiendas departamentales, cuatro centros comerciales, un rastro municipal, dos distribuidoras de gas y tres tianguis (INAFED, 2010). Son cinco los municipios en el estado de Tlaxcala que generaran la mayor cantidad de RSU, estando Apizaco en el tercer lugar (SEMARNAT, 2010).

Esta situación coloca a la ciudad de Apizaco en una situación no muy favorable en el manejo y aprovechamiento de RSU, ya que no se cuenta con una cultura de separación, reciclaje a nivel doméstico y comercial, en comparación con otros municipios y estados, por lo que es necesario hacer una propuesta de GIRSU en esta zona, para ello es necesario hacer una descripción del panorama actual sobre su manejo y realizar una caracterización física de los residuos. Así como una evaluación del nivel de gestión actual; para que con los resultados se propongan estrategias que permitan el cambio de una recolección común a una GIRSU.

3.1 Clasificación de los residuos

Los RS pueden ser clasificados de diversas maneras: de acuerdo a el recurso natural del que provienen pueden ser orgánicos e inorgánicos; de acuerdo a su origen o fuente de generación pueden ser domésticos, comerciales, provenientes de espacios públicos, institucionales, hospitalarios o industriales y de acuerdo a la LGPGIR (2003), pueden clasificarse en: residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial o residuos peligrosos.

Para la presente investigación se consideró la clasificación con base a la LGPGIR:

- Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos que no reúnen las características, para ser considerados como peligrosos o como residuos urbanos, o que son producidos por grandes generadores.

- Residuos Peligrosos: Son aquellos que poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes biológico-infecciosos (CRETIB). Así como, envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en la LGPGIR.
- Residuos Sólidos Urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos que generen residuos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la LGPGIR.

3.2 Residuo sólido urbano

La generación de RSU es la producción de lo que conocemos como “basura”, en las actividades cotidianas, después de ocupar un producto es desechado, por lo que se considera que no tiene ninguna función o valor (Esquer, 2009).

Es por ello que en este documento se propone contemplar como basura a todos los residuos generados en las actividades humanas, que ya no resultan útiles o se encuentran contaminados. Y el termino residuo contempla aquellos materiales que son desechados después de haberlos usado y que son susceptibles de ser clasificados, valorizados o recuperados para darles una reutilización.

La Ley General para la Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) (2003), contempla un enfoque preventivo. Para lograr sus objetivos, se basa en la aplicación del principio de responsabilidad compartida pero diferenciada, de todos los sectores sociales que generan y manejan residuos. Los tratamientos de RSU son importantes porque reducen las cantidades de residuos que requieren disposición

final, permiten aprovechar los residuos, recuperar energía y disminuir la contaminación y efectos ambientales.

3.3 Composición de los residuos sólidos urbanos

De acuerdo a sus características físicas y de reciclamiento, los residuos se pueden clasificar en: orgánicos e inorgánicos (recuperables o reciclables y no recuperables).

Países con menores ingresos producen menos residuos, dentro de los cuáles predominan los de composición orgánica, mientras que, en los países con mayores ingresos, los residuos son mayormente inorgánicos a partir de los productos manufacturados como se muestra en la (Tabla 1) elaborado por el Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAT, 2009).

Tabla 1. Porcentaje de residuos sólidos municipales de diversos países.

Subproducto	E.U.A	Francia	México	Colombia
Papel y cartón	40%	35%	14%	22%
Plástico	8%	7%	6%	5%
Metales	9%	5%	3%	1%
Textiles	-	5%	1%	4%
Vidrio	7%	12%	7%	2%
R. Alimentos	18%	21%	32%	56%
R. Jardinería	7%	-	10%	10%
Otros	11%	15%	27%	-

3.4 Gestión integral de los residuos sólidos

Integra las acciones de funciones administrativas, operativas, financieras, normativas y sociales para el manejo de los residuos sólidos desde la generación hasta la disposición final para cumplir con los objetivos planteados.

Para realizar dicha gestión es necesario identificar todos los elementos implicados en la GIRSU, en ocasiones existen problemas como la falta de recursos o interés de las autoridades que se encuentran al mando (Tchobanoglous *et al.* 1994).

Existen ocho etapas que integran un sistema de GIRSU, las cuales son:

- Generación de residuos sólidos.
- Manipulación y separación de residuos.
- Almacenamiento y procesamiento en el origen.
- Barrido.
- Recolección pública.
- Transporte.
- Procesamiento y transformación de los residuos sólidos.
- Disposición final.

3.5 Enfoques necesarios para la gestión integral

La generación per-cápita y la composición de residuos no es igual en todos los municipios, ciudades, estados y países. Estas no dependen únicamente del número de habitantes de una población, se ven involucrados de igual manera los aspectos económicos, políticos y sociales, tales como ingreso per-cápita, cultura, hábitos de consumo, conciencia ecológica, nivel de desarrollo, entre otros. Así, se puede esperar que la generación per-cápita entre un país desarrollado y uno en vías de desarrollo difiera significativamente (Taboada *et al.* 2009). Los enfoques necesarios para la gestión integral son los siguientes:

a) Enfoque de sostenibilidad

Incluye una serie de acciones articuladas entre sí en seis ámbitos; político, organizacional, socio - cultural, tecnológico, ambiental y económico - financiero; los cuales dan respuesta directa a las causas subyacentes que generan la problemática y la insuficiente cobertura identificada en la gestión de residuos sólidos (CARE Internacional-Avina, 2012).

Político- jurídico

Se trabajan las relaciones jurídicas más convenientes para zona de estudio, políticas favorables para la GIRSU, se incluye el uso de espacios públicos y costos por el manejo de los residuos (CARE Internacional-Avina, 2012).

Organizacional

Se trabaja directamente en cada zona, municipio o población donde se aplica el proyecto para fomentar la participación de todos y cada uno de los ciudadanos para la realización eficaz en cada una de las etapas que implican RSU, así como conocer las capacidades y recursos de los que disponen (CARE Internacional-Avina, 2012).

Socio - cultural

Este enfoque está muy relacionado con el organizacional, ya que se requiere trabajar en conjunto con los pobladores de cada zona, teniendo en cuenta que cada lugar tiene su propia historia y cultura, por lo que es casi imposible trabajar de la misma manera en dos lugares diferentes, hay que hacer un estudio cultural sobre la zona en la cual se pretende llevar a cabo el proyecto, ya que en gran medida esto va a facilitar o complicar el trabajo.

Una de las razones más importantes por las que se debe involucrar a la sociedad en la GIRSU, es debido a que ellos tendrán un mayor compromiso social con las actividades que están llevando a cabo, a diferencia de los representantes legales (administrativos) de la comunidad, municipio y/o estado, que estén en ese momento en el poder (CARE Internacional-Avina, 2012).

Tecnológico

Se debe llevar a cabo un estudio sobre los diseños y tecnologías que existen para una adecuada GIRSU, con el fin de generar alternativas adecuadas a cada área de estudio, es importante tener en cuenta que aquí influye en gran medida la economía de la zona (CARE Internacional-Avina, 2012).

Ambiental

Asegura la implementación de procesos y acciones que permitan generar impactos positivos y mitigar los impactos negativos en el ambiente; así se protegerá de contaminación a cuerpos de agua, el suelo y el aire (control de lixiviados, gases, olores), (CARE Internacional-Avina, 2012).

Económico- financiero

Es indispensable conocer los recursos económicos con los que cuenta la zona para la cual se realiza el proyecto, para poder tener tarifas adecuadas para el manejo de residuos, el objetivo del sistema de gestión de residuos sólidos es que tenga tarifas que cubran los costos de operación, mantenimiento, etc. Y estas tarifas en gran medida dependerán también del tamaño de la población y el volumen de los residuos generados (CARE Internacional-Avina, 2012).

b) Enfoque de género

Es común que en cada zona a trabajar las relaciones sociales y el enfoque de género sean diferentes, esto debido a los factores económicos, políticos y culturales. En general, en la mayoría de las ocasiones se discrimina sin excepción el trabajo femenino para la GIRSU. Frecuentemente se desprecia esta labor pensando que es un trabajo pesado que requiere fuerza física, la cual es inferior en el género femenino, pero no se toman en cuenta las capacidades con que cuentan las mujeres para el manejo de los residuos, planeación y facilidad de actividades innovadoras (CARE Internacional-Avina, 2012).

c) Enfoque de equidad social y derechos humanos

Persisten inequidades entre regiones, entre el campo y la ciudad, entre grupos étnicos y raciales, entre mujeres y hombres, entre estratos sociales, entre el centro y la periferia. El servicio público de aseo y en general la GIRSU, debe considerar los principios de equidad social como referentes en el momento de analizar

situaciones o decidir sobre alternativas del servicio en las comunidades (CARE Internacional-Avina, 2012).

3.6 Elementos funcionales de un sistema de gestión integral

La generación y tipo de residuos producidos no son iguales, esto varía de acuerdo a las condiciones de cada zona, la sociedad, recursos económicos, etc., es por ello que, para poder realizar una gestión de forma eficaz y ordenada, es necesario identificar las relaciones y los aspectos fundamentales y ajustarlos para obtener una uniformidad de datos que se puedan comprender de manera adecuada para poder proponer y desarrollar las actividades convenientes.

De acuerdo a Tchobanoglous *et al.* (1994), las actividades asociadas a la GRSU desde el punto de generación hasta la evacuación final han sido agrupadas en seis elementos funcionales:

- Generación de residuos sólidos.
- Manipulación y separación de residuos, almacenamiento y procesamiento en el origen.
- Recolección pública.
- Separación, procesamiento y transformación de RSU.
- Transferencia y transporte.
- Evaluación

Estas seis etapas se interrelacionan (Figura 1), por lo que para desarrollar un marco evaluador que permita identificar los aspectos y las relaciones implicadas es necesario analizar cada etapa y desarrollar donde sea posible relaciones cuantificables que permitan analizar y evaluar sus funciones, (Tchobanoglous *et al.* 1994).

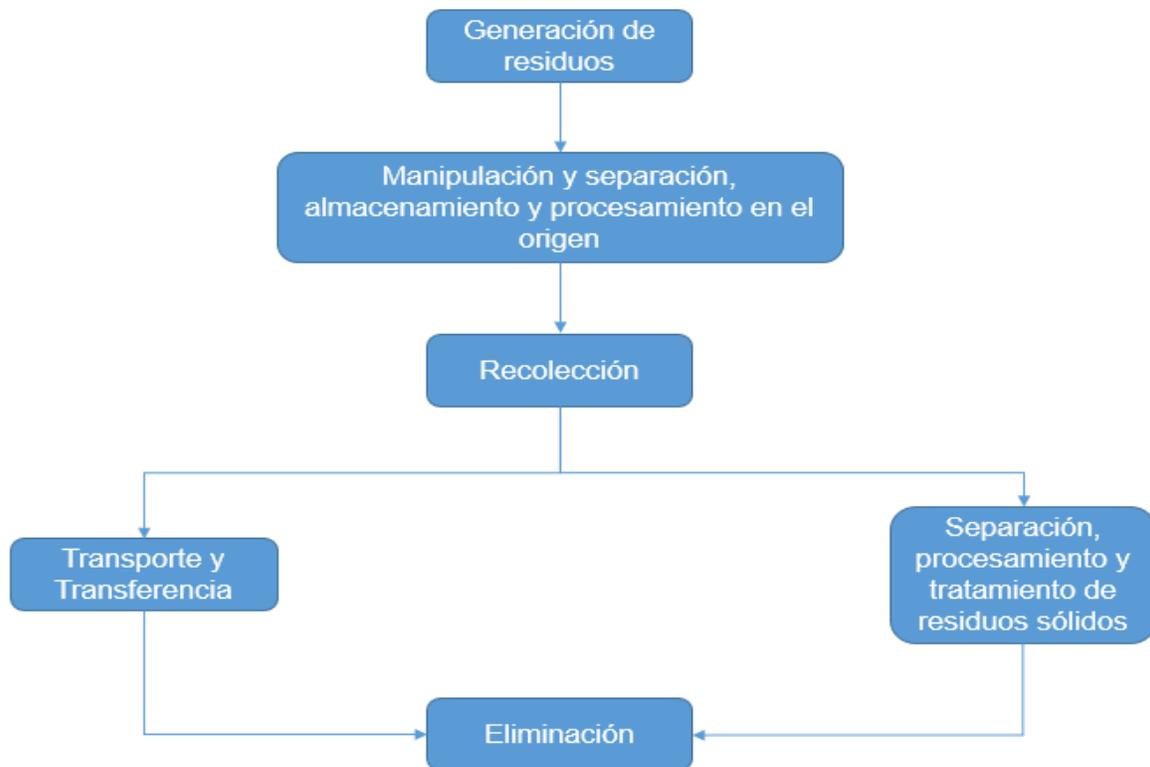


Figura 1. Interrelaciones entre los elementos funcionales de GIRSU (Tchobanoglous *et al.* 1994).

Una vez analizados los enfoques que intervienen en la gestión de los residuos; así como el tipo de residuos que se producen en la zona, es necesario establecer acuerdos y lineamientos para poder realizar una GIRSU adecuada.

3.7 Legislación

En relación al manejo y GIRSU a nivel federal, en México el marco legal se encuentra constituido por las disposiciones jurídicas designadas por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA, 1987), la cual impulsa la política ambiental municipal, ratificando la atención de los RSU, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003), incorpora una visión de mejora técnica y normativa de los procesos en el manejo de los residuos, y el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2006), . A nivel estatal, el estado de Tlaxcala cuenta con la Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala (2005) y el Reglamento de la Ley de Ecología de Protección al Ambiente en Materia de Residuos Sólidos

no Peligrosos (1994) los cuales inducir a las instituciones en la mejora del ambiente del Estado a través de acciones educativas, culturales, sociales y tecnológicas, y establecer la protección d áreas protegidas. A nivel municipal cuenta con el Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Apizaco (2009).

IV. ANTECEDENTES

En diversos países se han realizado estudios de caracterización de RSU para conocer la cantidad de residuos generados, tipo de residuos que se producen y la cantidad de cada tipo de residuos producidos. Ya que la generación de los residuos es propia de cada lugar, por lo que para elaborar un programa de manejo de residuos adecuado a las características y condiciones de la zona es preciso conocer esta información (Abu Qdais, 2007; Armijo *et al.* 2012; Garduño *et al.* 2012; González y Buenrostro, 2012; Kum *et al.* 2005; Otero, 1992; Saldaña *et al.* 2013; Velázquez, 2008).

Las acciones que se han emprendido para favorecer la reducción progresiva del volumen de residuos generados son: el fomento de la reutilización, el reciclaje, la valorización de la materia orgánica contenida en los RSU. La valorización de la materia orgánica se realiza mediante la producción de composta y/o a través de la incineración, con esta última es posible recuperar energía térmica. Estas acciones, además, tienen el propósito de responder a necesidades y expectativas sociales como son la salud pública, la economía, la conservación, la estética y otras. Lograr una GIRSU requiere que estos procesos sean comprendidos como complementarios y de apoyo, y no como métodos aislados (Bermúdez, 2001; Saldaña *et al.* 2013; Velázquez, 2008).

Al-Khatib *et al.* (2010); en Nablus, Palestina; realizaron una investigación de la gestión de residuos por medio de encuestas a pobladores y operadores del servicio de recolección, así como un estudio de caracterización y cuantificación de residuos para estimar la cantidad de residuos recolectados, evaluar el nivel de servicios, analizar las prácticas del servicio de recolección y evaluar la satisfacción de los ciudadanos con el servicio prestado. Con este estudio se identificó que la mayoría de los desechos fueron orgánicos (65.1%), los residuos reciclables (plástico, papel y cartón) constituyeron un 16,7%. Se identificó que los ciudadanos en un 64% estaban dispuestos a trabajar en acciones para un servicio más sustentable

incluidas pláticas de manejo de RSU y que el 29% de la población recupera los residuos orgánicos para composta o alimento de animales. El 2.6% de la población total del distrito de Nablus no contaba con servicio de recolección. El gasto anual per cápita para el servicio fue de 19.7 dólares, identificando que contaban con 240 miembros de personal.

Chang y Dávila (2008), en el Valle del Bajo Río Grande, Texas, evaluaron el problema del manejo de residuos a lo largo de la frontera México-Estados Unidos, para lo cual realizaron una caracterización física y química de los RSU. Los resultados de la investigación indicaron que los altos porcentajes de generación de plásticos y papel implican un fuerte potencial de recuperación. Identificaron el promedio de habitantes por vivienda que fue de 6 personas, de las 1068 viviendas muestreadas identificaron que el 42% de los pobladores vivían en la ciudad, identificaron que los pobladores estaban de acuerdo con dar una cuota para el manejo de sus residuos de 4.1 dólares siendo que el ingreso promedio de los habitantes era de 906.5 dólares y que el 70% de los pobladores si estaban dispuestos a realizar una separación en la fuente de los cuales el 13% la realizaría si se les diera una retribución económica; dentro de la caracterización de los residuos se encontró que el 65.1% representó a los residuos orgánicos, el papel y cartón el 9.1% y plástico 7.6%, con respecto al volumen se identificó que el 36.2% correspondió a materia orgánica, plástico 22.6% y papel y cartón 19.2%; siendo así que los residuos potencialmente reciclables y composteables representaron el 87.5%.

Velázquez (2008), en Hannover, Alemania; realizó un análisis de la situación sobre el manejo de los RSU, identificando que la ciudad ya presenta un proyecto para regularizar y privatizar el servicio de recolección de residuos. Se identificó una recolección en 5 distintas fracciones: 1) residuos orgánicos; 2) vidrio; 3) papel; 4) plástico y aluminio; y 5) restos, (fracción en la que se depositan principalmente artículos higiénicos y cenizas). Se han leyes que fomenten el servicio y manejo adecuado de los residuos, Los servicios de recolección de residuos recuperables

son concesionados a empresas. De esto modo, la ciudad es responsable únicamente de solventar los gastos de recolección y tratamiento de los residuos biodegradables y de la fracción comprendida como restos. Los residuos biodegradables son procesados y vendidos posteriormente como abono. Las utilidades generadas son utilizadas para apoyar el servicio de limpieza y cubrir los gastos administrativos, sin embargo, la venta de estos productos no es suficiente para cubrir todos los costos generados, por lo que los ciudadanos están obligados a pagar un impuesto por la prestación del servicio.

En México los estudios de caracterización de RSU se han llevado a cabo en las ciudades de Morelia, Guadalajara, Chihuahua y Mexicali, entre otras., los resultados mostraron realidades propias de cada ciudad (Ojeda *et al.*, 2008).

Garduño *et al.* (2012), en Mexicali B.C, México; realizaron una caracterización física de RSU producidos en comercios, de los cuales se estima que contribuyen con el 22% de los residuos generados en la ciudad. Para realizar la investigación seleccionaron una ruta comercial que incluyera los comercios objeto de estudio. Los resultados mostraron que los residuos orgánicos representan el 36.8 %, los materiales reciclables como papel y cartón, plásticos, metales, vidrio, textiles, etc. representan el 56.1 %, de estos últimos el cartón corrugado aporta el 15.5 % y el polietileno de baja densidad el 10.6 % del total de los residuos.

Taboada *et al.* (2011), realizaron un análisis estadístico en la zona urbana de Ensenada y en dos comunidades rurales (San Quintín y Vicente Guerrero) de Baja California. En donde analizaron los RSU la muestra fue obtenida de los camiones recolectores durante una semana, obteniendo diariamente muestras de aproximadamente 100 kg, se clasificaron los residuos de acuerdo al procedimiento propuesto por Ojeda *et al.*, (2003); 1) reciclables orgánicos, 2) reciclables inorgánicos, y 3) no reciclables. Se desarrollaron pruebas de proporciones de los principales subproductos de las diferentes localidades. Se utilizó el programa

MINITAB® 14.1 con un intervalo de confianza del 95%, utilizándose el estadístico z de la distribución normal.

Fierro *et al.* (2010), realizaron en Mexicali, B. C. México, realizaron un análisis de los RSU producidos en centros comerciales mediante una caracterización física y aplicación de encuestas a los gerentes. Las encuestas se aplicaron a 39 sucursales y dieron como resultado que el residuo que generaba en mayor proporción era el cartón con 45 %. Con base en la caracterización que se realizó, se observó que los residuos orgánicos estaban constituidos por el 8%. Alrededor del 70% de los residuos sólidos que se producen en el área de estudio son materiales susceptibles de reciclar.

Rivera *et al.* (2012), en Teziutlán; Puebla, realizaron una caracterización física de RSU, teniendo como resultado que la materia orgánica estaba constituida por el 26 %, mientras que los residuos recuperables se constituyeron por el 24%.

En México en la década de los setenta comenzó a observarse un cambio en la composición de los RSU, debido a los procesos de industrialización, y al cambio paulatino de las costumbres de consumo, produciéndose latas, plásticos y cartones entre otros. Ante el deterioro de las condiciones ambientales, se tuvo que tomar una nueva actitud frente al manejo de los RSU, que consideraba a estos como recurso útil para obtener materia prima, para lo cual, era necesario tener un conocimiento de la naturaleza de los RSU y su posible utilización. Los programas se orientaron hacia la disminución de la generación, así como al aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos y de un manejo sanitario para los residuos no recuperables; con ello, se crearon dependencias, normas y organizaciones en pro del ambiente (Secretaría de Ecología Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico, 1999).

Para atender la problemática derivada de los RSU, el gobierno de México publicó la Ley General para la LGPGIR (2003), la cual se integró al Plan de Desarrollo. La

LGPGIR contempla un enfoque preventivo y, para lograr sus objetivos, se basa en la aplicación del principio de responsabilidad compartida pero diferenciada, de todos los sectores sociales que generan y manejan residuos. Esta ley designa a las entidades federativas y a los municipios como responsables de elaborar e instrumentar los programas locales para la prevención y GRSU y de manejo especial (Cortinas, 2003).

La LGPGIR hace énfasis en la eliminación de los tiraderos a cielo abierto y en la restricción del entierro de RSU en rellenos sanitarios, limitado sólo a aquellos residuos que no puedan beneficiarse a través de cadenas productivas, del aprovechamiento de la materia orgánica y del reciclaje. En este sentido son los gobiernos municipales los responsables de la recolección, transporte y disposición final de los residuos que se generan en casas habitación. Sin embargo, la LGPGIR contempla, por vez primera, en la regulación de los RSU, a los generadores de residuos como corresponsables de su manejo.

Para dar seguimiento al cumplimiento de metas y objetivos de programas ambientales se han usado indicadores ambientales para evaluar el desempeño de programas de manejo de residuos, basado en el análisis de los procesos desde la generación hasta su disposición final (Sartor, 2008). Los indicadores ambientales tienen como principal propósito resumir datos extensos para auxiliar en la elaboración y evaluación de políticas ambientales. Aplicando indicadores a los planes de manejo de residuos se contribuye al fomento de políticas de prevención y GRSU (SEMARNAT, 2007).

Puma *et al.* (2011); en Ensenada, B. C. México, desarrollaron un instrumento de evaluación, a través de un conjunto de indicadores integrados en un modelo, para medir la efectividad con la que operan los programas de manejo de RSU, mediante la revisión bibliográfica y la consulta con expertos en el área, teniendo como resultado la elaboración y definición de indicadores de desempeño de programas de manejo de residuos con respecto al modelo de Fuerza Motriz- Presión-Estado-

Impacto-Respuesta (FPEIR), considerando como parte del análisis al bienestar humano que está relacionado con la calidad ambiental, y el comportamiento de la sociedad y las presiones económicas que afectan al ambiente.

Otros indicadores fueron propuestos por Petrona y Guerrero (2013); en Rosario, Argentina; donde calcularon el flujo de los residuos y determinaron un conjunto de indicadores capaces de evaluar el grado de sustentabilidad ambiental urbana. Realizaron un análisis bibliográfico con el que se basaron para diseñar un modelo de análisis con base a la capacidad que presentan los indicadores de producir señales que permiten comprender y gestionar determinados procesos ambientales. Obtuvieron como resultado la propuesta de 5 indicadores: el conocimiento sobre la generación de RSU, la generación per cápita, la composición de los RSU, la superficie destinada para la disposición de RSU y el flujo lineal de los metales.

Armijo *et al.* (2012), en Ensenada, B. C. México, analizaron percepción y conocimiento que la población tiene sobre el problema con los residuos, en dos momentos, en el año 2005 y en el 2011. Para realizar el estudio se aplicó un cuestionario con 25 preguntas a una muestra representativa de la población. Se compararon los resultados obtenidos en 2005 con los de 2011 y se analizaron con base en las diferencias encontradas. Los resultados indicaron que las opiniones de los habitantes cambiaron, derivado de las iniciativas establecidas de manejo de residuos, las regulaciones establecidas en el momento del estudio y las campañas de separación de residuos promovidas.

La matriz de Leopold es un método cualitativo, preliminar y muy útil para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto. La metodología viene soportada por un cuadro de doble entrada -matriz- en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos. Las estimaciones se realizan desde un punto de vista subjetivo al no existir criterios de valoración (Conesa, 1996).

La finalidad de la matriz de identificación de impactos ambientales es poder reconocer que actividades están ejerciendo un impacto positivo o negativo frente al componente que se está evaluando.

4.1 Generación y producción per cápita de los residuos sólidos urbanos en diversos países

El Plan Nacional de RSU de España 2000-2006, estimó la producción media en 1.2 Kg/día. En comparación, países del norte de Europa, alcanzaron tasas de 1.5 a 2.5 Kg/día, en Estados Unidos se alcanzaron los 2 Kg/día, destacando las grandes ciudades con cerca de 3 Kg/día, mientras que, en zonas de América del Sur, oscilaron entre 0.4 y 0.8 Kg/día (Revista ambientum, 2003).

Hoornweg y Bhada Tata, (2012), en el informe que redactaron para el Banco Mundial sobre la revisión global del manejo de desechos sólidos, reportaron que para el año 2010 con una población de 3 mil millones se estaban generando alrededor de 1.3 mil millones de toneladas por año y se estimó que para el año 2025 la población aumentaría a 4.3 billones con una producción de alrededor de 2.2 billones de toneladas por año a nivel mundial. Mientras que para México se espera que de 2010 a 2025 se duplique la producción de RSU (Figura 2).

4.2 Generación y producción per cápita de los residuos sólidos urbanos a nivel nacional y estatal

A nivel nacional el 11% de los RSU recolectados son segregados desde la fuente generadora; en Tlaxcala este porcentaje es de 0.054% (SEMARNAT, 2012).

En el Estado de Tlaxcala se recolectan 743 toneladas de RSU al día, provenientes de viviendas, áreas públicas y privadas, que representan 1% de la recolección nacional. A pesar de que todos los municipios cuentan con los servicios de recolección y disposición final de residuos, en ninguno de ellos dan tratamiento a

sus desechos. A pesar de que la recolección promedio diaria por habitante a nivel estatal es menor a un kg (645 gr), el per cápita por municipio presenta variaciones (SEMARNAT, 2012).

En Tlaxcala, existen 4 sitios para la disposición final de los RSU; 3 de éstos son tiraderos a cielo abierto y 1 es relleno sanitario que reduce los riesgos ambientales de los desechos generados en la entidad (CGE, 2013). Estos 4 sitios de disposición final están llegando a su límite (se estima una vida útil no mayor a 5 años) por la falta de gestión, ya que la mayoría de los RSU son vertidos sin una previa segregación, por lo que si se realizara una adecuada gestión se disminuirían las cantidades vertidas por día, y se produciría un apoyo económico para los municipios al reintegrar los residuos a la industria como materia prima (Schejtman y Cellucci, 2005) Apizaco registró una recolección promedio diaria de 65 toneladas de RSU (SEMARNAT, 2012).

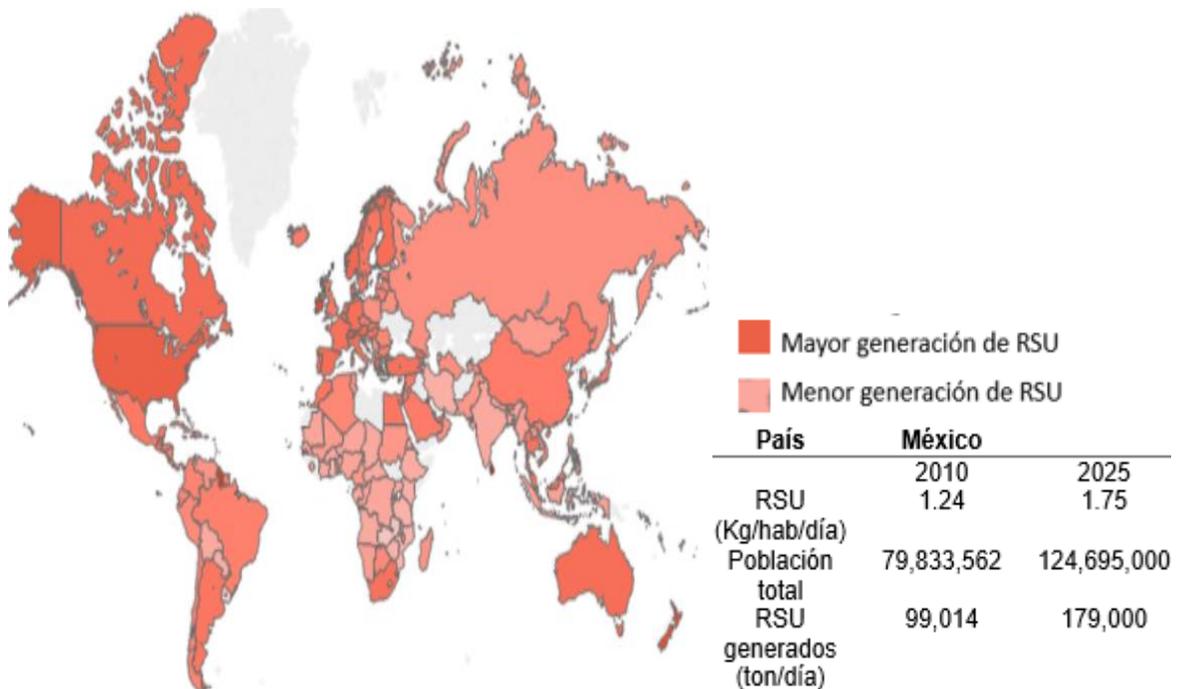


Figura 2. Mapa mundial de la generación de RSU y generación de RSU en México 2010-2025 (Prieto, 2013).

V. JUSTIFICACIÓN

Uno de los mayores problemas que enfrenta el planeta es la generación desmedida de RSU los cuales, por falta de información y difusión en su mayoría son depositados en rellenos sanitarios sin un previo tratamiento, donde se mezclan y se van descomponiendo lentamente, lo que sumado al vertimiento a tiraderos clandestinos y cuerpos de agua genera una gran contaminación ambiental. México presenta un déficit en investigación y tecnología para la GIRSU.

Fueron 5 los municipios en el estado de Tlaxcala que generaran la mayor cantidad de RSU, estando Apizaco en el tercer lugar (Figura 3) (SEMARNAT, 2010).

Dicho municipio requiere de una alternativa de solución basada en un estudio que le permita gestionar los RSU para su disposición final con propuestas concretas y sostenibles en el tiempo, por lo que es necesario evaluar el nivel de gestión de los residuos, así como de los parámetros físicos, generando datos que permitan establecer diagnósticos acertados y diseñar un programa de gestión adecuada a las necesidades y características de la zona.

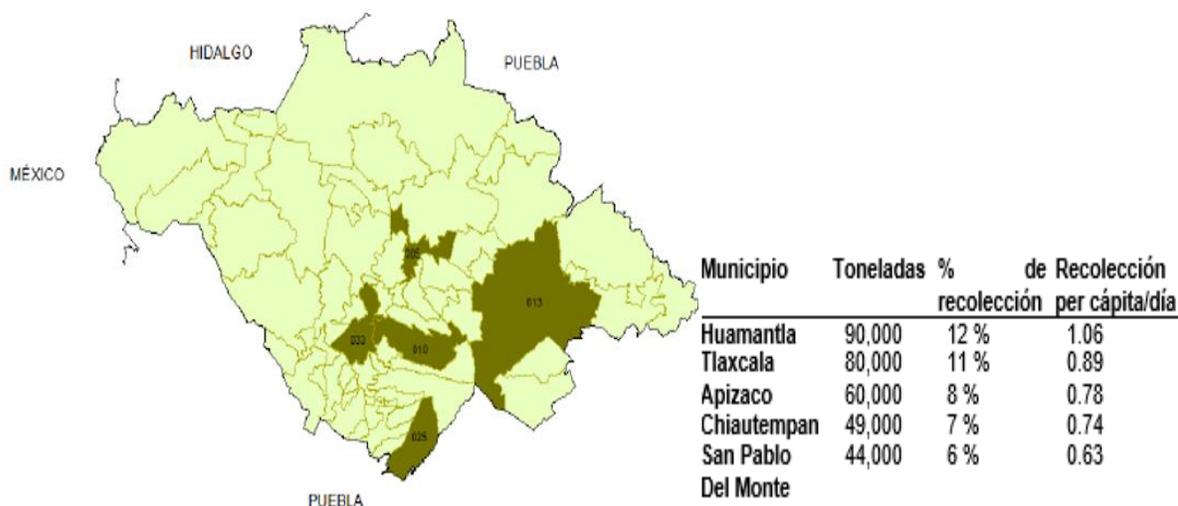


Figura 3. Municipios con mayor recolección de RSU diaria. SEMARNAT (2010).

Con base a lo descrito anteriormente, surge el siguiente problema:

¿Cuál es el nivel de gestión de los RSU generados en la cabecera del municipio de Apizaco, que tipo de residuos son producidos en esta zona de estudio y cuál podría ser su adecuado manejo y tratamiento?

VI. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las condiciones actuales de los procesos de separación en la fuente, rutas de recolección, proceso de recolección, caracterización física y evaluación del impacto ambiental de los RSU en Apizaco.

Objetivos específicos

- Evaluar la separación de los RSU aplicando encuestas a los usuarios del servicio de recolección.
- Caracterizar físicamente los RSU generados en Apizaco.
- Conocer, analizar y describir la dinámica en la recolección de residuos mediante el acompañamiento del personal y SIG.
- Realizar análisis de evaluación de impacto ambiental de la gestión de RSU en Apizaco utilizando la matriz de Leopold y evaluar la eficiencia de la gestión de RSU en Apizaco.

VII. HIPÓTESIS

El manejo eficiente de los RSU disminuirá el impacto ambiental, mejorará la imagen, así como la economía del municipio e influirá positivamente la salud pública.

VIII. METODOLOGÍA

Apizaco se posiciona en primer lugar como municipio comercial en Tlaxcala, presenta un nivel elevado de producción de residuos, de los cuales el 99.5% no son gestionados adecuadamente. Los residuos que se recolectan diariamente son únicamente trasladados al relleno sanitario del ejido de Morelos, Apizaco (INEGI, 2010).

8.1 Descripción del municipio de Apizaco

La descripción del municipio de Apizaco que a continuación se presenta, está basada en un documento publicado por INAFED, (2010).

Aspectos geográficos

El municipio de Apizaco se encuentra ubicado en el Altiplano central mexicano a 2 380 msnm, se sitúa en el eje de coordenadas geográficas entre los 19° 25' latitud norte y 98° 08' longitud oeste (Figura 4).



Figura 4. Ubicación geográfica del área de estudio (INAFED, 2010).

Se localiza en el centro del estado, colinda al norte con el municipio de Tetla de la Solidaridad, al sur con el municipio de Santa Cruz Tlaxcala, al oriente con el municipio de Xaloztoc y al poniente con el municipio de Yauhquemehcan.

De acuerdo con la información del INEGI, el municipio de Apizaco comprende una superficie de 43.46 km², lo que representa el 1.09 % del total del territorio estatal, el cual asciende a 3,991.14 km².

Clima

En el municipio el clima se considera templado subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de mayo a septiembre y parte de octubre, los meses más calurosos son de marzo a mayo. La dirección de los vientos en general es de norte a sur. Igualmente, la temperatura promedio máxima anual registrada es de 22.6 °C y la mínima es de 4.7 °C. La precipitación promedio máxima registrada es de 156.5 milímetros y la mínima es de 8.1 milímetros.

Hidrografía

Cuenta con cuatro ríos que cruzan el territorio del municipio: El río Zahuapan, con un recorrido de norte a sur y una distancia de 4.5 km. El río Texcalac, recorre el municipio de oriente a poniente con una distancia de 2 km. El río Atenco cuyo nacimiento se da en el municipio de Tetla, atraviesa el municipio desde la parte norte hasta vincularse con el río Texcalac, y con un recorrido de 6.5 km. El río Apizaco surge de la unión de los ríos Texcalac y Atenco, continúa su curso hacia la parte sur del municipio, con un recorrido aproximado de 4.3 km. Además, cuenta con un manantial que da origen a la laguna de Apizaquito, ubicada en la parte norte del municipio, y como afluente da mayor caudal al río Texcalac.

Población

Los procesos de poblamiento son resultado de la dinámica demográfica que experimenta la comunidad. De acuerdo con datos de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, la población del municipio de Apizaco fue de 78 624 habitantes, lo que representa el 6.2 % de la población total del estado que fue de 1 272 847 habitantes.

Actividades económicas

Agricultura

Durante el ciclo agrícola 2015 el municipio contó con una superficie total sembrada de cultivos cíclicos de 4 151.9 hectáreas de las cuales, 2 466.6 fueron de maíz, 544.5 de avena para forraje, 735 de trigo, 205 de maíz forrajero, 95 de avena grano. Respecto a los cultivos perennes se sembraron 84 hectáreas de alfalfa verde, 100 de pastos, 40 de maguey pulquero y 3 de manzana.

Ganadería

Para el año 2015 se registró una producción de 2 171 toneladas de ganado bovino en pie, 430 toneladas de ganado porcino en pie, 16 toneladas de caprino en pie, 167 toneladas de ganado ovino en pie, 2 toneladas de aves en pie y 9 toneladas de guajolotes en pie.

Pesca

En el municipio de Apizaco, durante el año del 2014 se logró una captura de 840 kilogramos de pescado correspondiendo a carpa barrigona. La pesca se realizó en un estanque y un jagüey.

Comercio

Derivado de los rápidos procesos de industrialización, urbanización y crecimiento poblacional, se han incrementado en el municipio las unidades de comercio y abasto.

Para el año 2015 en el municipio se contabilizaron dos mercados municipales, 10 tiendas departamentales, 6 centros comerciales, una tienda institucional, un rastro municipal, dos distribuidoras de gas y tres tianguis de 100 y más oferentes en el cual se realiza el intercambio comercial.

De acuerdo con el sistema de apoyo de abasto social por medio de DICONSA, se tiene un total de 6 tiendas que dan cobertura a igual número de localidades a un total de 72 674 personas beneficiadas. Por otra parte, LICONSA cuenta con 6 centros de distribución de leche líquida y dos centros de distribución de leche en polvo que dan cobertura a igual número de localidades, atendiendo a 2 842 familias, 2 899 menores de 12 años, 1 328 de la tercera edad, así como también, a 709 mujeres de 45 a 59 años de edad, 343 mujeres adolescentes, 77 enfermos crónicos 19 mujeres lactantes y 11 mujeres embarazadas. Anualmente la dotación es de 1 041 024 litros de leche líquida y en polvo.

De acuerdo con el Censo Económico 2014 del INEGI, en 2013 se contaba en el municipio con un total de 3 126 unidades comerciales que proporcionaban empleo a un total de 7 935 trabajadores.

Industria

El municipio de Apizaco, cuenta con infraestructura dentro del sector industrial, para el año 2015, ésta contaba con 5 establecimientos dedicados a las ramas de bebidas, papelería, plástico, así como de alimentos entre otras con un total de 582 trabajadores.

Dada la complejidad del municipio de Apizaco, el área de estudio de este trabajo consideró solamente a la comunidad, también conocida como cabecera municipal, de Apizaco.

8.2 Métodos

En la (Figura 5) se representan las etapas del método empleado para dar cumplimiento a los objetivos planteados de evaluación de la gestión de RSU.



Figura 5. Diagrama de actividades para evaluación de GRSU en la zona conurbada de Apizaco.

8.2.1 Primera etapa: Análisis de la GIRSU

En esta etapa se llevó a cabo una revisión documental del marco normativo de la GIRSU y entrevistas estructuradas a la población.

Revisión documental

Se realizó una revisión bibliográfica en portales oficiales del Estado de Tlaxcala, teniendo como documento base la publicación del PGIRS se hizo un análisis de los marcos jurídico-normativo, institucional y financiero.

Se llevó a cabo una gestión administrativa a la Presidencia Municipal del H. Ayuntamiento de Apizaco y encargados de las áreas correspondientes al manejo y costos de RSU. Con esta gestión se concretaron reuniones de trabajo; para la obtención de información de las direcciones de: obras públicas, servicios municipales, ecología e industria y comercio (rutas, personal, vehículos disponibles, cantidad de residuos recolectados por día, costos, giros de los negocios establecidos en la zona de estudio, planos de Apizaco y sus localidades, etc.)

En relación a los marcos jurídico-normativos se revisó la estructura normativa federal, estatal y municipal en el portal electrónico de la Coordinación General de Ecología del estado de Tlaxcala (CGE, 2018), para identificar como se encuentra constituida y regida la legislación en relación a los RSU y con ello poder evaluar el cumplimiento de la normativa a nivel municipal.

Del marco institucional se hizo una revisión de las políticas y acciones concernientes a planes y programas del manejo de RSU que lleva a cabo el H. Ayuntamiento de Apizaco. Esta actividad se ejecutó mediante la revisión de la información proporcionada por personal de servicios municipales.

En relación al marco financiero, se llevó a cabo la revisión del presupuesto para la operación del servicio de recolección de RSU brindado por servicios municipales, así como las tarifas de cobro. Esta información fue proporcionada por el área encargada de industria y comercio del Ayuntamiento de Apizaco.

Entrevistas estructuradas

Para identificar la importancia de la participación de los ciudadanos en el manejo de los RSU, se llevó a cabo una entrevista estructurada a pobladores de Apizaco, para lo cual, se reestructuró la entrevista propuesta por la NMX-AA-061-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales – Determinación de la Generación (DOF, 1985), (Anexo 1).

Para obtener el tamaño de la población a aplicar la entrevista se utilizó la Ecuación 1, brindada por la NMX-AA-061-1985 (DOF, 1985). Con esta entrevista se recabaron datos como la percepción de los pobladores con respecto a la calidad del servicio de limpieza brindado por servicios municipales, identificación de los responsables del manejo de los residuos en las viviendas o negocios, así como el número de habitantes o empleados, usos que les dan a los residuos, etc.

$$n = \frac{Z^2 pqN}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Ecuación 1

Donde:

N= Es el tamaño de la población o universo.

Z= Nivel de confianza.

P= Proporción de individuos que poseen en la población, característica de estudio.

q= proporción de individuos que no poseen esa característica.

E= Error.

n= Tamaño de la muestra a muestrear.

El nivel de confianza: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza es la probabilidad de que los resultados de la muestra sean ciertos.

El error muestral: es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

Para los valores de p y q: se tiene un valor estándar de 0.5 cuando este dato se desconoce.

8.2.2 Segunda etapa: Diagnóstico del manejo de RSU

Caracterización física por medio de muestreos

Para conocer el tipo, volumen y cantidad de residuos que se producen y recolectan diariamente, se realizaron diversos muestreos utilizando las Normas de Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales, las cuales se agrupan en las siguientes normas técnicas mexicanas:

- **NMX-AA-061-1985.** En relación a la Determinación de la Generación. (DOF, 1985).
- **NMX-AA-022-1985.** En relación a la Selección y Cuantificación de Subproductos (DOF, 1985).
- **NMX-AA-019-1985.** Para determinar el Peso Volumétrico “In Situ” (DOF, 1985).

Existen diversos tipos de muestreos los cuales son:

- Muestreo probabilístico.
- Muestreo aleatorio simple.
- Muestreo aleatorio sistemático.
- Muestreo aleatorio por conglomerados.

Para este caso de estudio se utilizó el muestreo aleatorio, ya que este tiene variabilidad de población. Una vez obtenido el tamaño de población muestra, por

medio del muestreo aleatorio se seleccionaron las áreas a muestrear, se realizó un recorrido para conocer las viviendas que se encontraban habitadas y las que no, y se identificaron en un plano por medio de los SIG (Sistemas de Información Geográfica).

Posteriormente ya seleccionadas las viviendas aleatoriamente se llevó a cabo una visita a los domicilios seleccionados para hablar con los habitantes sobre el proyecto y pedir su autorización y participación para realizar el muestreo en sus viviendas, explicándoles en que consistía el proyecto, el período de muestreo y los horarios, de igual forma en esta primera visita se realizó la encuesta mencionada en la primera etapa.

Determinación de la generación de residuos sólidos domiciliarios

La recolección de los residuos sólidos en las viviendas y negocios se realizó en un periodo de ocho días de forma diaria como lo indica la NMX-AA-61-1985 (DOF, 1985), para la determinación de la generación durante tres meses. Los residuos se recolectaron de manera consecutiva en un periodo de ocho días, cada mes. Se les brindó a los pobladores una bolsa de polietileno transparente de 90 x 60 cm nueva diariamente, para que ahí depositaran sus residuos. Se identificaron las viviendas dándoles una numeración consecutiva partiendo del 1 en adelante de acuerdo al orden de recorrido, así mismo se marcaron cada una de las bolsas para los residuos de las viviendas muestreadas con su número correspondiente. Con base en el formato de llenado de los datos obtenidos cada día, propuesto por la NMX-AA-61-1985 (DOF, 1985), se recabaron los datos de cada día de cada una de las muestras, para lo cual, después de recolectar los residuos de cada una de las viviendas y establecimientos, se procedió a trasladarnos a un sitio cerrado donde se procesaron todas las muestras. Muestra por muestra se pesaron cada una de las bolsas y registraron en la cedula para cada día del muestreo (Anexo 2).

Determinación del peso volumétrico

La determinación del peso volumétrico se realizó con base a lo que dicta la NMX-AA-019-1985 (DOF, 1985). Una vez obtenidos los pesos de cada una de las muestras recolectadas en las viviendas y establecimientos, como lo indica la NMX-AA-61-1985 (DOF, 1985), se procedió a homogenizar los residuos para poder obtener el peso volumétrico, para lo cual; se vertieron todos los residuos sobre una superficie plana y se homogenizaron con el apoyo de palas, una vez hecho esto, se procedió al llenado de un tambo con los residuos. Para este estudio, se utilizó un recipiente con capacidad de 200 L (0.2m³).

El recipiente fue pesado previamente, sin ningún residuo, para conocer su peso, una vez obtenido el peso del recipiente se prosiguió a llenarlo con los residuos, al llegar a su capacidad limite se tomó y se dejó caer de una altura de aproximadamente 10 cm, para volverlo a llenar, una vez lleno el recipiente se prosiguió a pesarlo y anotar los datos en la cedula de registro correspondiente proporcionada por la NMX-AA-019-1985 (DOF, 1985), este proceso se realizó diariamente con las muestras obtenidas (Anexo 3).

Selección y cuantificación de subproductos

La segregación de los subproductos se realizó con base en la NMX-AA-022-1985. (DOF, 1985), para caracterizar los RSU.

Una vez realizados los procedimientos de las normas NMX-AA-61-1985 (DOF, 1985), y NMX-AA-019-1985 (DOF, 1985), se procedió a la segregación de los RSU de cada una de las muestras obtenidas durante cada uno de los días, dichos residuos se clasificaron según sus características físicas, para conocer la cantidad y el tipo de residuos que se generan en la localidad, dentro de esta segregación identificamos materia orgánica, residuos recuperables como son papel, plásticos, vidrio, cartón, aluminio etc., residuos no recuperables, residuos electrónicos y

residuos peligrosos (RP). Una vez clasificados todos los residuos, se prosiguió a pesar cada uno de ellos siendo reportados en la cedula de registro proporcionada por la NMX-AA-022-1985 (DOF, 1985), (Anexo 4).

Analisis estadístico

Una vez obtenidos todos los resultados de cada uno de los días de muestreo se procedió a realizar el análisis estadístico correspondiente, para lo cual la NMX-061-1985 (DOF, 1985), indica los análisis que se deben realizar a los datos obtenidos de la recolección de los residuos.

Primero, el peso obtenido de los residuos de cada punto muestreado se dividió entre el número de habitantes y de esta forma se obtuvieron ocho datos de generación per cápita por día, posteriormente se obtuvo un promedio por cada vivienda muestreada.

Para obtener el porcentaje del peso de cada uno de los productos que se obtuvieron de la separación de los residuos, se utilizó la ecuación 2, determinada por la NMX-AA-022-1985 (DOF, 1985).

$$P_s = \frac{G_1}{G} \times 100$$

Ecuación 2

Donde:

P_s = Porcentaje del subproducto considerado

G_1 = Peso del subproducto considerado en Kg, descontando el peso de la bolsa empleada.

G = Peso total de la muestra (mínimo 50 kg).

El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes, debe ser como mínimo el 98% del peso total de la muestra (G). En caso contrario, se debe repetir la determinación.

Para el cálculo del peso volumétrico de los RSU se empleó la ecuación 3 propuesta por la NMX-AA-019-1985 (DOF, 1985).

$$P_v = \frac{P}{V}$$

Ecuación 3

Donde:

P_v = Peso volumétrico del residuo sólido en Kg/m³.

p = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en Kg.

V = Volumen del recipiente, en m³.

A los resultados de las encuestas se les aplicó estadística descriptiva básica y elaboración de gráficas.

Mediante el programa STATISTICA se realizó un análisis de comparación de medias entre los 3 periodos de muestreo considerados como A, B y C para conocer con mayor certidumbre si existe realmente diferencia significativa entre diferentes periodos y posteriormente realizar la distribución con una cola considerando las siguientes hipótesis:

$$H_0 = p \geq 0.05$$

$$H_a = p < 0.05$$

8.2.3 Tercera etapa: Caracterización de rutas de recolección

Para conocer y analizar la dinámica en la recolección de residuos, así como realizar la descripción de rutas de recolección mediante SIG se realizó un acompañamiento en el servicio de recolección, el cual consistió viajar diariamente en las unidades recolectoras cubriendo cada día con una ruta de la comunidad de Apizaco, registrando las zonas por las que pasa, paradas que realiza, tiempo desde que inicia hasta que termina el servicio de recolección, así como el tiempo promedio de espera en cada punto de recolección, personal a bordo de la unidad así como el gasto y rendimiento de combustible.

La evaluación y seguimiento de rutas se realizó dos veces, la primera se presentó en el mes de octubre de 2017 y la segunda en el mes de febrero de 2018. Con ayuda del software QGIS que es un sistema de información geográfica, se procedió a trazar las rutas para medir distancias recorridas, identificar zonas donde no se brinda el servicio, déficits del servicio y con base al primer seguimiento de rutas realizado en octubre se identificaron y trazaron los puntos de muestreo para la recolección de residuos.

8.2.4 Cuarta etapa: Evaluación de impacto ambiental y gestión de RSU

Identificación y evaluación de impactos ambientales

Una vez concluidos los muestreos y el seguimiento de rutas del servicio de recolección se procedió a analizar los resultados del muestreo, y por medio de las observaciones realizadas se llevó a cabo una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) mediante la aplicación de la matriz de Leopold para identificar los impactos en sus diferentes fases.

Para la realización de la matriz de Leopold se toman en cuenta los componentes ambientales atmósfera, geósfera, hidrósfera, biosfera, paisaje y antropósfera,

dentro de estos componentes se seleccionan los indicadores ambientales a evaluar en las fases de manejo de residuos sólidos, generación, separación, almacenamiento, recolección y transporte.

Después de obtener la información de la matriz de Leopold para la identificación de impacto ambientales, se realiza la matriz de significancia de esos impactos; donde se ubicarán todos los impactos positivos y negativos hallados y con ello conocer la importancia a partir de la ecuación 4:

$$IMP = +/- (3I + 2 Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Mc)$$

Ecuación 4

Donde:

Signo del impacto; se refiere al carácter beneficioso (+), perjudicial (-) o previsible, pero de difícil análisis sin estudios específicos (x) de las acciones del proyecto sobre los factores que se consideran.

Intensidad del impacto (I); hace referencia al grado de incidencia de la acción sobre el factor considerado.

Baja=1

Media=2

Alta=4

Muy alta=8

Extensión del impacto (Ex); se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación al entorno de la actividad (se puede representar por el % de área del ámbito considerado en la que se manifiesta el efecto).

Puntual =1

Parcial =2

Extenso =4

Si el efecto se produce en una zona crítica, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondiera.

Momento o plazo de manifestación del impacto (Mo); se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio ambiente considerado.

Inmediato (T=0) =4

Corto plazo (<1 año) =4

Mediano Plazo (1-5 años) =2

Largo Plazo (>5 años) =1

Persistencia del impacto (Pe); se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

Fugaz (PE<1 año) =1

Temporal (1 a 10 años) =2

Permanente (>10 años) =4

Reversibilidad del impacto (Rv); se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción acometida, esto es, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez la acción deja de actuar sobre el medio.

Corto plazo (<1) =1

Mediano Plazo (1 – 10) =2

Irreversible (>10) =4

Sinergia del impacto (Si); se refiere al reforzamiento de dos o más efectos simples, siendo la componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que la producen actuaran de manera independiente.

No sinérgico=1

Sinergismo moderado=2

Altamente sinérgico=4

Acumulación del impacto (Ac); da idea del crecimiento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

No acumulativo=1

Acumulativos=4

Efecto del impacto (Ef); se refiere a la relación causa efecto, es decir a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción.

Primario o directo=4

Secundario=1

Periodicidad del impacto (Pr); hace referencia a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de forma cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo).

Impredecible=1

Cíclico o recurrente=2

Constante en el tiempo= 4

Recuperabilidad del impacto (Mc); es la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la actividad desarrollada, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medio de la intervención humana, por ejemplo, introduciendo medidas correctoras.

Totalmente recuperable: Inmediatamente=1

A mediano Plazo=2

Parcialmente recuperable=4

Irrecuperable=8

Calificación de los impactos

Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales por medio de la ecuación 4 se procedió a realizar la calificación de los impactos de acuerdo a los siguientes puntajes presentados en la (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de calificación de la significancia de los impactos ambientales.

Significancia del impacto	Puntos obtenidos	Color
Alto	100-51	rojo
Medio	50-33	Amarillo
Bajo	32-0	Verde

Evaluación de la eficiencia de la gestión de RSU

Con base a la revisión bibliográfica de diversas publicaciones nacionales e internacionales de indicadores y parámetros para la evaluación de la gestión de RSU se tomaron como referencia los indicadores que son clave para conocer las características de la ciudad en cuanto a su sistema de limpia: la cantidad de residuos generados en la ciudad, la cantidad de residuos recolectados y la cantidad de basura no dispuesta en rellenos sanitarios.

- Generación de basura per cápita.
- Basura no dispuesta en rellenos sanitarios.

- Cobertura del servicio público de limpia.
- Habitantes atendidos por el servicio público de limpia.
- Habitantes que no reciben servicio de limpia municipal.
- Importancia de la limpieza pública (presupuesto limpia/presupuesto total).
- Presupuesto por habitante.
- Costo del servicio de limpia (recolección y disposición final).
- Satisfacción ciudadana.
- Compromiso ambiental.
- Promedio de número de empleados por vehículo.
- Total de toneladas recolectadas en relación a la capacidad total del vehículo.
- Porcentaje de material recuperable recolectado (inorgánicos/orgánicos).
- Porcentaje de vehículos en operación en relación al total de vehículos.
- Costo promedio por tonelada (\$/Ton).
- Porcentaje de personas que no están conformes con el sistema de limpia.
- Total de toneladas colectadas en relación a las generadas (en %).
- Porcentaje total de casas que separan sus residuos en relación al total de casas.
- Porcentaje de la población dispuesta a participar en la separación de los residuos vs total de la población (encuesta).
- Composición de residuos colectados en %.

Con base a ello se consideró la clasificación de los indicadores; básicos, intermedios y avanzados propuesta por Cavallin *et al*, 2016 (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de indicadores por grado de avance de la gestión.

Clasificación de indicadores por grado de avance de la gestión	
Básicos	Cualquier municipio con un sistema de recolección de RSU podría medirlo
Intermedios	Municipios con algún tipo de recuperación frecuente de materiales reciclables
Avanzados	Municipios con recuperación, tratamiento y venta de materiales reciclables

XI. RESULTADOS

9.1 Primera etapa: Análisis de la GIRSU

Resultado de la revisión documental del municipio

Los marcos normativo – jurídicos por los que se rige el municipio de Apizaco son la LEGEEPA, (1987) y la LGPGIR, (2003). Apizaco cuenta con un Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Apizaco (2009), más sin embargo, aun cuando el objetivo de este reglamento es proteger el ambiente y los recursos naturales dando cumplimiento a la incorporación ambiental en su plan de desarrollo, el periodo gubernamental vigente y los que le han precedido han mostrado déficit en el cumplimiento y aplicación de dicho reglamento, teniendo como consecuencia que no se lleven a cabo las medidas legales correspondientes por parte del H. Ayuntamiento y no se respete el reglamento por parte de la ciudadanía, presentando con ello un déficit en la calidad ambiental del municipio.

Dentro del marco institucional, a nivel local, el H. Ayuntamiento de Apizaco es el responsable de brindar el servicio de recolección, siendo la dirección de servicios municipales la responsable de la prestación del servicio de recolección, transporte, barrido en calles principales y traslado de los RSU al sitio de disposición final. El servicio de recolección cubre las siete localidades por las que está constituido el municipio, dentro de la localidad de Apizaco el servicio se encuentra dividido en ocho rutas, de las cuales cuatro cubren la zona céntrica y cuatro brindan servicio a las orillas, dando así servicio continuo a la cabecera municipal, el cual se realiza de lunes a sábado y en la parte centro de lunes a domingo, con dos turnos de recolección, de 7 am a 1 pm y de 2 pm a 7 pm. Mientras que en el resto de las localidades se realiza el servicio cada tres días con un horario de 7 am a 4 pm.

La LGPGIR (2003), establece que las autoridades de los tres órdenes de gobierno, deben integrar un Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos.

Apizaco no cuenta con sistemas de información sobre el tema de RSU. No existe ninguna base de datos sobre medio ambiente y de manera específica sobre el tema de RSU en el municipio.

Con respecto al marco financiero, para el año 2017 el servicio de recolección dirigido por la dirección de servicios municipales contó con un presupuesto de \$7,970,000.00, del cual, se destinó \$4,920,000.00 para pagos de personal, \$2,450,000.00 para combustible del parque vehicular, el cual está constituido por 14 unidades. \$600,000.00 para mantenimiento de vehículos, mientras que el ingreso para el municipio de Apizaco en el año 2017 fue de \$168,337,428.92, actualmente se tiene un acuerdo con el relleno sanitario de Morelos, donde se vierten los residuos de Apizaco, para no pagar ninguna cuota por el vertimiento y disposición final de los residuos.

El parque vehicular está constituido por siete camiones compactadores con capacidad de aproximadamente 7 toneladas, una caja compactadora para tractocamión con capacidad de 25 Toneladas, tres camiones tipo volteo con capacidad de 3 toneladas, un camión de volteo con capacidad de 10 toneladas, una camioneta de redilas con capacidad de 3 toneladas y un auto compacto (matiz) el cual se utiliza para supervisión del servicio.

En 2017 se contaba con una cuadrilla de 89 personas para laborar en toda la dirección de servicios municipales, de los cuales, el área del servicio de limpia se constituía por 64 trabajadores distribuidos en 3 turnos.

Los trabajadores de esta dirección no cuentan con algún tipo de capacitación para el manejo adecuado y segregación de residuos, por lo que no se da ningún tipo de aprovechamiento a los residuos y todos, son vertidos directamente al relleno sanitario.

El servicio de recolección en Apizaco, se realiza a través de:

- Aseo y barrido de calles, avenidas y parques públicos.
- Recolección de basura
- Definición de rutas y tiempos de recolección

Tabla 4. Giros y cantidad de negocios por giro identificados en el municipio de Apizaco.

Giro	No.
Alimento para mascotas, inmobiliaria, juguetería, librería, telas, confección de ropa, transporte, alquiladora, pulquería, imprenta, pizzería, cremería	1
Alquiler de automóviles, carpintería, aserradero, maderería, salón de eventos, máquinas de coser, bordados, chiles secos, agroquímicos, plásticos, naturista, lectura de cartas, esoterismo	2
Venta de ropa interior, abarrotes, cine, agencia de publicidad, agencia de viajes, seguridad industrial, cerrajería, pollería, gasera, reparadora de calzado, maquinaria, molino	3
Compra venta de autos y motos, grúas, verdulería, funeraria, comunicación, mensajería	4
Asesoría contable y jurídica, notaria, constructora	5
Azulejo y muebles para baño, dulcería, mantenimiento de equipos	6
Deportes, acondicionamiento físico, bisutería, perfumería, regalos y novedades, peletería, artículos del hogar, mueblería, estacionamiento, oficinas	7
Billar, lavado de autos, neumáticos, rines y accesorios	8
Bazar, café- internet, copiadora, papelería, accesorios de computo, casa de empeño	9
Venta de ropa exterior Bodega, almacén Perfumería	10
Pinturas, hojalatería y pintura	11
Óptica, oftalmología, cafetería, pastelería	13
Panadería, centro de acopio de residuos, lavandería, tintorería	14
Purificadora de agua	15
Carnicería	16
Zapatería	17
Banco, financiera	18
Balconería, aluminio, y vidrio	19
Centro de apoyo a adicciones, material de construcción	21
Bar, taller mecánico automotriz	22
Hotel, motel, tlapalería, ferretería, eléctrica, eventos sociales	23
Tortillería	27
Baños públicos	37
Escuela, academia de belleza, estética, barbería	49
Veterinaria	50
Farmacia, accesorios médicos	52
Tiendas de conveniencia	57
Telefonía	63
Combustibles y lubricantes, refaccionarias y gasolineras	69
Consultorio médico, hospital, laboratorios	125
Alimentos (fonda, restaurante, comida corrida, antojitos, torería, rosticerías)	158
Abarrotes vinos y licores, cervezas	162

Apizaco, en 2017 contaba con 1474 establecimientos registrados e identificados por parte de las autoridades municipales, de los cuales 638 de estos establecimientos

eran de servicios y 836 de comercios. El municipio presenta una gran variedad de giros, teniendo hasta el momento 90 giros identificados (Tabla 4).

Para 2017, el sistema de barrido de la ciudad atendió a 14,692 habitantes que representaban a los habitantes del primer cuadro y de vialidades de elevado aforo donde el municipio se encarga completamente de la limpieza. En estos espacios se recolecta al año un estimado de 548 toneladas de desechos, sin contar mercados y tianguis.

Entrevistas estructuradas

Con base a la Ecuación 1 se procedió a realizar el cálculo de la población representativa para realizar el muestreo de este caso de estudio, utilizando los valores presentados en la Tabla 5.

$$n = \frac{Z^2 pqN}{NE^2 + Z^2 pq} \qquad \text{Ecuación 1}$$

Tabla 5. Valores para obtención de población representativa a muestrear

N=	400	Universo poblacional
Z=	1.96	95% confiabilidad
p=	0.5	
q=	0.5	
E=	0.05	Error
n=	198	Casas a muestrear

El valor que obtuvimos para la población a muestrear fue de 198 viviendas por lo que se obtuvieron 208 viviendas para este estudio. De las encuestas realizadas a la población se obtuvo que en promedio por vivienda habitan 4.4 personas incluyendo niños y adultos. En cuanto a el almacenamiento de residuos en la fuente, esta se realiza principalmente en bolsas de plástico (Figura 6).

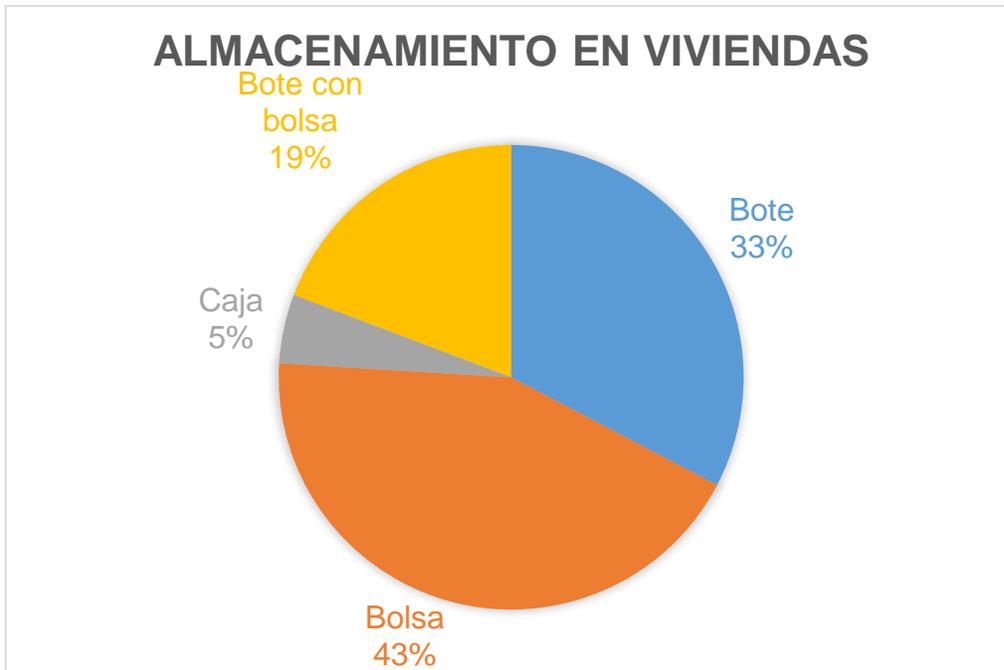


Figura 6. Almacenamiento de residuos en la fuente en la población muestra.

De acuerdo a la frecuencia con la que pasa el camión recolector del servicio público en la zona de estudio, se reporta un servicio de recolección diario en la mitad de la población muestra (Figura 7).

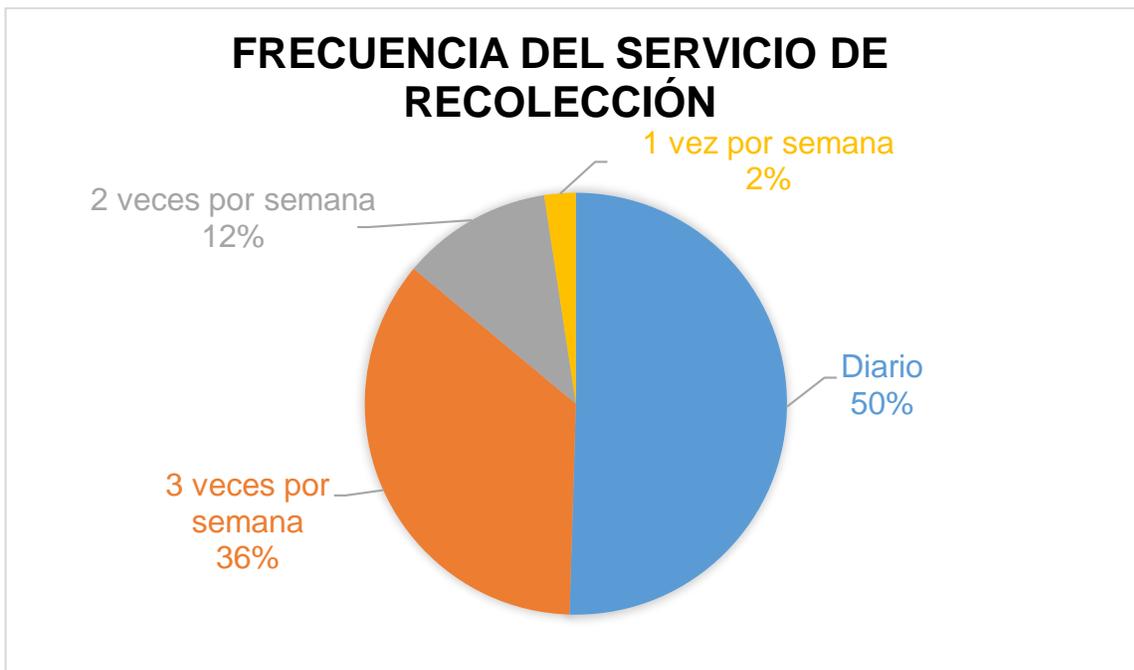


Figura 7. Frecuencia del servicio público de recolección de residuos en la población muestra.

En cuestión al manejo que le dan desde la fuente a los RSU con respecto a si reciclan o no reciclan y que es lo que reciclan se obtuvieron las Figuras 8 y 9.



Figura 8. Manejo en la fuente de los residuos en la población muestra.

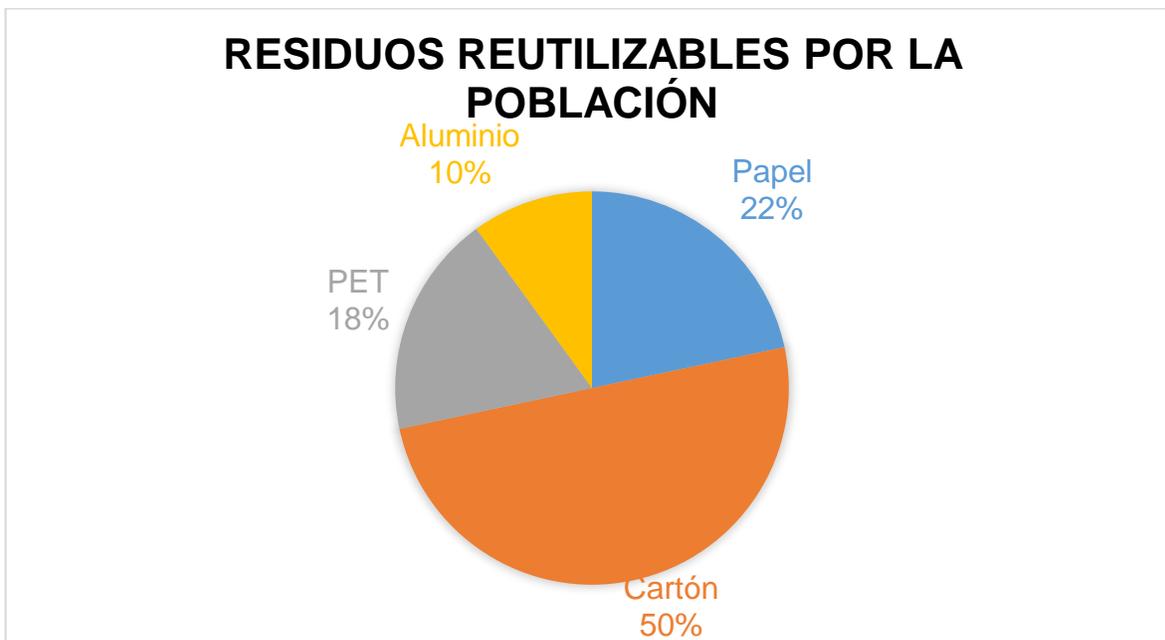


Figura 9. Separación en la fuente de los RSU en la población muestra.

El 78% de la población utiliza el servicio público de recolección de residuos de manera constante para el vertimiento de estos, pero si el camión no pasa el día

correspondiente algunos pobladores entregan sus residuos a servicios privados o los van a verter directamente a servicios municipales (Figuras 10 y 11).

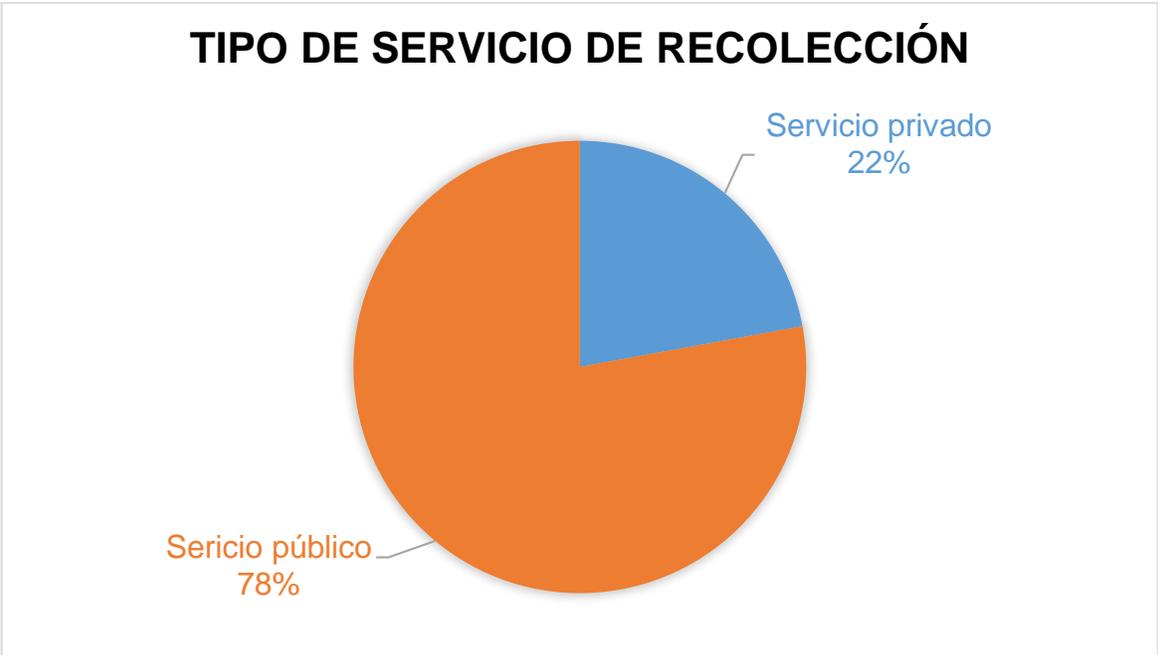


Figura 10. Servicios de recolección utilizados con frecuencia para el vertimiento de residuos de la población muestra.

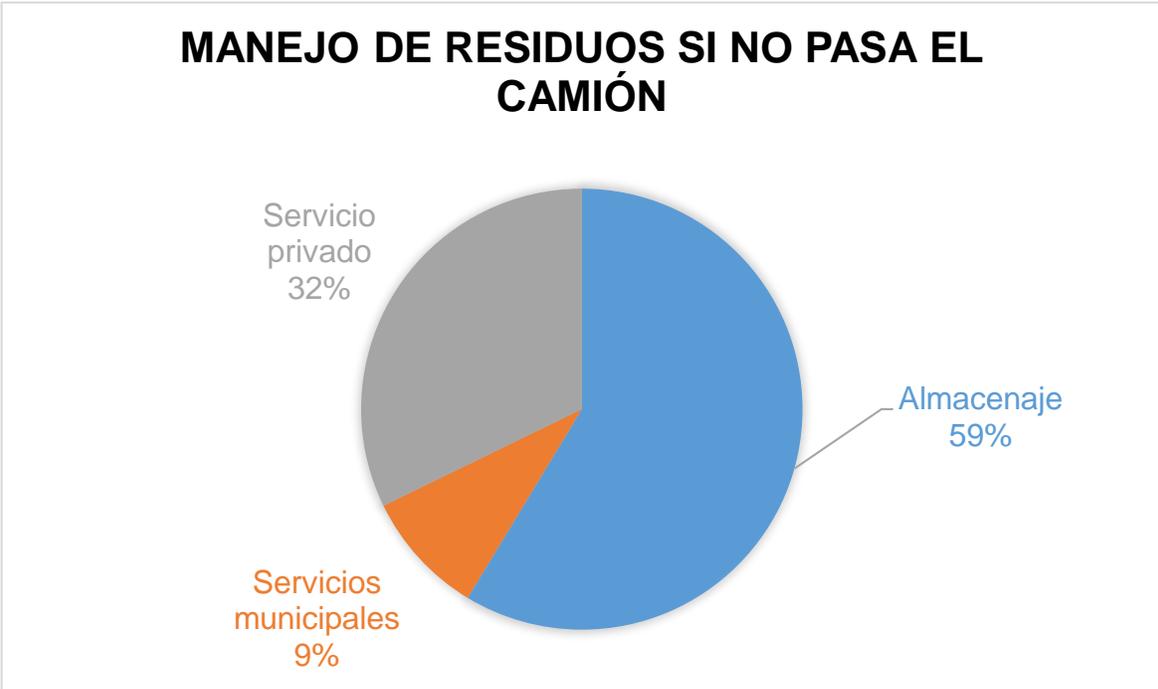


Figura 11. Manejo de los residuos en la población muestra cuando el camión recolector no pasa.

Con respecto a la conformidad y calidad del servicio de recolección brindado por el municipio se observó que gran parte de la población no está satisfecha con este, (Figuras 12, 13 y 14).

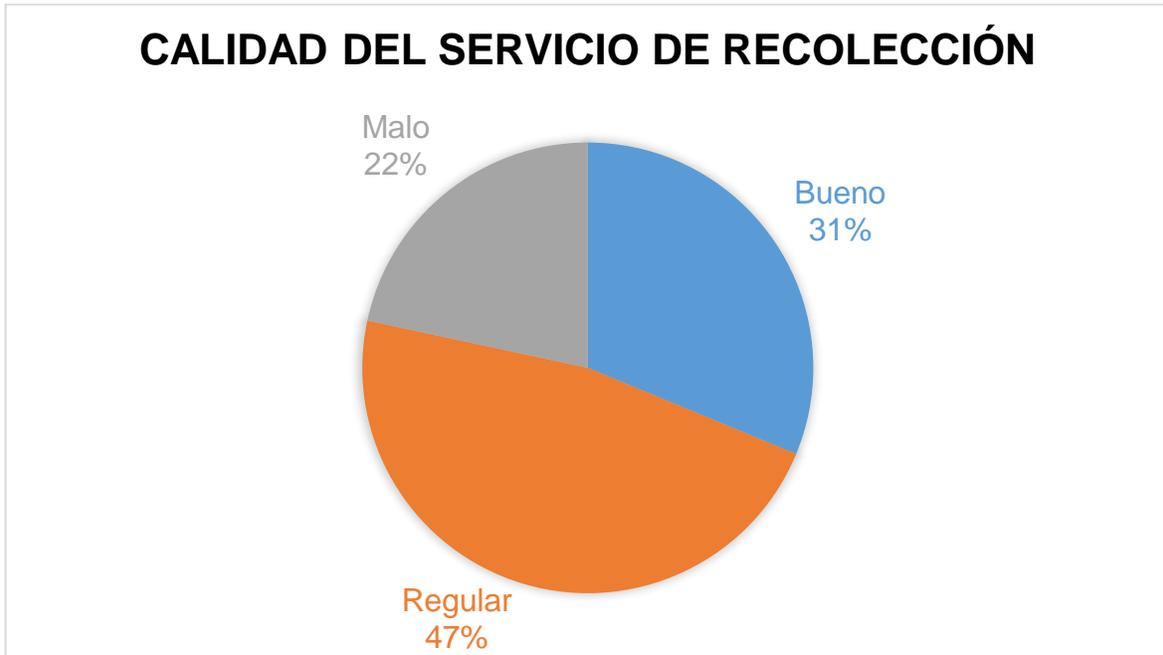


Figura 12. Calidad del servicio de recolección pública en la zona de recolección de la población muestra.



Figura 13. Satisfacción con el servicio de recolección pública en la población muestra.



Figura 14. Quejas que presentan los usuarios del servicio recolección pública en la población muestra.

En la población muestra se observó que, en su mayoría cualquier miembro de la familia o empleado puede verter los residuos al camión recolector, (Figura 15).

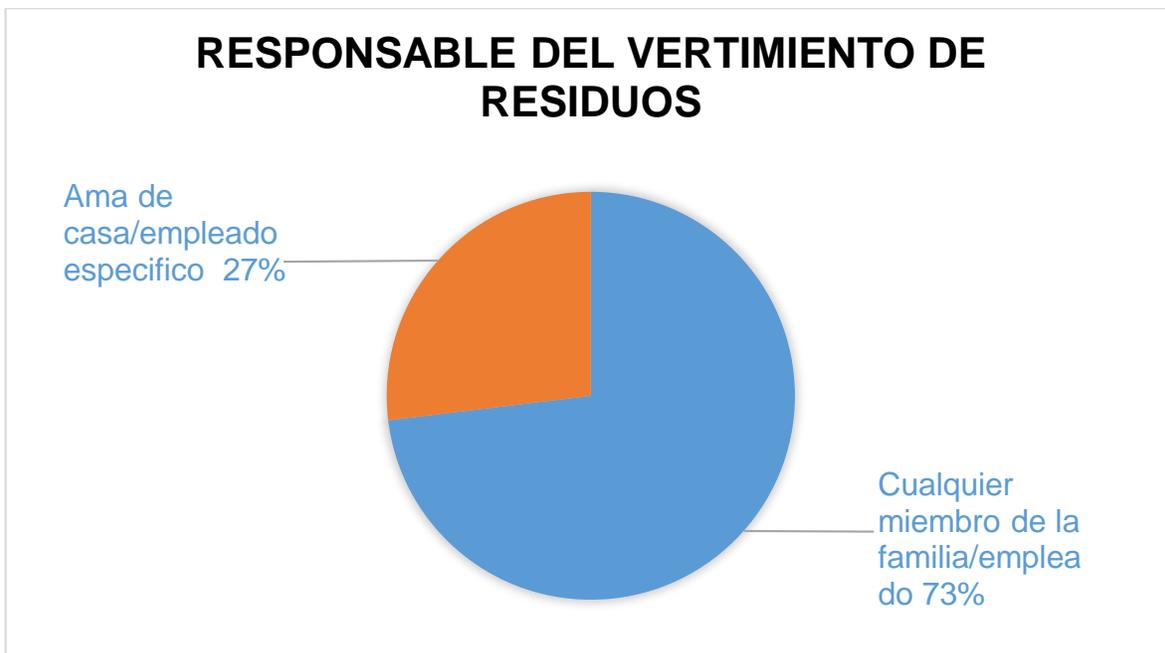


Figura 15. Designación del encargado del vertimiento de residuos en la población muestra.

9.2 Segunda etapa: Diagnóstico del manejo de RSU

Caracterización física por medio de muestreos

Una vez realizado el recorrido por la zona de estudio para identificar las viviendas y establecimientos que formarían nuestra población muestra, se procedió a clasificarlos en viviendas, negocios y mixtos (vivienda con negocio), (Figura 16).

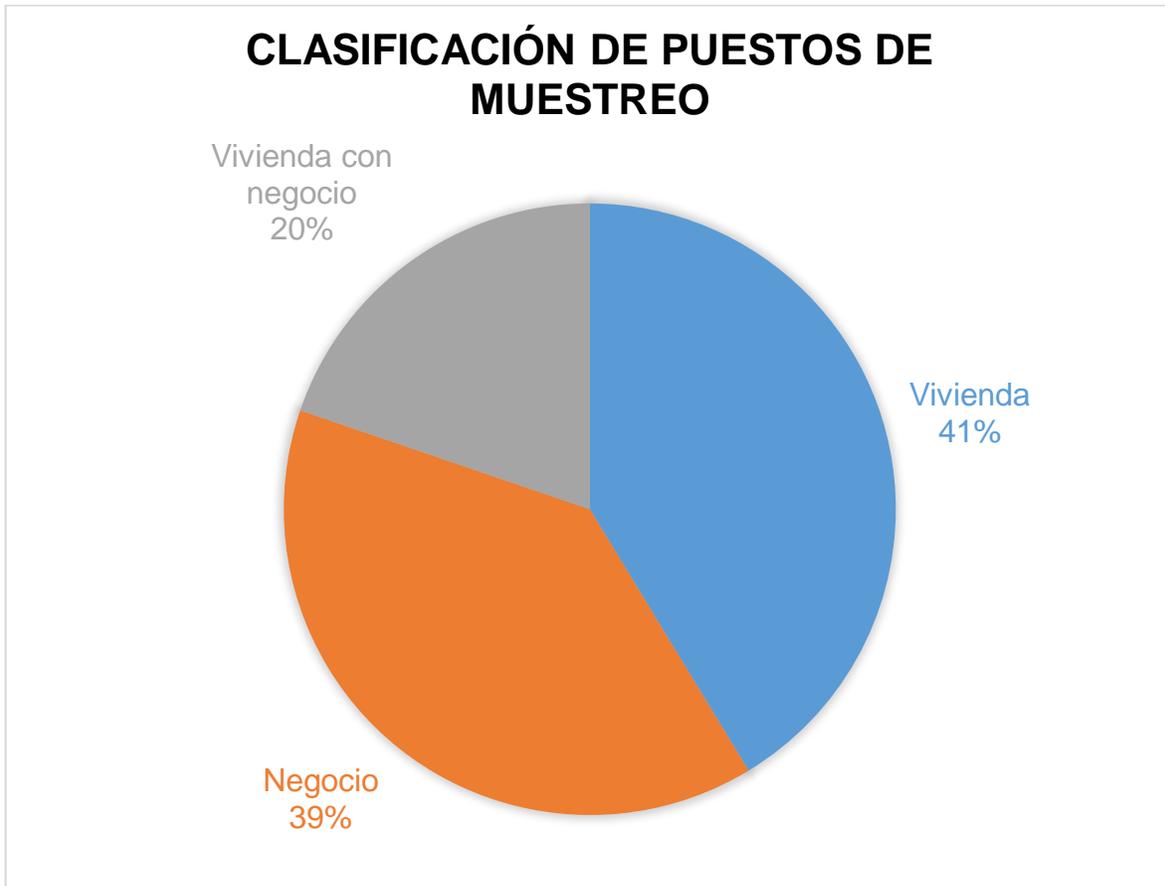


Figura 16. Clasificación de los 208 puntos de muestreo en la localidad de Apizaco.

De igual manera se identificaron y se realizó una clasificación de los giros de los negocios participantes en este estudio, considerando la clasificación de los 90 giros de establecimientos presentes en Apizaco, con respecto a la información que nos brindó el área de industria y comercio, (Figuras 17 y 18).

GIRO DE NEGOCIOS MUESTREADOS

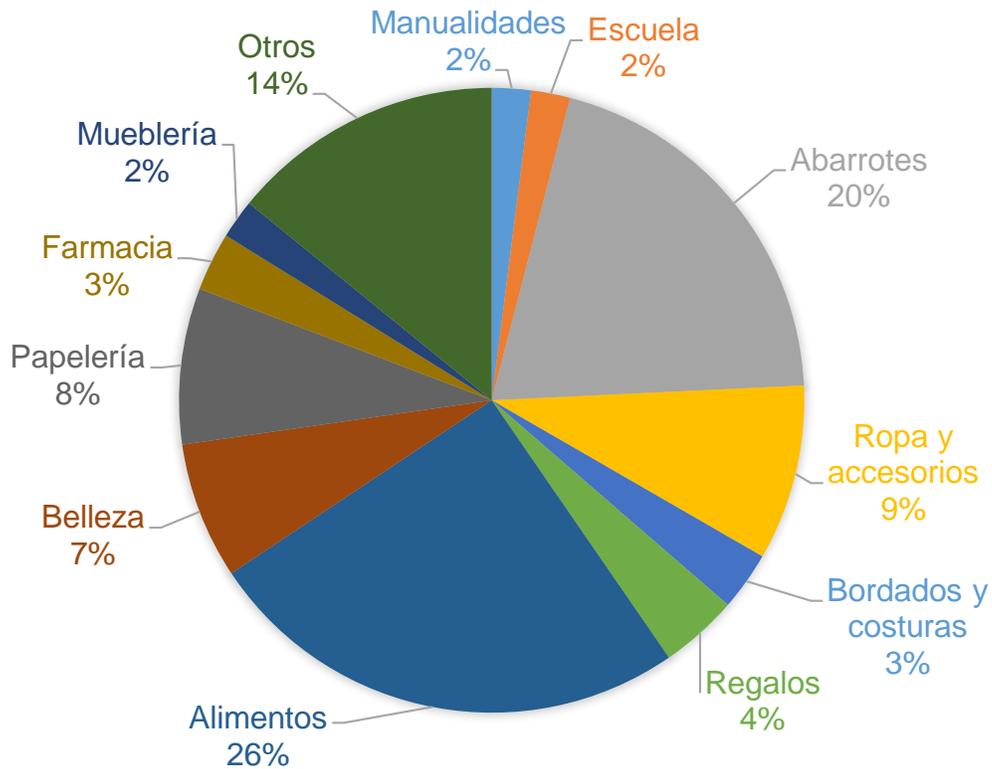


Figura 17. Giro de los establecimientos que participaron en la recolección de los residuos sólidos.

OTROS

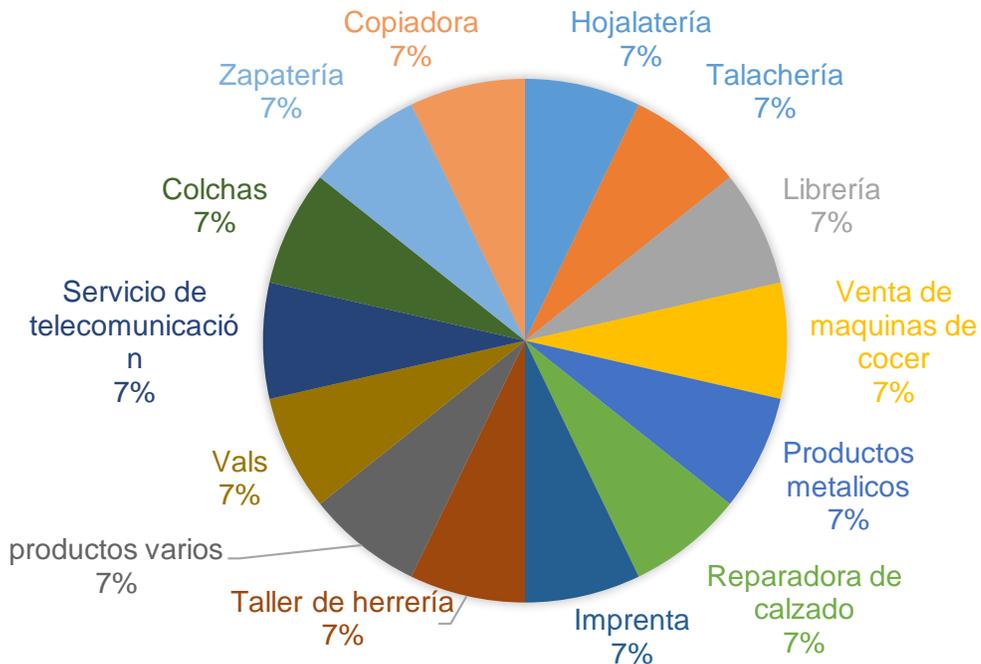


Figura 18. Giro de los establecimientos considerados como "otros" que participaron en la recolección de los residuos sólidos.

Determinación de la generación de residuos sólidos domiciliarios

El estudio de campo se realizó en 108 de las 332 manzanas que conforman la localidad de Apizaco, el estudio se realizó durante los meses de noviembre, diciembre y enero con una duración de 8 días consecutivos por mes, se recolectaron los residuos de las viviendas y negocios de forma continua obteniendo así la siguiente información, (Figura 19).

Una vez recolectados los residuos de todas las muestras, se procedió a pesar cada una de las bolsas recolectadas y registrar los datos en la cedula correspondiente, para posteriormente realizar el cálculo de la generación per cápita de los residuos domiciliarios como lo indica la NMX-AA-061-1895 (DOF, 1985), considerando que el promedio de habitantes por vivienda era de 4.4 personas, se calculó la generación per cápita para cada mes, como se presenta en las Tablas 6, 7 y 8.

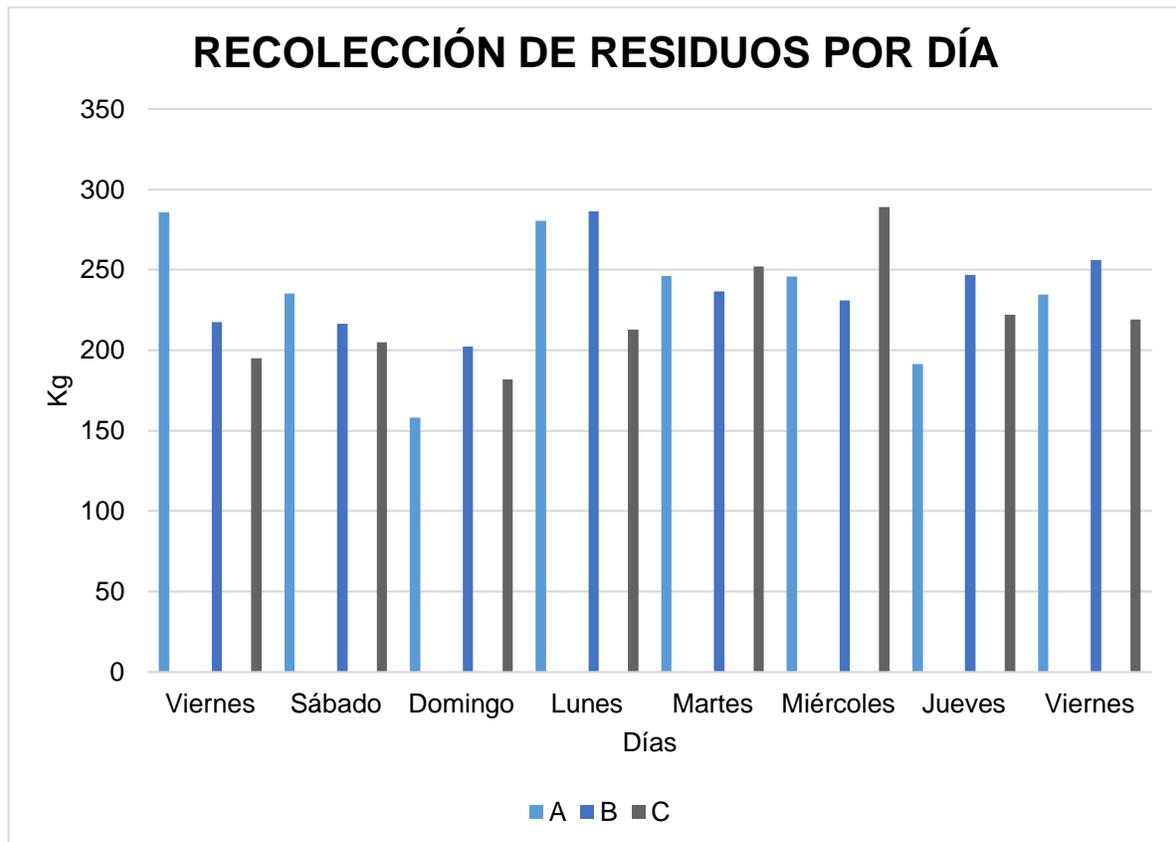


Figura 19. Recolección de los residuos en los 208 puntos de muestreo, diariamente se recolectaron en promedio 231 kg durante los 3 meses de estudio.

Tabla 6. Generación per cápita de residuos sólidos en Apizaco, con promedio de 4.4 habitantes y una recolección promedio de 1.41 kg por vivienda.

Periodo/zona	Muestreo de 208 viviendas (775 hab)	Residuos localidad (49 506 hab)	por	Residuos municipio (76492 hab)	por
Generación por día	0.326 kg/hab/día	16139 Kg/día		24936.4 Kg/día	
Generación por semana	1766.570439 Kg/hab/semana	112846 Kg/semana		174359 Kg/semana	
Generación por mes	7579.5 Kg/hab/mes	484169 Kg/mes		748092 Kg/mes	

Tabla 7. Generación per cápita de residuos sólidos en Apizaco, con promedio de 4.4 habitantes y una recolección promedio de 1.52 kg por vivienda.

Periodo/zona	Muestreo de 208 viviendas (775 hab)	Residuos localidad (49 506 hab)	por	Residuos municipio (76492 hab)	por
Generación por día	0.353 kg/hab/día	17486.7 Kg/día		27018.82 Kg/día	
Generación por semana	1916.2408 Kg/hab/semana	122407 Kg/semana		189131.7 Kg/semana	
Generación por mes	8212.4607 Kg/hab/mes	524601 Kg/mes		810564.6 Kg/mes	

Tabla 8. Generación per cápita de residuos sólidos en Apizaco, con promedio de 4.4 habitantes y una recolección promedio de 1.31 kg por vivienda.

Periodo/zona	Muestreo de 208 viviendas (775 hab)	Residuos por localidad (49 506 hab)	Residuos por municipio (76492 hab)
Generación por día	0.304 kg/hab/día	15036 Kg/día	23232.1 Kg/día
Generación por semana	1647.68 Kg/hab/semana	105252 Kg/semana	162625 Kg/semana
Generación por mes	7061.48 Kg/hab/mes	451078 Kg/mes	696964 Kg/mes

La generación en la localidad de Apizaco representa la mitad de la producción total de RSU de todo el municipio teniendo un promedio per cápita de 0.327kg/hab/día.

Determinación del peso volumétrico

La determinación de peso volumétrico se evaluó de acuerdo a las especificaciones de la NMX-AA-019-1985 (DOF, 1985). Obteniéndose un peso volumétrico promedio de 319 kg/m³, (Figura 20).

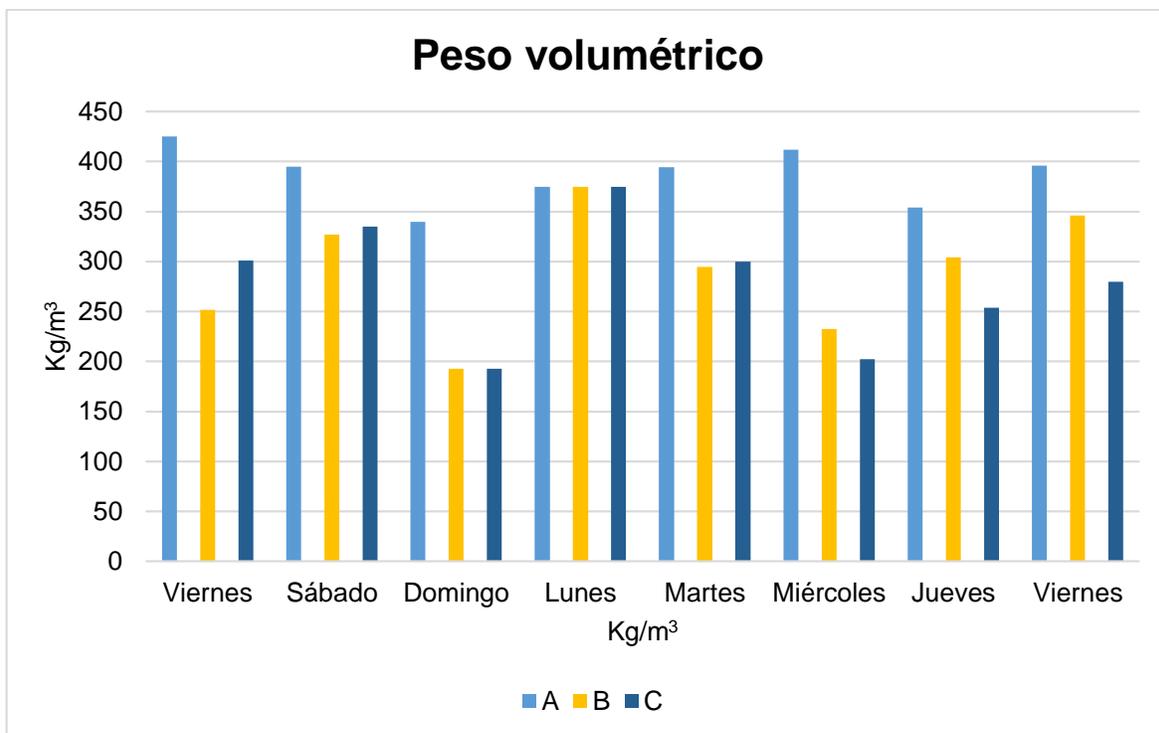


Figura 20. Peso volumétrico de los 3 periodos de muestra de los residuos sólidos de 208 puntos de muestreo en la localidad de Apizaco, siendo A noviembre, b diciembre y c enero.

Selección y cuantificación de subproductos

La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios se realizó con base a lo que dicta la NMX-AA-022-1985 (DOF, 1985), considerando 23 productos para la clasificación; (Anexo 5).

En la Figura 21 se presenta la clasificación de los residuos obtenidos, en los residuos no recuperables se encuentran restos sanitarios, plásticos no reciclables, residuos reciclables que se han contaminado y ya no se pueden recuperar, unicel entre otros. En los residuos potencialmente recuperables, se encuentran tipos de plásticos, papel, cartón, aluminio, metal, vidrio y tetra pack.

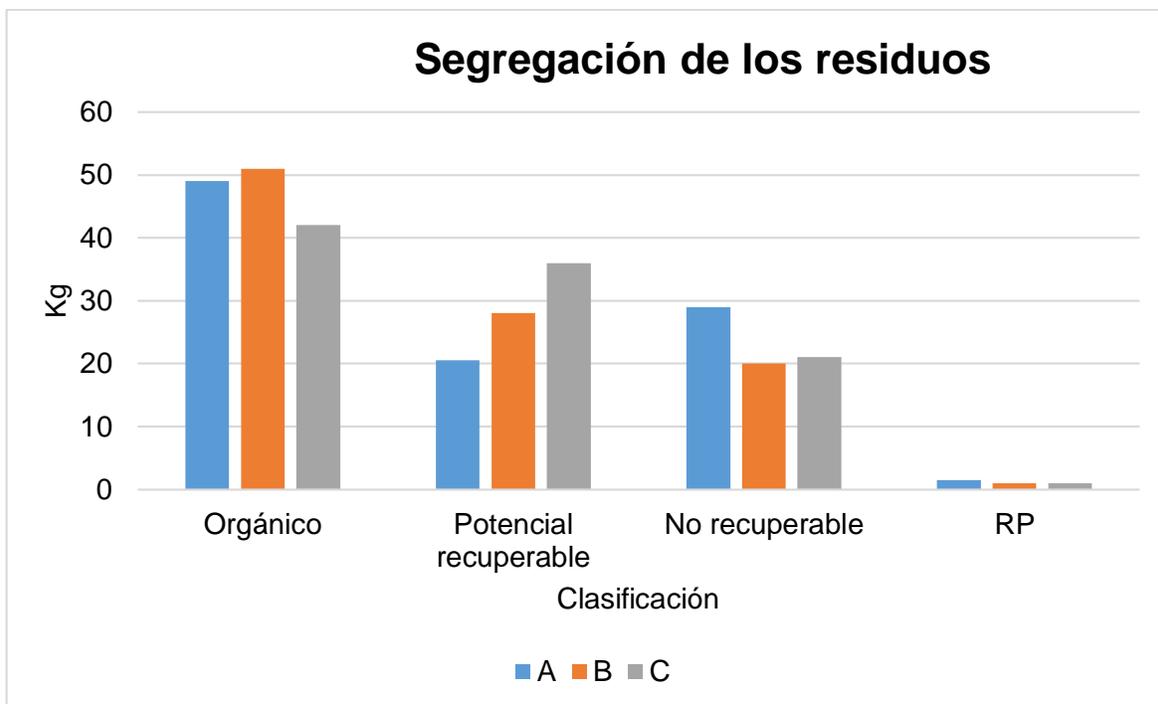


Figura 21. Segregación de los residuos recolectados del 10 al 16 de enero de 2018.

Análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos de los 24 muestreos se procedió a acomodarlos en Excel para realizar el análisis estadístico de comparación de medias entre los tratamientos A, B y C (3 meses de muestreo) mediante el método t de Student, este estudio se realizó de manera manual y en el programa Statistica para comprobar datos, obteniendo así los siguientes datos (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de medias con t de Student

Comparación de las muestras A - B						
Variable	Media A	Media B	valor - t	gl	P	valor crítico
Residuo	1.140094	1.149442	-0.082034	3326	0.467312	1.9606
Comparación de las muestras B -C						
Residuo	1.149442	1.067528	0.686449	3326	0.246239	1.9606
Comparación de las muestras A -C						
Residuo	1.140094	1.067528	0.602675	3326	0.273383	1.9606

Para la realización de la comprobación entre las pruebas se consideró la distribución de una cola y se graficaron las distribuciones, (Figuras 22, 23 y 24).

Con respecto a $H_0: p > 0.05$, planteada en los 3 casos la probabilidad es mayor y se acepta H_0 , por lo que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los muestreos.

Para A – B: $0.467312 > 0.05$

Para B – C: $0.246239 > 0.05$

Para A – C: $0.273383 > 0.05$

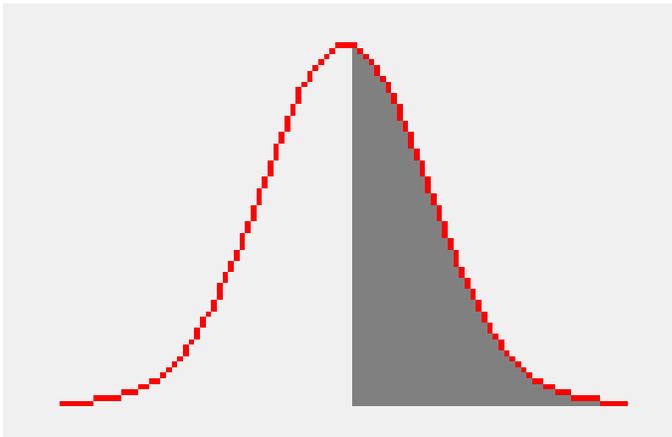


Figura 22. Distribución de la probabilidad de A-B



Figura 23. Distribución de la probabilidad de B-C

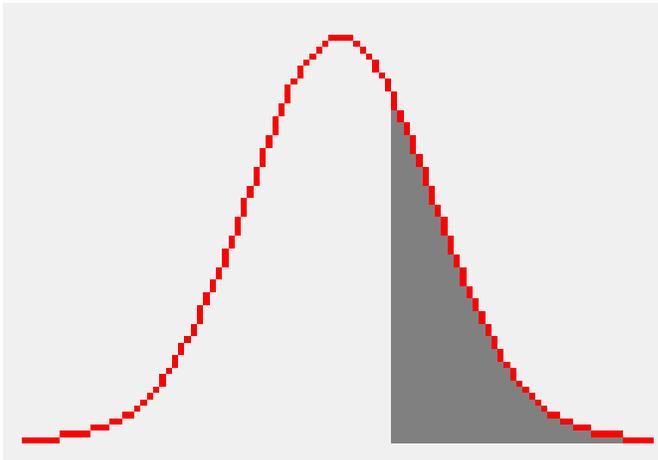


Figura 24. Distribución de la probabilidad de A-C

9.3 Tercera etapa: Caracterización de rutas de recolección

Mediante un acompañamiento a bordo de los camiones recolectores, se realizó el análisis de las rutas de recolección, el cual consistió en un viaje diario por ruta para la identificación de tiempos, paradas y zona por la que pasa, dicho análisis se realizó por 8 días, del 31 de octubre al 9 de noviembre, (Tabla 10). Posteriormente por medio de los sistemas de información geográfica (SIG´s) se trazaron las rutas, y se calcularon las distancias que recorre cada ruta en QGIS, (Figura 25).

Tabla 10. Análisis de rutas de recolección en la localidad de Apizaco.

	Personal	Longitud	Paradas	Tiempo	Inicio- Fin
Ruta 1	2	8.67 km	40	3 min	8:00 am – 1:20 pm
Ruta 2	3	7 km	27	4 min	8:30 am - 1:00 pm
Ruta 3	3	9.5 km	43	2.5 min	8:00 am – 12: 55 pm
Ruta 4	2	5.2 km	20	3 min	8:10 am – 1:15 pm
Ruta 5	3	6.3 km	32	4 min	8:15 am – 1:20 pm
Ruta 6	3	7.8 km	45	4 min	8:30 am – 1:10 pm
Ruta 7	3	9.5 km	44	3 min	8:30 am – 1:30 pm
Ruta 8	2	11 km	36	5 min	9:00 am – 1:30 pm

Una vez trazadas las rutas de recolección que realiza el servicio de limpieza municipal, se procedió a realizar la selección de los lugares de muestreo de manera aleatoria, pero con base en las rutas de recolección y se trazaron en QGIS, (Figura 26).

RUTAS DE RECOLECCIÓN EN LA CABECERA MUNICIPAL

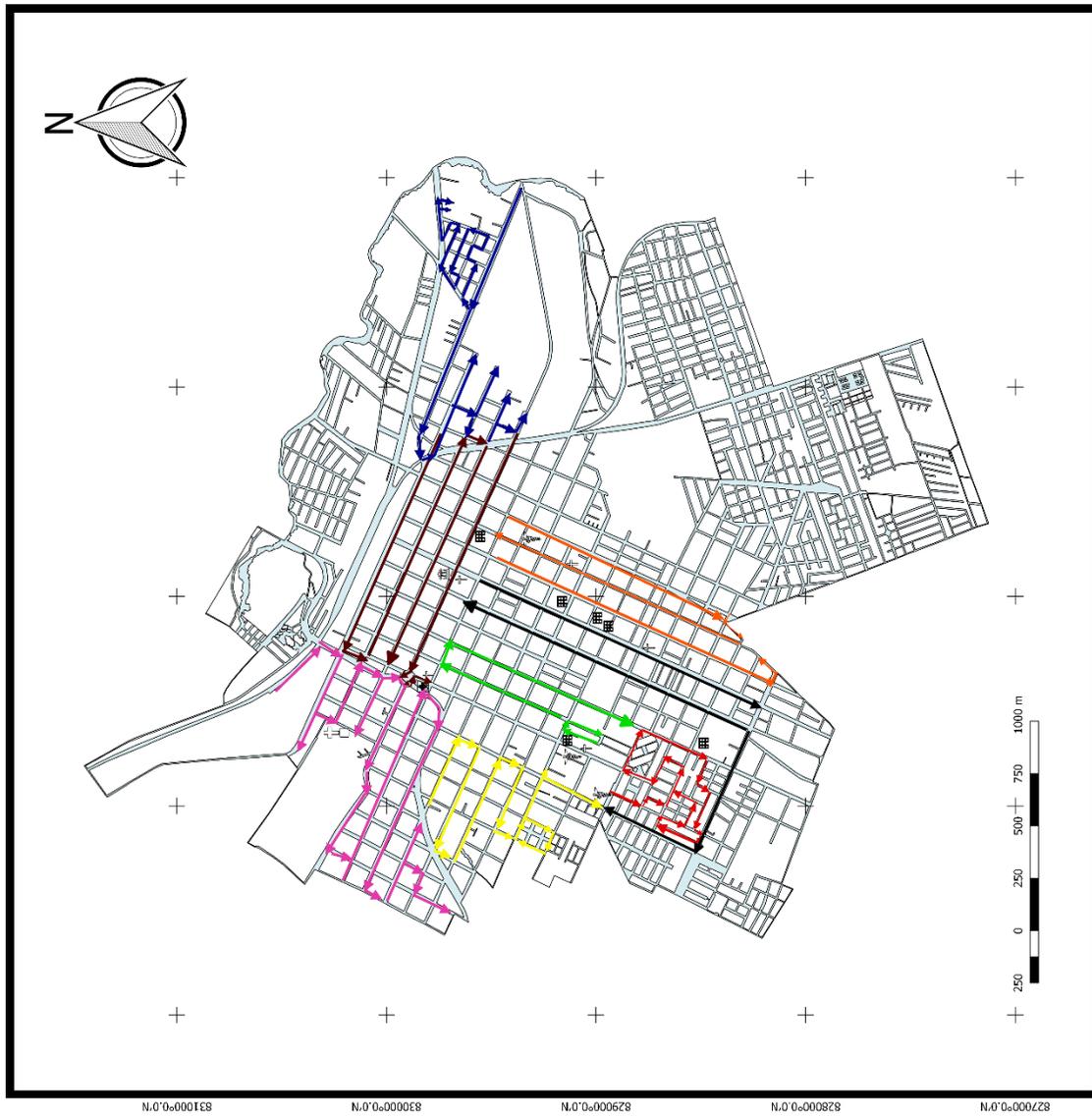


Figura 25. Rutas del servicio de recolección de la cabecera municipal de Apizaco

VIVIENDAS SELECCIONADAS PARA MUESTREO

SIMBOLOGÍA

- Viviendas para análisis de residuos
-  Palacio municipal
-  Iglesia
-  Cruz roja
-  Cementerio
-  Hospital
-  Escuela

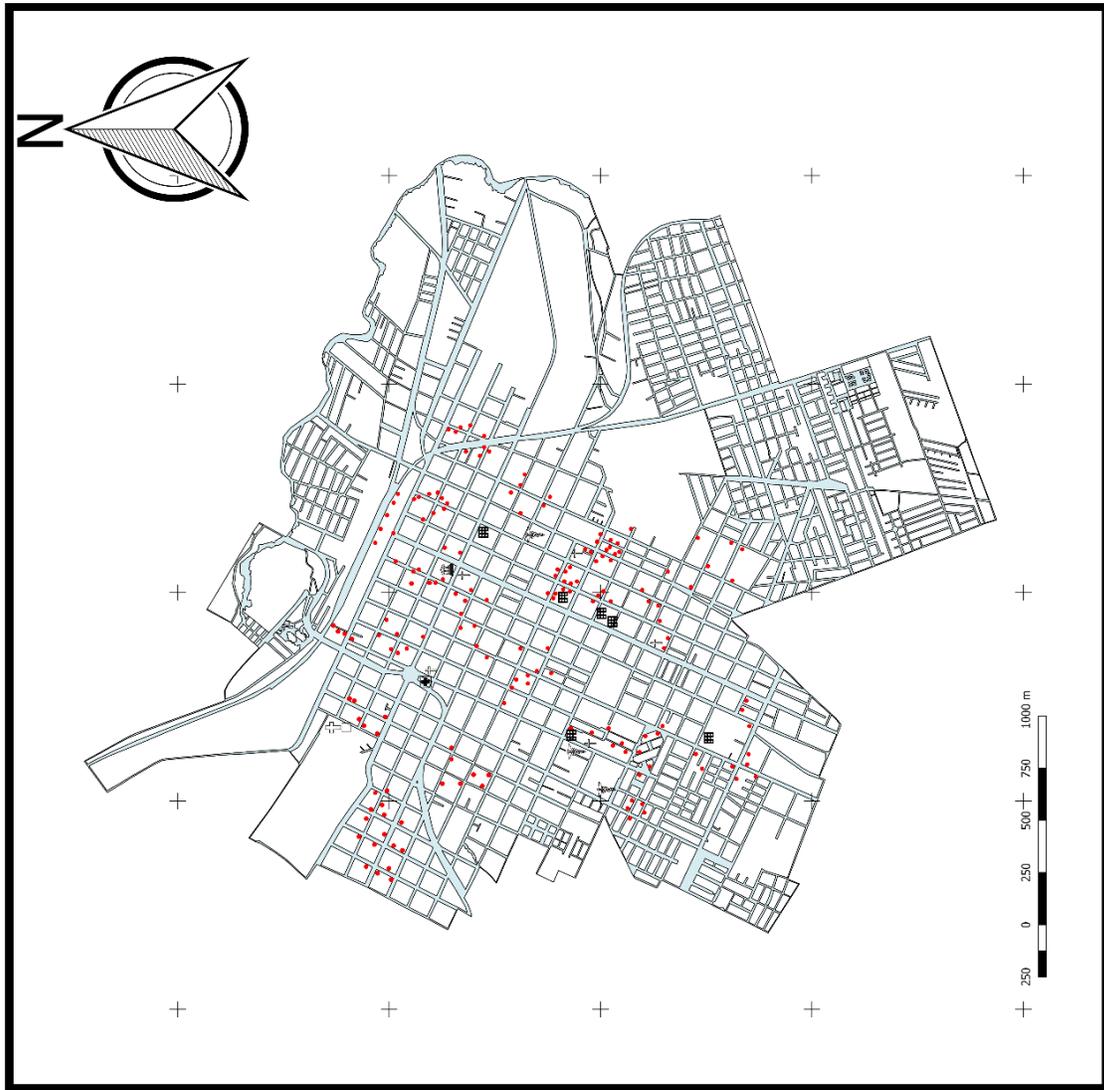


Figura 26. Viviendas y negocios seleccionados aleatoriamente para análisis de los residuos producidos en ellos.

Con base al acompañamiento realizado en el mes de octubre de 2017 sobre las unidades del servicio recolector de RSU, se obtuvo que las unidades se abastecen de gasolina los días lunes, miércoles y viernes y en promedio cargan 116.6 lt por unidad vehicular cada tercer día, siendo así que debido a que el servicio de recolección se brinda de lunes a domingo el promedio de consumo por día es de 29.15 lt. Por lo que entre las 8 rutas se recorrían 65 km cada día, En promedio cada ruta recorre 8.1 km, con dichos datos se calculó el rendimiento promedio del consumo de cada unidad de recolección, teniendo que el promedio el rendimiento fue de 0.28 km/lt., comparado con lo reportado por Capufe sobre el rendimiento por unidad el cual es de 2.5 km/lt., el rendimiento del servicio es deficiente.

Se realizó un segundo análisis de rutas en febrero de 2018, donde se pudo observar un cambio de rutas, en el cual se recabaron los mismos puntos de información que en el primer recorrido, esto con la finalidad de poder comparar dichos datos y conocer su rendimiento (Tabla 11). Y por medio de QGIS se trazaron las rutas (Figura 27).

Tabla 11. Análisis de rutas de recolección en la localidad de Apizaco.

	Personal	Longitud	Paradas	Tiempo	Inicio- Fin
Ruta 1	2	17 km	60	3 min	7:30 am – 1:20 pm
Ruta 2	2	11.7 km	57	2 min	8:30 am - 1:40 pm
Ruta 3	3	19 km	63	2.5 min	8:00 am – 12: 55 pm
Ruta 4	3	15 km	74	2.5 min	8:10 am – 1:15 pm

En el segundo acompañamiento se obtuvo que en promedio cargan 116.6 litros por unidad vehicular cada tercer día, siendo así que debido a que el servicio de recolección se brinda de lunes a domingo el promedio de consumo por día fue de 29.15 litros. Se recorren en total por día 63.5 km; por lo que en promedio cada ruta recorre 15.9 km, por lo que el rendimiento promedio del consumo de cada unidad de recolección fue de 0.57 km/lt., comparado con lo reportado por Capufe sobre el rendimiento por unidad el cual es de 2.5 km/lt., el rendimiento del servicio es deficiente, aunque comparado con el servicio prestado durante 2017; el rendimiento ha mejorado.

RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RSU EN APIZACO

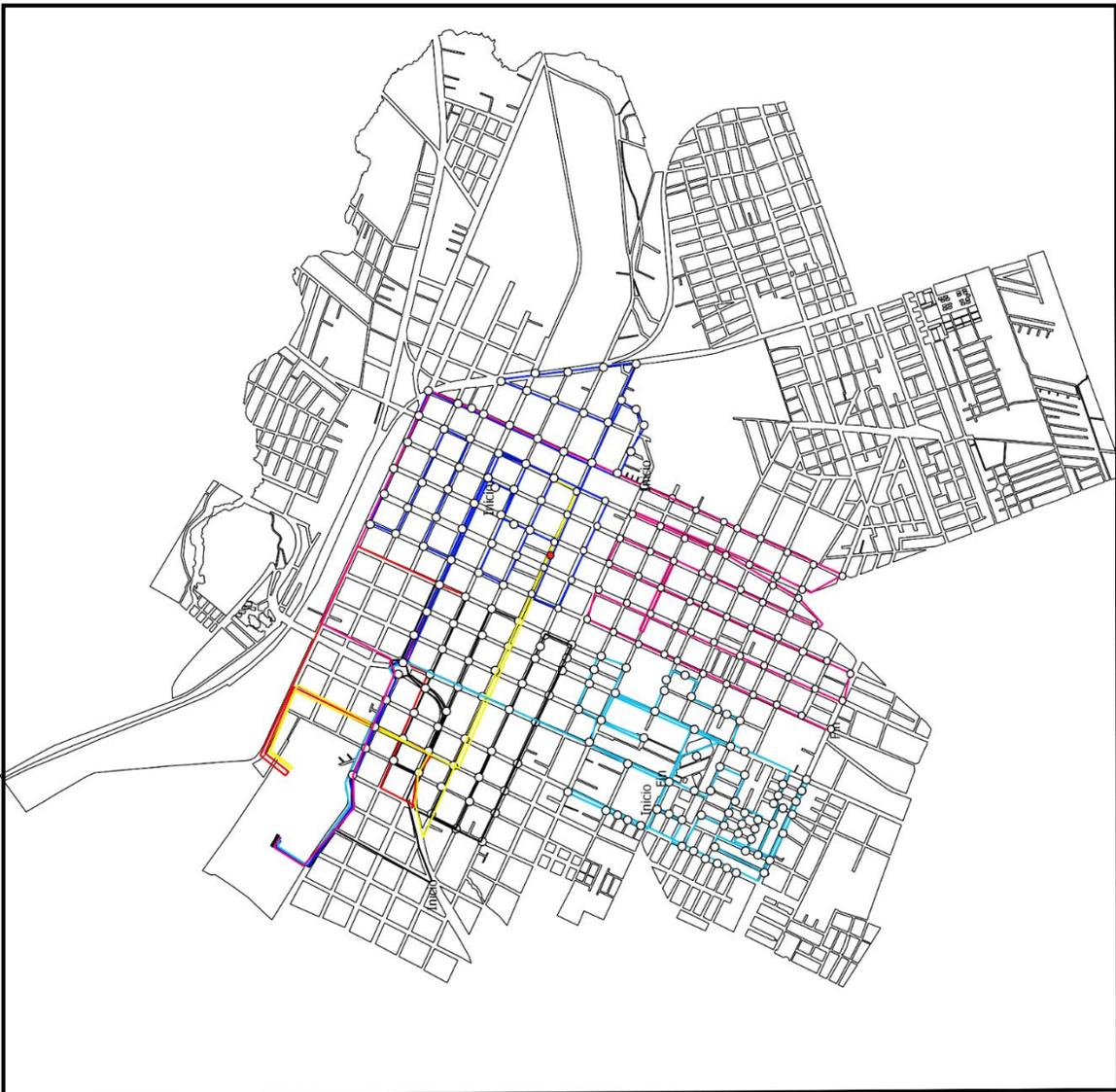
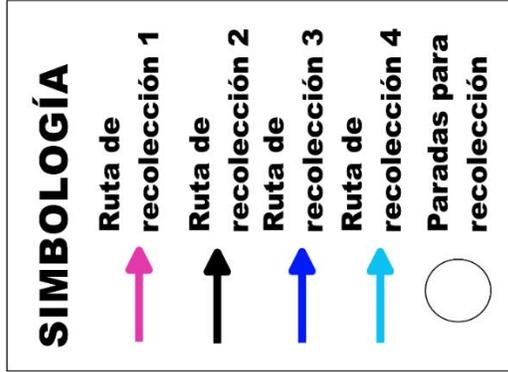


Figura 27. Rutas del servicio de recolección de la cabecera municipal de Apizaco

9.4 Cuarta etapa: Evaluación de impacto ambiental y gestión de RSU

Identificación y evaluación de impacto ambiental

Para evaluar los impactos ambientales en las diferentes fases del manejo de RSU, se realizó una EIA mediante una matriz de Leopold, se identificaron los impactos con respecto a la producción y manejo de los RSU, así como los componentes ambientales, (Tabla 12).

Con la evaluación de la matriz de Leopold se observó que se presenta una contaminación del aire por malos olores y generación de GEI por la descomposición de los alimentos. Efectos al suelo por lixiviación, contaminación del agua, impactos visuales y riesgos de proliferación de plagas y enfermedades.

Tabla 12. Matriz de evaluación de impacto ambiental.

Compo- nente ambiental	Indicador	Fases del manejo de residuos sólidos				
		Indicador especifico	Generación	Separación	Almace- namiento	Recolección y transporte
Atmosfé- rico	Calidad del aire	Emisiones de malos olores	☉	☉	☉	☉
		Generación de GEI	☉	☉	☉	☉
Geosféri- co	Geo- morfología	Erosión				
		Textura				
Hidrosfé- rico		Cambio en uso			☉	
		Lixiviación		☉	☉	
		Sólidos suspendidos	☉	☉		
		Drenaje	☉			
Biosférico	Flora	Lixiviación		☉	☉	
		Grasas y aceites	☉	☉		
	Fauna	Cobertura vegetal	☉			
		Animales terrestres	☉		☉	
Paisajis- mo	Calidad visual	Aves	☉	☉	☉	
		Microfauna	☉	☉	☉	
		Calidad del paisaje	☉	☉	☉	
Antropos- férico	Calidad de vida	Generación de				☉
		empleo				
		Enfermedades	☉	☉	☉	☉

Una vez identificados los impactos ambientales se realizó la determinación de estos, aplicando la Ecuación 4, mencionada en la metodología para conocer cuál es el nivel de cada impacto, (Tabla 13).

Tabla 13. Determinación de impactos ambientales por generación de RSU.

Impacto	I	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc	Significancia
Contaminación por descomposición de residuos	24	8	4	4	2	4	4	4	2	2	58
Producción de lixiviados	12	8	2	2	2	1	4	4	2	4	41
Contaminación al agua	12	8	2	2	2	1	4	4	2	4	41
Proliferación de plagas	24	4	4	1	1	2	4	1	4	1	46
Alteración al paisaje	12	4	4	1	2	2	4	4	4	1	38
Calidad de la salud	12	2	2	4	2	4	4	1	1	2	34

Calificación de los impactos

Al realizar la matriz de significancia se localizaron los aspectos prioritarios de acuerdo a la calificación de impactos mencionada en la Tabla 2, teniendo como resultado la Tabla 14.

Tabla 14. Calificación de impactos.

Impacto	Significancia	Puntos obtenidos	Color
Contaminación por descomposición de residuos	Alta	54	Rojo
Producción de lixiviados	Medio	41	Amarillo
Contaminación al agua	Medio	41	Amarillo
Proliferación de plagas	Medio	46	Amarillo
Alteración al paisaje	Medio	38	Amarillo
Calidad de la salud	Medio	34	Amarillo

Se puede observar que la mayoría de los impactos analizados presentan un índice de impacto medio, solo se presenta un indicador con índice de tratamiento prioritario, el cual es la contaminación atmosférica debido a la descomposición de residuos, ya que los gases producidos son parte de los gases de efecto invernadero y pueden durar muchos años en la atmósfera.

Evaluación del nivel de gestión de RSU por medio de indicadores ambientales

Con base en la información recabada y la Tabla 3, para determinar los indicadores por grado de avance de la gestión, se observa que Apizaco presenta indicadores básicos, los cuales se aplican a cualquier municipio con un sistema de recolección de RSU y traslado al sitio de vertimiento sin algún tratamiento, teniendo como resultado los datos presentados en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultado de los indicadores de la evaluación de eficiencia de gestión de RSU en Apizaco.

Indicador	Resultado
Generación de basura per cápita	0.327kg/hab/día.
Basura no dispuesta en rellenos sanitarios	0 %
Cobertura del servicio público de limpia	100%
Habitantes atendidos por el servicio público de limpia	100%
Habitantes que no reciben servicio de limpia municipal	0
Presupuesto limpia/presupuesto total	\$ 7,970,000.00/ 168,337,428.92
Presupuesto por habitante	\$104.19
Satisfacción ciudadana	34% satisfecha
Compromiso ambiental	100%
Promedio de número de empleados por vehículo.	2.5
Total de toneladas recolectadas en relación a la capacidad total del vehículo.	5.5/ 7 ton
Porcentaje de material recuperable recolectado (inorgánicos/orgánicos).	38%
Porcentaje de vehículos en operación en relación al total de vehículos.	62.5%
Costo promedio por tonelada (\$/Ton).	14,543.80
Porcentaje de personas que no están conformes con el sistema de limpia.	66%
Porcentaje total de casas que separan sus residuos en relación al total de casas	26% recicla
Porcentaje de la población dispuesta a participar en la separación de los residuos vs total de la población (encuesta)	80%
Composición de residuos colectados en %	

X. DISCUSIÓN

A través del tiempo, México ha sufrido diversos cambios en su legislación en materia del manejo de los RSU, actualmente se encuentra regido por Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF, 2003), enfoque que va más allá de las propuestas anteriores, al incorporar algunos aspectos del manejo sustentable de los residuos sólidos urbanos y es por ello que en materia de GIRSU, México aún no presenta un gran avance, teniendo grandes déficits en infraestructura, generación y aplicación de leyes y gestión.

Con base a los datos obtenidos e información observada de otras zonas, Apizaco no es el único municipio que presenta inconformidad por parte de los pobladores en cuestión al mal manejo de los residuos RSU por parte del gobierno. Siendo la justificación de los responsables del manejo de RSU, los altos costos de mantenimiento e infraestructura, como se presentó el caso en 2004 en Ciudad Juárez, donde el presidente municipal tuvo que desarrollar un proyecto de mejora para el servicio de limpia en la ciudad concesionando el servicio de limpia y con ello dio solución al problema, a diferencia de los resultados exitosos que ha presentado Ciudad Juárez con la concesión e inversión económica para el manejo de RSU, Apizaco temporalmente también concesionó el servicio de limpia a la empresa PASA por algunos años, más sin embargo por conflictos económicos el contrato fue revocado y el servicio nuevamente es brindado por servicios municipales.

En comparación con otros municipios y estados que han desarrollado programas y reglamentos de ecología en materia del manejo de RSU, Apizaco cuenta con un reglamento de ecología que no se ha modificado desde su elaboración y el cual no se lleva a cabo, maquinaria vieja la cual no está funcionando en su totalidad y personal no capacitado.

Con respecto a los recursos financieros con los que contó Apizaco en el año 2017 para el manejo, combustible y mantenimiento de vehículos, se puede observar que

el presupuesto se encuentra a la mitad con respecto al promedio presentado en el estudio elaborado por Hernández et al., para América Latina, siendo que Hernández et al., presenta un promedio de 371,136.894 US/ton/mes para gastos de manejo y disposición final de residuos, mientras que para Apizaco el presupuesto fue de 162264.57 US/ton/mes únicamente para manejo de residuos y mantenimiento de vehículos, y de 424015.053 US/ton/mes incluyendo gastos de personal.

En comparación con el estudio realizado por Chang & Davila, (2008) en el cual identificaron que el 70% estaría dispuesto a reciclar y que dentro de ese porcentaje el 13% lo haría solo si recibiera una retribución económica, mientras que los habitantes de nuestro muestreo comentaron que estarían de acuerdo en separar sus residuos siempre y cuando se realizara una recolección selectiva y que los trabajadores del servicio de recolección no mezclen los residuos.

Los resultados del análisis del manejo o disposición que se les da a los residuos por parte de los pobladores nos demuestra que, en comparación al estudio realizado en Paraguay en 2002, los pobladores Apizaco tiende a buscar una disposición final en camiones recolectores, ya sea del servicio público y privado, con un 100%, mientras que en Paraguay se registró un 87.8 % de las viviendas con servicio de recolección (pública o privada), un 6 % los quemó, el 2.6 % los depositó en sus patios y el 3.6 % utilizó otras formas de disposición, siendo así que los pobladores de Apizaco no buscan o dan tratamientos alternos a sus residuos que no sean el disponer en camiones recolectores.

El trabajo reportado por Garduño *et. al.*, 2012, hecho en Tepic, Nayarit; presenta relación con el de nosotros en los porcentajes de residuos recuperables (Apizaco 22%, Tepic 30%) no así con relación en la generación de biomasa, donde este caso de estudio presenta una mayor producción (Apizaco 50%, Tepic 38%).

En comparación con el caso de estudio realizado en Tlaxco, los resultados de la segregación son similares, aunque en Apizaco el porcentaje de residuos recuperables (Apizaco 20%, Tlaxco 28%) y de biomasa son menores (Apizaco 52%, Tlaxco 57%).

XI. CONCLUSIONES

Como se puede observar con el análisis del marco normativo y jurídico, Apizaco no cuenta con las herramientas suficientes para llevar una gestión de residuos satisfactoria, siendo que presenta un déficit en el servicio de recolección y la normativa ambiental no se cumple. Esto debido a la subestimación de la problemática ambiental y de salud pública causada por la casi nula generación de residuos por parte del personal administrativo que H. Ayuntamiento.

Lo que nos arrojó en análisis de todo el muestreo, es que el servicio de recolección es deficiente, que no se les brinda la capacitación y el equipo adecuado al personal de recolección de servicios municipales, que no siempre terminan las rutas de recolección debido a diversos factores ya sea fallas en las unidades o por tener la unidad llena y no siempre se reanuda el servicio de recolección en el turno vespertino.

Los residuos que se generan en mayor cantidad son los orgánicos, seguidos de residuos recuperables. Dentro de las preguntas realizadas a la población muestra sobre el manejo de los residuos, los negocios son los principales recicladores, separando, cartón y plástico, materiales que se donan a pepenadores. La biomasa es el residuo que recibe un menor tratamiento en esta zona de estudio, esto debido a que Apizaco no cuenta con espacios amplios para realizar compostaje y tampoco cuenta con criaderos de animales de granja en la zona centro, por lo que son los residuos que más se desechan.

Con base a la caracterización física, se determinó que la biomasa es la que predomina en la generación de residuos con el 52%, concluyendo que presenta un problema de contaminación para el ambiente por la descomposición y emisiones de gases al ambiente, los residuos recuperables representan el 20%, lo cual demuestra que es posible la venta de estos, permitiendo un ingreso económico para el mejoramiento del servicio.

XII. LITERATURA CITADA

- Ortega García, J., Ferrís i Tortajada, J., López Andreu, J. A. & García i Castell, J., 2001. El pediatra y la incineración de residuos sólidos. Conceptos básicos y efectos adversos en la salud humana. *Rev. Esp. Pediatra*, pp. 473-490.
- 3° Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2010. *Análisis de los factores que influyen en la generación y composición de los residuos sólidos urbanos a considerar para el diseño de un modelo de caracterización*. [En línea]
Available at:
<http://www.redisa.uji.es/artSim2010/Gestao/An%C3%A1lisis%20de%20los%20factores%20que%20influyen%20en%20la%20generaci%C3%B3n%20y%20composici%C3%B3n%20de%20los%20RSU.pdf>
[Último acceso: 02 Septiembre 2016].
- Abu Qdais, H., 2007. Techno economic assessment of municipal solid waste management in Jordan.. *Waste Management*, 27(11), pp. 1666-1672.
- Aguilar , Q., Armijo, C., Taboada , . P. & Ojeda, S., 2010. Municipal solid waste generation and characterization in Ensenada, Mexico. *The Open Waste Management Journal*, pp. 140-145.
- Al-Khatib, I. y otros, 2010. Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. A case study: Mablus district - Palestine. *Journal of Environmental Management* , Issue 91, pp. 1131-1138.
- Anon., 2011. *Plan General de Ordenación Urbanística de el Puerto de Santa María*. [En línea]
Available at:
http://www.elpuertodesantamaria.es/pub/urbanismo/abr11/05eia/eia_007.pdf
[Último acceso: 10 Junio 2017].
- Armijo de Vega, C., Puma Chávez, A. & Ojeda Benítez, S., 2012. El conocimiento de los habitantes de una ciudad mexicana sobre el problema de la basura. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 1(28), pp. 27-35.
- Atencio Pérez, R. M., Reyes López, J. A. & Guevara García, J. A., 2013. EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL EN UN TIRADERO CON QUEMA DE BASURA. *Rev. Int. Contam. Ambie*, Issue 29, pp. 107-117.
- Barillas Vásquez, J., 2015. *Auditoría ambiental del relleno sanitario de la zona 03*. Guatemala: s.n.
- Barillas Vásquez, J., 2015. *Auditoría ambiental del relleno sanitario de la zona 03*. Guatemala: s.n.
- Bel, G., 2006. Gasto municipal por el servicio de residuos sólidos urbanos. *Economía aplicada*, 14(41), pp. 5-32.
- Bermúdez, J. D., 2001. *La gestión de los residuos urbanos. Situación actual y perspectivas*. España: SOGAMA.
- Broche Fernández, Y. & Ramos Gómez, R., 2014. Procedimiento para la gestión de los residuos sólidos generados en instalaciones hoteleras cubanas. *Ingeniería Industrial*, 35(2), pp. 224-235.
- Calva Alejo, C. L. & Rojas Caldelas, R. I., 2014. Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Mexicali, México: retos para el logro de una planeación sustentable. *Información Tecnológica*, 25(3), pp. 59-72.
- Camara de Diputados del H. Congreso de la Unión , 2015. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México: DOF .
- CARE Internacional-Avina, 2012. *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 9 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)*., Ecuador: s.n.

- CGE, 2013. *Coordinación General de Ecología*. [En línea]
Available at: <http://cge-tlaxcala.gob.mx/rellenos.html>
[Último acceso: 20 Septiembre 2016].
- Chang, N.- B. & Davila, E., 2008. Municipal Solid waste characterizations and management strategies for the Lower Rio Grande Valley, Texas. *Waste Management*, Volumen 28, pp. 776-794.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2001. *Indicadores para gestión municipal de residuos sólidos*, Chile: s.n.
- Cortinas, C., 2003. *Guía para facilitar la interpretación de la Ley General para la Prevención y Gestión*. México: Diario oficial de la H. Cámara de Diputados.
- Elieser, E. G., 2014. Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili , Timor Leste. *Rev Cubana de Higiene y Epidemiología*, p. 52.
- Esquer Verdugo , R. A., 2009. *Reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos*. México: s.n.
- Fonseca Figueiredo, F., 2014. Política y gestión de residuos sólidos de Natal/Brasil. *Revista Lider*, Volumen 25, pp. 70-92.
- Garduño Palomo, K., Ojeda Benítez, S. & Armijo de Vega , C., 2012. Caracterización de residuos sólidos generados por el sector comercial de Mexicali, B.C.. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 3(29), pp. 19-25.
- Gobierno del Estado de Tlaxcala 2017-2021, 2017. *Secretaría de Planeación y Finanzas del Gobierno Estado de Tlaxcala*. [En línea]
Available at: <http://www.finanzastlax.gob.mx/spf/index.php/monografias-municipales>
[Último acceso: 24 Marzo 2017].
- Gómez Correa, J. A., Agudelo Suárez, A. A., Sarmiento Gutiérrez, J. I. & Ronda Pérez, E., 2007. Condiciones de trabajo y salud de los recicladores urbanos de Medellín (Colombia). *Arch Prev Riesgos Labor*, 4(10), pp. 181-187.
- González Razo, C. A. & Buenrostro Delgado, O., 2012. Composición de residuos sólidos urbanos en dos sitios de disposición final. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 1(28), pp. 13-18.
- Guerrero G., E. & Erbiti C., C., 2004. Indicadores de sustentabilidad para la gestión de los residuos sólidos domiciliarios. Municipio de Tandil, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, Issue 32, pp. 71-86.
- Hoorweg, D. & Bhada Tata, P., 2012. *What a waste: a global review of solid waste management*, Whashington DC.: The world bank.
- INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal., 2010. *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. [En línea]
Available at:
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM29tlaxcala/index.html>
[Último acceso: 06 Noviembre 2016].
- INEGI, 2015. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. [En línea]
Available at:
<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Tlax/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=29>
[Último acceso: 15 Marzo 2018].
- INEGI, 2017. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. [En línea]
Available at: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?aq=29#>
[Último acceso: 27 Mayo 2017].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía , 2010. *INEGI*. [En línea]
Available at:
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=29>
[Último acceso: 04 Septiembre 2016].

- Kum, V., Sharp, A. & Harnpomchai, N., 2005. Improve the solid waste management in Phnom Pech City: a strategic approach.. *Waste Management*, 25(1), pp. 101-109.
- LGPGIR, 2003. *Ley General para la Gestión Integral de los Residuos*. México: s.n.
- LGPGIR, 2015. *Ley General para la Gestión Integral de los Residuos*. México: s.n.
- Mathieu, D., 2011. La gestión de los residuos sólidos en los países en desarrollo: ¿cómo obtener beneficios de las dificultades actuales?. *Espacio y Desarrollo*, Issue 23, pp. 115-130.
- Mendoza Chávez, E. A. y otros, 2013. Efectos de la recirculación de lixiviados sobre las propiedades físicas y químicas de los RSU sometidos a digestión anaeróbica. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, pp. 73-78.
- NOM-083-SEMARNAT, 2003. *NOM-083-Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*.. México: s.n.
- OCDE, 2008. *Una guía de buenas prácticas en la cooperación*, París, Francia: Organización para la Cooperación y el desarrollo económico.
- Ojeda Benítez, S., Armijo, C. & Márquez, M., 2008. Household solid waste characterization by family socioeconomic profile as unit of analysis.. *Resour. Conserv. Recycl.*, Issue 52, pp. 992-999.
- Petrona Gándara, M. & Guerrero, E. M., 2013. Indicadores ambientales para la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en Rosario, Argentina. *DELOS Revista Desarrollo Local Sostenible*, 6(16).
- Prieto, G., 2013. *Geografía infinita*. [En línea]
Available at: <https://www.geografiainfinita.com/2013/11/quien-genera-mas-basura-mapa-mundial-de-los-residuos-urbanos-2/>
- Puma Chávez, A. y otros, 2011. Instrumento de evaluación para los programas de manejo de residuos domiciliarios. *Investigación ambiental*, 3(1), pp. 18-29.
- Red Queretana de Manejo de Residuos A.C., 2010. *Avances y retos en la gestión integral de residuos*. Queretato : s.n.
- Revista ambientum, 2003. *Revista ambientum*. [En línea]
Available at: https://www.ambientum.com/revista/2003_05/RESIDUOS.htm
- Saldaña Duran, C. E., Hernández Rosales, I. P., Messina Fernández, S. & Pérez Pimienta, J. A., 2013. Caracterización física de los residuos sólidos urbanos y el valor agregado de los materiales recuperables en el vertedero el Iztete, de Tepic-Nayarit, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), pp. 25-32.
- SALDAÑA DURÁN, C. E., HERNÁNDEZ ROSALES, P., MESSINA FERNÁNDEZ, S. & PÉREZ PIMIENTA, J. A., 2013. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y EL VALOR AGREGADO DE LOS MATERIALES RECUPERABLES EN EL VERTEDERO EL IZTETE, DE TEPIC-NAYARIT, MÉXICO. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 3(29), pp. 25-32,.
- Sartor, 2008. *Los residuos, un componente a considerar en la sustentabilidad del sistema urbano. La complejidad de la gestión. Caso Bahía Blanca*. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina., s.n.
- Schejtman, L. & Cellucci, M., 2015. *estrucplanonline*. [En línea]
Available at:
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IDEntrega=3416>
[Último acceso: 06 Enero 2017].
- Secretaría de Ecología Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico, 1999. *Análisis del mercado de los residuos sólidos municipales reciclables y evaluación de su potencial de desarrollo*. s.l.:GTZ.

- SEMARNAT, 2007. *Secretaría de medio ambiente y recursos naturales*. [En línea]
Available at:
http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores14/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual.html
[Último acceso: 20 Diciembre 2016].
- SEMARNAT, 2009. *Capítulo 7 Residuos*, México: Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A. de C.V. (IEPSA).
- SEMARNAT, 2012. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. [En línea]
Available at: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/impacto-ambiental-y-tipos>
[Último acceso: 15 Junio 2017].
- SEMARNAT, 2012. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. [En línea]
Available at:
http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf
[Último acceso: 27 Agosto 2016].
- Tchobanoglous, G., Theissen, H. & Eliaseen, R., 1982. *Desechos sólidos, Principios de Ingeniería y administración*. Merida, Venezuela: s.n.
- Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1994. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. s.l.:s.n.
- Toro Calderón, J., 2014. *Instituto de Estudios Ambientales- IDEA*. [En línea]
Available at: http://www.idea.unal.edu.co/inv/pi_estudios_imp_ambiental.pdf
[Último acceso: 10 Junio 2017].
- Tumi Quispe, J. E., 2016. Actitudes y prácticas ambientales de la población de la ciudad de Puno, Perú sobre gestión de residuos sólidos. *Cuaderno Venezolano de Sociología*, 25(4), pp. 267-284.
- Velázquez Patiño, A. C., 2008. La gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Hannover: un modelo exitoso. *Anales de Geografía Universidad Complutense*, 28(1), pp. 163-177.

XIII ANEXOS

Anexo 1. Cedula de encuesta de campo para el muestreo de generación de residuos sólidos municipales domiciliarios en el municipio de Apizaco.

Colonia: _____ Ruta: _____ Cuadra: _____

Calle: _____ Núm.: _____ C.P: _____

Ocupación: _____ Número de habitantes _____

¿Qué manejo le da a la basura que genera? _____

¿Cómo almacena su basura? _____

¿Con que frecuencia pasa el camión recolector en esta zona? _____

¿Emplea algún tipo de separación de la basura? ¿Cuál? _____

¿Qué hace con la basura si no pasa el camión? _____

¿Quién se encarga de sacar la basura de la casa? _____

¿En qué horario pasa el camión recolector? _____

¿Considera que hay algún déficit o tiene alguna sugerencia para el servicio de recolección? _____

Anexo 2. Cedula de registro de los datos recolectados en las viviendas durante los 8 días de la semana, según la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Determinación de la Generación.

Cedula de registro de muestreo NMX 061

No.	Fecha	Día	Peso de los residuos	Generación per cápita (Kg/Hab/Día)	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Anexo 3 Cedula de registro de determinación de peso in situ. Cedula de informe de campo para la determinación del peso volumétrico-"in situ" de los residuos sólidos municipales

Localidad _____ Municipio _____ Estado _____

Fecha y hora de la determinación: _____

Estrato socio-económico muestreado: _____

Condiciones climatológicas imperantes durante la determinación _____

Capacidad del recipiente _____ m³

Tara del recipiente _____ kg

Capacidad del recipiente, tomada para la determinación _____ m³

Peso bruto (peso del recipiente con residuos sólidos) _____ kg

Peso neto de los residuos sólidos (peso bruto tara) _____ kg

Peso volumétrico "in situ", de los residuos sólidos: _____ kg/m³

Responsable de la determinación:

Nombre: _____ Cargo _____

Dependencia o Institución _____

Observaciones: _____

Anexo 4 Cedula para selección y clasificación de los subproductos.

Cedula para la selección y cuantificación de los subproductos

Municipio _____ Estado _____

Fecha y hora del análisis _____ Peso de la muestra _____ Kg

Tara de las bolsas _____ Kg

Responsable del análisis _____ Dependencia o institución _____

No.	Subproducto	Peso en Kg	% en peso	Observaciones
	Cartón			
	Papel			
	Unicel			
	Residuos Finos			
	Tetra Pack			
	Huesos			
	Materia orgánica			
	Hule			
	Lata			
	Aluminio			
	Loza y cerámica			
	Madera			
	Material de Construcción			
	Material ferroso			
	Material no ferroso			
	Trapo			
	Vidrio			
	PET (1)			
	Duro (5)			
	Polietileno (bolsas) (4)			
	Soplado (2)			
	Pañales desechables			
	Otros			

Glosario

Residuo sólido

Comprende los desechos provenientes de actividades animales y humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o superfluos **Fuente especificada no válida..**

Residuo

Material o producto cuyo poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido, líquido semisólido o gas, contenido en recipientes o depósitos y que es susceptible a ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme lo dispuesto en la Ley **Fuente especificada no válida..**

Desechos sólidos

Son los residuos domésticos y desechos no peligrosos, como residuos comerciales, institucionales, de la calle y escombros de construcción (Agenda 21,1992).

Basura

Se considera basura a todo objeto que ya no tiene ningún uso futuro y por lo tanto se la debe eliminar (CARE Internacional-Avina, 2012).

Gestión integral de residuos sólidos

Se refiere a aquellas actividades asociadas al control; durante la generación, separación, almacenamiento, recolección pública, barrido, transporte, tratamiento y disposición final (CARE Internacional-Avina, 2012).

Valorización

Es el conjunto de acciones asociadas a la recuperación en el valor remanente o poder calorífico de los materiales, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica (CARE Internacional-Avina, 2012).

Residuos de Manejo Especial

Generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Residuos Peligrosos

Son aquellos que posean alguna de las características de CRETIB; Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, o que contengan agentes Biológicos infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en la LGPGIR.

Residuos Sólidos Urbanos

Generados en viviendas, resultan de la eliminación de materiales que utilizan en actividades domésticas, productos de consumo, envases, etc., que provienen de establecimientos o vías públicas y que generen residuos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de vías y lugares públicos.

Indicadores ambientales

se definen como el conjunto de parámetros diseñados para obtener información específica de algún proceso o función que actúe en la relación sociedad-entorno natural (Ferman, 2009) y son capaces de proveer información agregada y sintética sobre un fenómeno.