

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



**Metodología para la clasificación de los residuos sólidos urbanos,
domésticos en la ciudad de Torreón Coahuila**

Por:

Carolina Gómez Hernández

TRABAJO DE OBSERVACIÓN

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

**Metodología para la clasificación de los residuos sólidos urbanos,
domésticos en la ciudad de Torreón Coahuila**

Por:


Carolina Gómez Hernández

TRABAJO DE OBSERVACIÓN

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Aprobado por:



M.A.G.A Joel Limones Avitia
Presidente



M.C Samuel Ricardo Aguilar Noyola
Vocal



M.A.C.H Rubi Muñoz Soto
Vocal



Biol. María Isabel Blanco Cervantes
Vocal suplente



M.E. Javier López Hernández
Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Marzo 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓMICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

**Metodología para la clasificación de los residuos sólidos urbanos,
domésticos en la ciudad de Torreón Coahuila**

Por:

Carolina Gómez Hernández


TRABAJO DE OBSERVACIÓN


Presentado como requisito parcial para obtener el título del:


INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES


Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.A.G.A Joel Limones Avitia
Asesor Principal


M.C Samuel Ricardo Aguilar Noyola
Coasesor


M.A.C.H Rubi Muñoz Soto
Coasesor


Biol. María Isabel Blanco Cervantes
Coasesor


M.E Javier López Hernández
Coordinador Interino de la División de Carreras Agrícolas



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

AGRADECIMIENTOS

A mi madre: María Gabriela Hernández Castro por todo el sacrificio y apoyo incondicional para poder dar este gran paso en mi vida.

A mis hermanos, tíos maternos y abuelo materno por todo el apoyo que me dieron, por darme ánimos para seguir y apoyar mis decisiones sin importar cuales fueran.

A mi asesor principal por su apoyo y la gran confianza que deposito en mi para realizar este trabajo.

A mi ALMA TERRA MATER por darme la oportunidad de formarme como profesionista donde pude conocer gente maravillosa, con una gran diversidad de cultura, y excelentes maestros.

DEDICATORIA

A mi madre por inspirarme a seguir adelante sin importar lo complicado que resulto para las dos.

A mis hermanos quienes quiero y aprecio mucho, aunque casi no se los diga quienes también sirvieron como impulso para este gran paso de muchos que aún me faltan.

A mi esposo quien desde el primer momento en que lo conocí me a brindo su amistad, apoyo y su cariño, quien ha estado conmigo sin importar los problemas buenos o malos siempre me está apoyando e inspirándome día con día para salir adelante y ser una gran persona hoy y siempre.

RESUMEN

En este estudio se presentarán los principales métodos que vinculan la problemática ambiental con la economía en el contexto urbano. Los análisis económicos sobre los recursos naturales y el medio ambiente han ganado considerable relevancia. Por lo general, estos análisis se centran en tres áreas clave; la contaminación ambiental, explotación de recursos, renovable y no renovables, y la evaluación ambiental. (Aguilera Klink y Alcántara, 2011).

Por lo tanto, es importante cuestionarse ¿qué es el medio ambiente para nosotros? El medio ambiente se compone de un espacio dual en el que sus habitantes realizan todas sus funciones productivas, obteniendo todos los recursos necesarios para alterar su resultado final con diferentes niveles de valor agregado. No obstante, los desechos de los productos y consumidores son recibidos por este ecosistema, lo que da lugar a la economía ambiental, que se deriva de la teoría neoclásica. Dos de los temas más importantes de la economía ambiental son el manejo de las externalidades (el cual observa la valoración monetaria de los servicios y costos ambientales) y el análisis relacionado a la controversia del desabasto en los recursos no renovables enlazado a la cuestión de la asignación óptima intergeneracional (Aguilera Klink y Alcántara, 2011).

Palabras clave: Residuos Sólidos, Compost, Medio Ambiente

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Generalidades.....	1
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1	HISTORIA	2
2.2	La potencial de los RSO para transformarse en compost de excelente calidad.....	4
2.3	Los fundamentos biológicos para la gestión adecuada de los RSO.	5
2.4	Los desechos sólidos de la ciudad de Torreón.	6
3.1	Implementación del proyecto	8
3.2	Métodos empleados.....	10
3.3	Consideraciones tomadas durante el proceso de muestreo:	11
3.4	Zona de trabajo.....	13
3.5	Equipo y personal de seguridad en funcionamiento.....	14
3.7	Equipo laboral.	15
3.8	Recopilación.....	16
3.9	Análisis de datos estadísticos.	16
4.	RESULTADOS	17
5.	INVESTIGACIÓN.	22
5.1	Eventos extraordinarios de caracterización.	22
3.	CONCLUSIÓN.....	24
4.	LITERATURA CITADA	25
10	ANEXO.....	28
10.1	Itinerario de recolección de PASA.....	28
10.2	ANEXO 2 Colonias visitadas.....	32

LISTA DE CUADROS/TABLAS

1. Tabla 1. Categoría, sub-productos y componentes de los RSUD.....13
2. Tabla 2. Composición relativa de RSUD por sub-producto con base al peso..20
3. Tabla 3. Densidad volumétrica de los RSUD por sub-producto:.....20
4. Tabla 4. Colonias muestreadas, asociadas al valor.....21

LISTADO IMÁGENES/ FIGURAS

1.	Subproducto - Material No Reconocible, Finos < 4cm.DGMA.....	9
2.	Proceso de Separación de residuos por categorías. DGMA.....	9
3.	Figura 1. Rangos de pobreza de la ciudad de Torreón, 1 siendo rango de pobreza del 0% al 18% (azul cielo), rango 2 = 18% a 34% (verde agua), rango 3 = 34% a 50% (Verde), 4 = 50% a 70% (amarillo) y 5 = 70% al 100% (naranja), rojo es "sin clasificación (CONEVAL, 2015).....	11
4.	Figura 2. Polígonos de colonias (Unidad Catastral Municipal / Dirección de Ingresos.....	11
5.	Figura 4. Punto dentro del bosque urbano donde se realizó la clasificación de residuos. Imagen satelital de Torreón, Coahuila. 25°32'58.00"N 103°23'17.15"O (10 julio 2019, GoogleEarthPro).....	13
6.	Figura 5. Equipo de seguridad y toldo armable. 20 de octubre 2019, DGMA.....	14
7.	Figura 6. Señalización en el proceso de clasificación de residuos en Bosque Urbano de Torreón 20 de noviembre 2019, DGMA.....	15
8.	Figura 7. Puntos de muestreo en color rojo. Imagen satelital de Torreón, Coahuila. Imagen capturada usando programa GoogleEarthPro al 10 de julio de 2019.....	16
9.	Figura 8. Composición relativa de los RSUD por categorías.....	18
10.	Figura 9. Composición relativa de la categoría de Orgánicos.....	19
11.	Disposición de residuos, al final de cada evento de separación. DGMA.....	21
12.	Figura 10. Método de separación y clasificación practicado por EOCOCE. 08 de diciembre 2019, DGMA.....	23

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Debido a que es uno de los problemas y necesidades recurrentes en los planes de gestión ambiental de los territorios, el tratamiento adecuado de los residuos orgánicos (RO) se ha convertido en un tema de interés en la investigación. Con el aumento de la producción de RO, se avecinan desafíos socioambientales. Esto se debe principalmente al desarrollo social acelerado, el crecimiento continuo de la población y, por lo tanto, el aumento de la demanda de recursos. (Kaza *et al.*, 2018).

Hoy las actividades humanas han modificado profundamente el medio ambiente. En algunos casos las consecuencias del impacto sobre el suelo, las aguas y la atmosfera han sido drásticas. El nivel de emisiones con efecto invernadero, responsable del cambio climático, está aumentando debido a las actividades antrópicas. La expansión urbana ha generado un incremento de residuos domésticos, de manejo especial e industriales no peligrosos. Estos residuos son almacenados en lugares de disposición final; los cuales sin un manejo adecuado pueden traer problemas de contaminación en el aire, agua y suelo, como también de salud pública (Buenrostro y Bocco, 2003).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 HISTORIA

En América Latina y el Caribe, se acepta que los procesos de urbanización y expansión han experimentado un crecimiento notable significativamente desde la década de los ochenta. Mientras esto sucede, la demanda de recursos naturales incrementa, lo que a su vez conlleva a un aumento en la cantidad de RSU que necesitan ser transportados, tratados y finalmente eliminados. Este escenario ha llevado a que los entornos urbanos sean incapaces de manejar y mitigar de forma natural los impactos ambientales que se generan. Los RSU son clasificados en diferentes categorías según su origen: domésticos, industriales, agrícolas, comerciales, hospitalarios no peligrosos y de construcción. Entre ellos, la fracción de los Residuos Sólidos Domésticos (RSD) representa más del 50% (Bernstad A, et al., 2011, Tchobanoglous G, et al., 1998). Desde sus inicios, la administración de los RSU en las ciudades ha priorizado aspectos técnicos vinculados con la seguridad y la salud pública. Durante el proceso de gestión, se pasaban por alto los impactos negativos en los receptores ambientales y el papel de todos los participantes. Las autoridades se centraban principalmente en los costos económicos. Los costos económicos eran la principal preocupación las autoridades. En consecuencia, ha considerado que operar integralmente o realizar un manejo sostenible de los RSD solo ha sido posible en los países desarrollados (Hanandeh AE, et al., 2010). La inquietud por el medio ambiente nace en los años setenta y se concreta en 1972 a través del Proyecto PNUMA. En particular, la controversia relacionada a la administración integral de los residuos sólidos está siendo aceptada por varios países del mundo (AEMA, 2015; OCDE, 2001; Cepal, 2013). Según Rodríguez (2004), existe una conexión directa entre las actividades y recursos necesarios para los centros urbanos y los desechos que produce. Por lo tanto, es esencial contar con inventarios fiables y actualizados sobre la producción y composición de los desechos sólidos para lograr una gestión integral adecuada. Por lo tanto, estos inventarios son una herramienta de planificación efectiva para crear planes de manejo de desechos adecuados. Sin embargo, los datos estadísticos acerca de desechos urbanos (RSU) son inconsistentes en la mayoría de los países en vías de desarrollo por que provienen de fuentes diversas (Miezah et al., 2015, Wilson et al., 2015).

La gestión de los desechos sólidos municipales es un problema que enfrentan todos los países en desarrollo. El rápido ritmo de crecimiento de la población, la actividad económica, la urbanización y la industrialización se asocia con una generación acelerada de residuos, (Srivastava et al., 2015; Kumar et al., 2017; Butu and Mshelia, 2014). Por lo tanto, una gestión inadecuada de los residuos supone un grave problema medioambiental.

El destino de los residuos orgánicos exige, por tanto, soluciones, para reducir o evitar los efectos perjudiciales del medio ambiente (PEIXOTO, 2011), problema, que es aún más pronunciado cuando se trata de sólidos urbanos biodegradables desechos.

Los desechos sólidos biodegradables generalmente se incineran (Agarwal et al., 2005; Taylan et al., 2008) o se vierten en áreas abiertas, lo que puede causar problemas de salud y ambientales. Además, la incineración de desechos biodegradables con un alto contenido de humedad da como resultado la liberación de dioxinas (Katami et al., 2004), contaminantes altamente tóxicos y persistentes que representan una amenaza para los seres humanos y el medio ambiente (Paritosh et al., 2017). En este contexto, es necesario priorizar la gestión de residuos sólidos biodegradables, que pueden ser realizados tanto por autoridades gubernamentales responsables como por organizaciones no gubernamentales. entidades (asociaciones, cooperativas y empresas).

Debido a que es una estrategia económica y ambientalmente viable, las autoridades municipales encuentran de gran interés la gestión completa de los RSU. Se pueden implementar varias tecnologías para el tratamiento y el aprovechamiento de RSU, lo que reduce significativamente los gastos gubernamentales cuando se utilizan para su disposición final. Esto incluye el compostaje, la digestión anaeróbica la separación y recuperación de metales y polímeros, la pirolisis y la creación de combustible alternativo derivado de desechos o combustible de recuperación. (Salcedo, 2019).

El compostaje tiene varias ventajas sobre la incineración y el vertido, y es una solución eficaz para reciclar dichos desechos. Esto se debe a que tiene menores costos operativos, reduce los impactos ambientales y, lo más importante, el producto final se puede utilizar como fertilizante (Li et al., 2013). Esta técnica no solo reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos, sino que también contribuye a la mejora social, ecológica y económica, siendo la mejor alternativa para la gestión y transformación de los residuos orgánicos. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, los residuos orgánicos

domésticos deben ser reutilizados de manera eficiente en el ciclo económico y productivo antes de su disposición final (Ferreira et al., 2018).

Los países en vías de desarrollo, como México, enfrenta una gama diversa de problemas, incluida la crisis agrícola, la inseguridad alimentaria y las repercusiones de la contaminación provocada por una gestión deficiente de desechos sólidos orgánicos (RSO) mal manejados en la cadena alimentaria (Grupo Interagencial de Desarrollo Rural, 2007). Hoy en día, las actividades de la sociedad moderna basada en el consumo, el incremento de la población y la expansión de negocios han resultado en un notable aumento en la producción de residuos, destacando especialmente aquellos de origen orgánico o biodegradable (Wilson, 2006). Debido a que este trabajo no se ha manejado adecuadamente, el componente orgánico es el tema principal (Acurio et al, 1997). La polución de los suelos, las aguas superficiales y subterráneas, el aire y el entorno en su totalidad ha sido causado por la poca participación en el manejo de los RSO (Gobierno del Distrito Federal, 2003). En México, las ciudades generaban alrededor de 96,0 toneladas diarias de desechos, lo que equivale a 35 millones de toneladas anuales, según la Subsecretaría de Desarrollo Urbano. Según este organismo, en el año 2010 se produjeron 39.1 millones de entre la cantidad total de basura, aproximadamente la mitad consistía en desechos orgánicos susceptibles de ser tratados y reciclados por medio de procesos biológicos, con el fin de generar abono orgánico o biogás (Velasco, 2011). No hay datos claros sobre la cantidad de desechos producidos en áreas rurales, pero, al igual que en áreas urbanas, son manejados de manera inadecuada. En ocasiones, se emplean estiércoles directamente en los suelos sin someterse a procesos de descomposición biológica, lo que resulta en una disponibilidad retrasada para las plantas y ocasiona complicaciones fitosanitarias (Capistrán *et al.*, 2001).

2.2 La potencial de los RSO para transformarse en compost de excelente calidad.

Del Val (2005) resalta la contradicción inherente a la situación de los RSO, ya sea que provenga de áreas urbanas, industriales, agropecuarias o forestales. En primer lugar, nuestros suelos carecen de una gran cantidad de materia orgánica, mientras el mal uso u el simple abandono de estos desechos causan un gran daño al medio ambiente,

empeoran la contaminación del agua dulce y aumentan los costos del tratamiento (vertederos controlados e incinerados) y mantiene la falta de conciencia ambiental, abarcando también la parte que impacta a los agrícolas y la resistencia social hacia el manejo de los residuos.

Altieri (2008) indica que, a lo largo de la evolución de la agricultura, se ha recurrido a una diversidad de materiales orgánicos para mejorar la productividad de los cultivos. Sin embargo, como consecuencia de la revolución agrícola a partir del final del siglo XIX, esta costumbre ha ido disminuyendo en relevancia. El uso de fertilizantes inorgánicos en lugar de aportes orgánicos altero el equilibrio del suelo agrícola, lo que resulto en una disminución gradual de la calidad biológica del suelo y bajos rendimientos de cosecha.

Actualmente los fertilizantes químicos son principalmente utilizados en la agricultura de alta intensidad y en operaciones a gran escala, cuyo acto conlleva a la reducción de los niveles de materia orgánica en los suelos, con las consecuencias que ya se han señalado (Navarro et al., 1995; Lemus, 2001).

2.3 Los fundamentos biológicos para la gestión adecuada de los RSO.

Según diversos estudios biológicos, químicos, físicos y agronómicos, la materia orgánica en descomposición puede ser aprovechada para generar recursos valiosos para la humanidad, como el *compost* y la biodigestión para la producción de biogás (Capistran et al., 2001) el *compost* se describe como el resultado de la descomposición de residuos orgánicos aeróbicas. Es un material que no supone amenaza para la salud ambiental y social debido a su estabilidad, inodoro y parecido al humus.

En el transcurso del siglo, se han realizado una variedad de experimentos que han enriquecido el entendimiento científico del compostaje. Hace alrededor de 40 años, se llevaron a cabo experimentos similares, la tecnología de compostaje ha mejorado utilizando lombrices de tierra como *Eisenia andrei* y *Eisenia foetida* (*Lombricus* terrestres), lo que se conoce como compostaje de lombrices o vermicompostaje . Es una biotecnología que utiliza lombrices para producir humus de sustrato orgánico. Las lombrices se utilizan con frecuencia para el compostaje debido a su abundancia, estas

especies, reconocidas como composteras, son conocidas por su alto consumo de materia orgánica y su resistencia(Quintero et al., 2003).

2.4 Los desechos sólidos de la ciudad de Torreón.

Las administraciones municipales están más interesadas en la gestión integral de los RSU porque es una estrategia económica y ambientalmente viable. Hay una variedad de tecnologías para el tratamiento y aprovechamiento de RSU que pueden reducir significativamente los gastos gubernamentales cuando se utilizan para su disposición final. Algunos ejemplos incluyen el compostaje, la digestión anaeróbica, la separación y recuperación de metales y polímeros, la pirolisis y la creación de combustible alternativo derivado de desechos o combustible de recuperación.

Con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en su Artículo 10, así como en la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos para el Estado de Coahuila de Zaragoza en su Artículo 8, Fracción I, III y IV, así como el Reglamento de Desarrollo Sustentable y Protección al Ambiente del Municipio de Torreón, Coahuila en su Artículo 6 Fracción XXIV, XXV, Artículo 7 Fracción I y Artículo 180 Fracción I y VIII.

Lo establecido en el Programa de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Coahuila de Zaragoza fue publicado en el Periódico Oficial, 28 de mayo del 2013), el Ayuntamiento de Torreón, a través de la Dirección General del Medio Ambiente (DGMA), llevó a cabo acciones específicas durante el año 2019, con el propósito de simplificar el análisis y la planificación del manejo completo de los RSU en el municipio, se ha llevado a cabo un esfuerzo para recopilar datos sobre la composición de los residuos sólidos urbanos a nivel doméstico, utilizando estadísticas y metodologías rigurosas.

El área territorial abarca 1,255.98 km² y está dividida en dos polígonos no contiguos. El polígono norte, con una extensión de 306.17 km², constituye la zona urbana de Torreón, mientras que el polígono sur, que abarca 949.8 km², es conocido como Jimulco. Este último incluye la reserva ecológica municipal sierra y cañón de Jimulco, que cuenta con 9 ejidos y 17 localidades. A pesar de que el polígono sur representa el 75 % del área

municipal, solo 4,368 personas residen en el área total (INEGI, 2015). Dadas las limitaciones logísticas y la baja población en esta área, la investigación no contempla datos sobre la producción y la estructura de los RSU en el polígono sur de Torreón.

En el 2019, la ciudad de Torreón tenía una población de 724,386 habitantes, de acuerdo con los datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO). Matamoros en Coahuila, Gómez Palacio y Lerdo en Durango, y otras ciudades y unidades que comparten actividades comerciales e industriales, conforman la zona metropolitana llamada “La Laguna”, con una población de 1,369,939 habitantes en 2019 (CONAPO, 2019). Como se mencionó anteriormente, Torreón es el Municipio con la mayor población porque hay al menos un millón de personas que trabajan en esta zona.

Según la información proporcionada por el Instituto Municipal de Planeación y Competitividad de Torreón, durante el año 2019 se contabilizaron 535 colonias que comprendían un total de 11,054 manzanas, de las cuales 9455 estaban habitadas. En el mismo periodo, la cantidad de residuos sólidos urbanos diarios generados en el relleno sanitario de este municipio oscilaba entre 559.16 y 575.88 toneladas, según datos del DSPTRC correspondientes a los años del 2016 al 2018. En enero del 2020, la empresa promotora ambiental S.A. de C.V. destinó \$ 486.06 más IVA por tonelada para la recolección y transporte de los desechos domésticos al relleno sanitario, lo que representó un gasto mensual aproximado de \$ 9,800,000.00 en desechos domésticos. Como consecuencia de esto, la empresa PASA dispone de 44 camiones para operar en toda la ciudad.

En Torreón, al igual que en otros municipios de México, se lleva a cabo la pepena de manera informal. Es inexistente la cantidad de pepenadores y su contribución a la separación y composición final de los desechos porque no hay gremio o registro público.

Conocer la estructura de los RSUD ayuda a justificar y garantizar la seguridad de los proyectos municipales de tratamiento de desechos que ahorren dinero para el gobierno.

En dos ocasiones, la DGMA ha intentado obtener información sobre la estructura y generación de RSU en Torreón. La primera vez fue en colaboración con la empresa SUSTENTA, compromiso empresarial para el manejo integral de los residuos sólidos A.C., a través de un documento titulado “características de los RSU de Torreón en 2009”. La segunda ocasión fue con la empresa ECOCE A.C., en 2019, de la cual solo se cuenta con un informe. Sin embargo, lamentablemente los resultados de estas investigaciones

no se hicieron públicos, debido a la falta de información confiable sobre la estructura de los RSU, el ayuntamiento de Torreón en colaboración con la DGMA, la dirección de servicios públicos, el instituto municipal de planeación y competitividad de Torreón, así como investigadores del programa de ciencias agrarias de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y del centro interdisciplinario en investigaciones y estudios, iniciaron un trabajo en enero del 2019. Además, estudiantes del instituto tecnológico superior de Lerdo, con el apoyo de la regidora Elizabeth Pérez Alemán y la regidora Leonor Jacob Rodríguez, comenzaron a recolectar muestras estadísticas para registrar la composición relativa de los RSU de Torreón.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Implementación del proyecto

La justificación estadística, la aceptación internacional y la flexibilidad para adaptarse a las circunstancias y recurso disponibles fueron los principales objetivos de la metodología actual. Sin embargo, esto no comprometió la autenticidad de los resultados. Los siguientes documentos describen como se implementó el protocolo de muestreo:

- Una revisión de artículos científicos sobre muestreos de desechos llamado “Composición de desechos sólidos municipales: métodos de muestreo, análisis estadístico y evaluación de casos de estudio”. “Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation” (Edjabou et al., 2014),
- Dos enfoques sugeridos a nivel mundial para muestras de residuos urbanos ; “Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool) - User Version”, de la Comisión Europea (2004) y “Solid Waste, Municipal: Sampling And Characterisation Nordtest Method Nt Envir 001” del Centro de Innovación Nórdico (1995),
- “Composición y Generación de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de México durante 2008-2009” es un caso práctico de muestreo de RSU en México.

- Incluye los Generados que se encuentran en la central de Abasto del DF (Ledesma, Saucedo, & Tovar, 2014).
- Las normas mexicanas NMX-AA-019-1985, NMX-AA-022-1985 y NMX-AA-091-1985.

Es crucial resaltar que la metodología se ajusta a un entorno lógico, económico y de recursos humanos particular para Torreón durante el periodo gubernamental de 2019-2021. Asimismo, se adapta a los intereses específicos de la administración municipal y los centros de investigación, con el propósito de evaluar la factibilidad de diversos proyectos de gestión de residuos que ya ha sido planificados. Por lo tanto, los documentos mencionados fueron una guía para adaptar un método propio. Es crucial señalar que no todas las normativas mexicanas fueron implementadas. Por ejemplo, la NMX-AA-022-1985 propone solo 26 subproductos, de los cuales 10 carecían de la información necesaria para tomar las consideraciones adecuadas para este proyecto. Por ejemplo, agregar cuatro subproductos adicionales (transparente, ámbar, verde, oscuro) al proceso de separación no fue justificado por que el vidrio en general carece de valor de venta en el mercado de reciclaje. De manera similar, la NMX-AA-061-1985 sugiere medidas que tienen una alta probabilidad de generar sesgos de información debido a la conexión entre la participación de la ciudadanía y la resistencia de los participantes a omitir información por distorsionar el objetivo del estudio.



Subproducto - Material No Reconocible, Finos < 4cm. DGMA



Proceso de Separación de residuos por categorías. DGMA

3.2 Métodos empleados.

La información empleada en este proyecto para el muestreo de los RSU de la ciudad de Torreón se resume de la siguiente manera:

1. Se recopilar al menos el 1% de los RSUD recolectados diariamente en la ciudad (en Torreón esto equivale a 5.5 a 57 ton o el equivalente a 45 m³) sin compactar.
2. Se toman muestras distribuidas al azar que se cubran al menos 2% de todas las manzanas del municipio.
3. Se aíslan áreas industriales, comerciales y terrenos baldíos para recolectar más de 20 kg o 200 litros (1 tambo) de RSU sin compactar por cada manzana.
4. Se segmentar la muestra teniendo en cuenta tanto el nivel de pobreza (Figura 1) como el valor catastral (Figura 2).
5. Se lleva a cabo la recolección espontánea fuera de los hogares, realizando las visitas necesarias para cumplir con el mínimo mencionado en el primer punto.
6. La recolección de muestras se realiza de acuerdo con el itinerario programado con PASA, al menos media hora antes.
7. Los desechos se dividen en 1 categoría y 4 subproductos.
8. Se realiza la separación manual sin cuarteo.
9. Se emplea un recipiente de volumen conocido y una báscula electrónica para calcular el peso volumétrico (Cubeta de 20 L y báscula 0.1 – 500 kg).
10. Se completa una bitácora del proceso de muestreo que registra todos los eventos.

11. Toda la zona se limpiaba al final de cada muestreo y separación para evitar contaminación entre las muestras.

3.3 Consideraciones tomadas durante el proceso de muestreo:

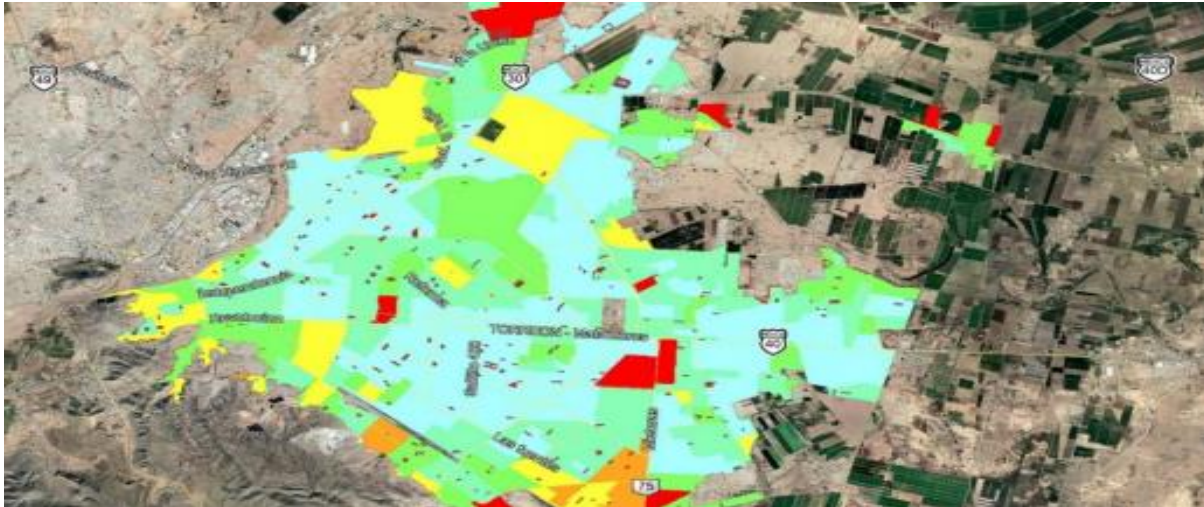


Figura 1. Rangos de pobreza de la ciudad de Torreón, 1 siendo rango de pobreza del 0% al 18% (azul cielo), rango 2 = 18% a 34% (verde agua), rango 3 = 34% a 50% (Verde), 4 = 50% a 70% (amarillo) y 5 = 70% al 100% (naranja), rojo es "sin clasificación (CONEVAL, 2015).



Figura 2. Polígonos de colonias (Unidad Catastral Municipal / Dirección de Ingresos,

- Si la cantidad recolectada no alcanza los 200litros, se busca agregar otra manzana cerca. En caso de que solo un hogar proporcione la cantidad requerida, se reserva una parte que el menos otro hogar mas pueda contribuir.
- Durante la recolección, el equipo se identificaba como parte del servicio de limpieza municipal para evitar molestias y reclamos por parte de los ciudadanos. Se utilizaban overoles o uniformes que los distinguían como parte del personal de limpieza.
- En caso de detectarse contaminación entre los subproductos, se utilizaba el peso del producto con la mayor cantidad para clasificarlos. Por ejemplo, si una bolsa de polietileno de dos lt estaba contaminada con desechos líquidos de alimentos, se clasificaba como desecho de alimentos, ya que incluso una bolsa nueva y seca puede contener fácilmente mas de 2 gr de desechos líquidos adheridos a su superficie.
- Se requería tener un contenedor o estar cerca de un centro de transferencia para depositar los muestreos diarios.
- En caso de lluvia, solo se recolectaban bolsas de residuos solidos urbanos domésticos cerradas para evitar cambios o variaciones debido a la humedad.
- Se colocaba el material recolectado sobre suelos impermeables o lonas de plástico para reducir las pérdidas por escurrimiento.
- Aunque algunos líquidos pudieran ser aptos para el consumo humano, se clasificaban como “líquidos en general” para su manejo adecuado.

Tabla 1. Categoría, sub-productos y componentes de los RSUD

CATRGORIA	SUB- PRODUCTO	COMPONENTE
Orgánicos	Cocina/Alimentos	Evidentemente provenientes de la elaboración y desaprovechamiento de alimentos
	Poda/Jardín	Hojarasca, ramas, troncos, arreglos florales.
	Aceite Comestible	Evidente aceite comestible, color amarillo claro a café oscuro.
	Otros Orgánicos	Cadáveres de animales, huesos, excretas, evidente material orgánico que no podía ser reconocido.

La categorización de 1 producto y 4 sub-productos, con algunos componentes que representan un ejemplo de cada caso, se muestra en la Tabla 1.

3.4 Zona de trabajo.

Es fundamental disponer de un lugar central o de acceso sencillo, que esté ventilado o al aire libre, y que esté disponible todos los días de la semana para llevar a cabo la clasificación de los desechos. En esta investigación, se utilizó la parte inferior derecha del Bosque Urbano de la ciudad de Torreón, que cumple con estas características (ver Figura4). Se acondicionó un área de 40 metros cuadrados y se instaló un toldo desmontable de 16 metros cuadrados para promocionar sombra y protección contra la lluvia



Figura 4. Punto dentro del bosque urbano donde se realizó la clasificación de residuos. Imagen satelital de Torreón, Coahuila. 25°32'58.00"N 103°23'17.15"O (10 julio 2019, GoogleEarthPro).

3.5 Equipo y personal de seguridad en funcionamiento.

Para este muestreo, hay seis empleados operativos; un jefe del proyecto y cinco ingenieros relacionados con el medio ambiente. Cada miembro del equipo participó en todo el proceso desde la recolección hasta la clasificación manual. Se empleó un overol completo con el emblema del departamento de limpieza. La protección ocular, mascarillas o cubrebocas, guantes de látex y de carnaza, sombrero o gorra, calzado resistente fueron elementos esenciales en esta iniciativa (ver figura 5). Se utilizó alcohol en gel constantemente para la limpieza.



Figura 5. Equipo de seguridad y toldo armable. 20 de octubre 2019, DGMA

3.7 Equipo laboral.

El equipamiento empleado en el presente proyecto consiste en :

- Una camioneta pickup Fiat Strada de tamaño pequeño para la recolección y transporte.
- Se utilizaron seis contenedores de plástico de alta densidad (PEAD) de 220 Litros para la recolección y medición.
- Para el traslado, separación, pasaje y cálculo del peso volumétrico de los desechos se emplearon 15 cubetas de 20 litros.
- Se colocaron 43 señalamientos laminados en 43 estacas para identificar el área de separación de los subproductos(ver Figura 6).
- Mapas de ubicaciones y planeación de logística impresos a color.
- Se emplearon 15 lonas recicladas de gran tamaño en las áreas designadas para el vaciado y la separación por categorías. Para la manipulación y limpieza, se utilizaron tres escobas, tres recogedores, tres palas planas y un pico. El cálculo de volumen y el peso se llevó a cabo utilizando una báscula digital con capacidad de 0,1kg a 500kg.



Figura 6. Señalización en el proceso de clasificación de residuos en Bosque Urbano de Torreón 20 de noviembre 2019, DGMA.

3.8 Recopilación.

El itinerario de la ruta PASA se utilizó para completar el viaje de recolección (Anexo 1). El lunes, miércoles y viernes son los días de ruta del norte, mientras que el martes, jueves y sábados son los días de ruta del sur. Las recolecciones no se realizan los domingos, sin embargo, este día PASA brinda atención a los ejidos y polígonos sur de la ciudad. Se tomaron cho muestras por día. La Figura 7 muestra los lugares donde se recopilan.

3.9 Análisis de datos estadísticos.

Los resultados se presentan mediante el valor promedio de 86 repeticiones, acompañados de sus respectivas desviaciones estándar (DS), coeficiente de variación (CV) e intervalos de confianza al 95%(Intervalos de Confianza del 95%). En la primera etapa del procedimiento estadístico, se llevó a cabo un análisis descriptivo para organizar y clasificar todas las variables. La segunda etapa comprendió el cálculo de estadísticas entre variables, las cuales fueron evaluadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial después de verificar la normalidad de los datos. Se utilizó el programa Sigma Plot 12.0 (Systat Software, Inc.) para el análisis estadístico, y las diferencias se consideraron significativas únicamente cuando $p < 0.05$.



Figura 7. Puntos de muestreo en color rojo. Imagen satelital de Torreón, Coahuila. Imagen capturada usando programa GoogleEarthPro al 10 de julio de 2019.

4.RESULTADOS

La recopilación de muestras se inició el 2 de octubre de 2019 y concluyó el 23 de noviembre de 2019, abarcando un total de 29 días de trabajo. Se registro cada día de recolección y caracterización desde su inicio hasta su final. El edificio presidencial en Plaza Mayor era el lugar de reunión. Cada evento duraba entre cuatro y cinco horas diarias, comenzando con la recolección y terminando en la limpieza del área de trabajo.

Durante el otoño, la ciudad celebro cinco festividades importantes: el Día de San Judas, Halloween, el Día de Todos los Santos, el Día de Muertos y el Día de la Revolución Mexicana. Durante este periodo, se registraron solo dos días de lluvia, el 12 y 13 de noviembre. En esos días, únicamente se recogieron RSUD que estuvieran en bolsas cerradas, sin necesidad de ajustar su peso. Esta práctica se alinea con las recomendaciones de diversos estudios de caracterización de RSU, que advierten sobre el impacto que las precipitaciones pueden tener en el peso de los desechos. Por otro lado, se ha constatado que los residuos pueden tener un amplio rango de humedad(20% al 70%), lo que hace que calcular un factor de corrección en días lluviosos resulte poco práctico (Durán et al. 2012, Ledesma, Saucedo y Tovar, 2014, Ozcan et al., 2016).

Se seleccionaron al azar 223 manzanas para el muestreo en terrenos baldíos, tiendas o espacios industriales.

Se recopilaron muestras de alrededor de 220 litros en cada sitio. Se realizaron un total de 86 eventos de recolección, lo que implicó visitar más de 370 hogares distribuidos en 119 colonias. Esto equivale al 22.2% de las 535 colonias registradas en Torreón(listas de anexos2). (Unidad Catastral Municipal / Dirección de Ingresos, 2019).

Se recogieron 49.06metros cúbicos de RSUD, con un peso total de 5,478.04kg. esto representa aproximadamente el 1% de las 559.16 a 575.89 toneladas generadas diariamente (DSP-TRC, 2016, 2017, 2018).

La composición relativa se determinó tras la separación basada en el peso, categoría y subproductos (figura6). Como consecuencia, no se observó una diferencia significativa en la composición relativa entre las categorías de productos organicos, plásticos y derivados de petróleo, tal como se presenta en las figuras 7 y 8.

Figura 8. Composición relativa de los RSUD por categorías

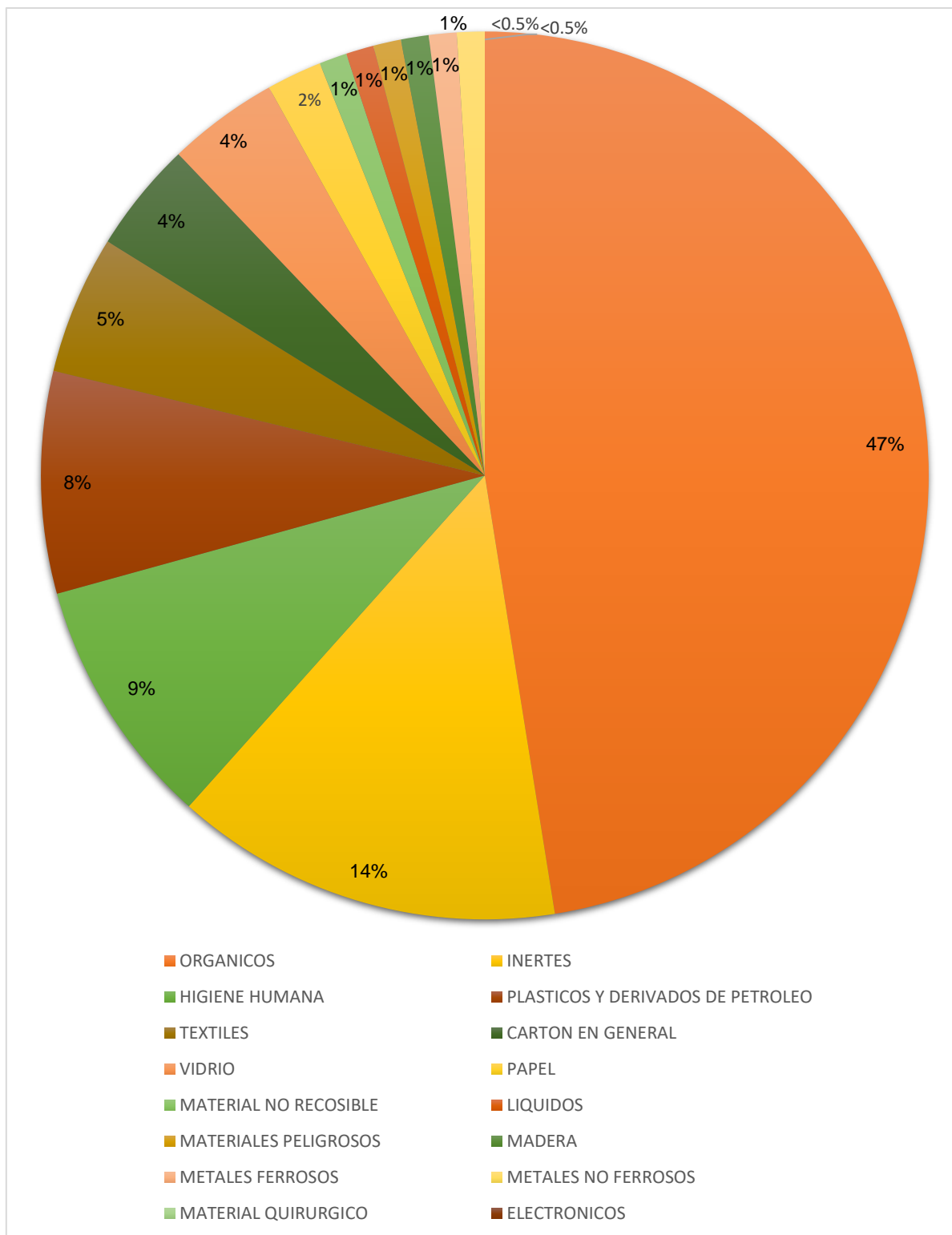
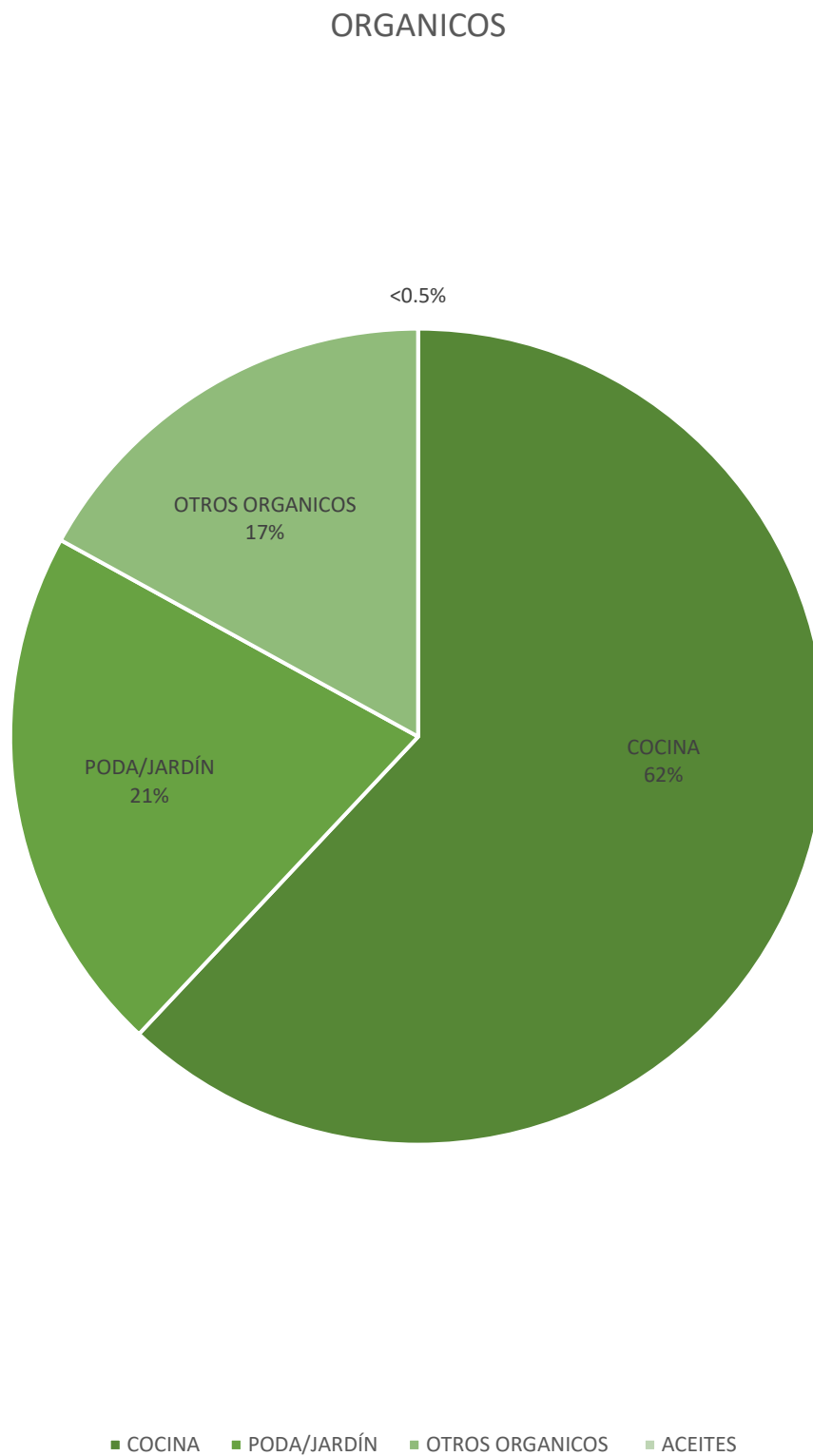


Figura 9. Composición relativa de la categoría de Orgánicos



Se calculo la proporción relativa según el peso mediante separación (Tabla 2), y no se observaron variaciones significativas en la producción durante días festivos ni en los dos días de llovizna, por lo tanto, estos datos también fueron incorporados en la tabla siguiente.

Tabla 2. Composición relativa de RSUD por sub-producto con base al peso

Composición de RSUD*	-IC95%	Media	+IC95%	±(DS)
Peso(kg) por tambo 220 L	23.54	24.78	26.07	9.36
Cocina	26.5%	29.3%	32.2%	13.32%
Poda/Jardín	8.7%	11.0%	13.3%	10.64%
Aceite	0.0%	0.2%	0.6%	1.60%
Otros Orgánicos	7.3%	8.8%	10.4%	7.27%

*N=86. IC95%: Intervalo de confianza al 95%. DS: Desviación Estándar

Se determino la densidad volumétrica(DV) de los desechos para calcular su peso proporcional. En promedio, los RSUD mezclados, sin compactación y sin retirar las bolsas o contenedores en los que se recolectaron, presentaron una DV estándar de 0.113ton/m³. (±0.043ton/m³). Además, después de la separación y de retirar las bolsas o contenedores, los RSUD mezclados mostraron una DV promedio de 0.214 ton/m³ (más o menos 0.082ton/m³). La Tabla 3 muestra los valores para cada subproducto.

Tabla 3. Densidad volumétrica de los RSUD por sub-producto:

Densidad Volumétrica RSUD en ton/m3. N=86	- IC95% ton/m3	Media ton/m3	+IC95% ton/m3	±(dS) ton/m3
RSUD con bolsa	0.107	0.113	0.118	0.043
RSUD SIN bolsas	0.142	0.214	0.308	0.082
Cocina sin retirar impurezas	0.192	0.205	0.218	0.059
Cocina libre de impurezas	0.378	0.424	0.471	0.047
Poda/Jardín	0.113	0.134	0.156	0.101
Aceite contenido	0.036	0.050	0.065	0.069
Otros Orgánicos	0.198	0.221	0.244	0.105

En cuanto a la política pública, es importante tener en cuenta si hay una parte de la comunidad puede tener influencia en las variables de medición, lo que podría necesitar la implementación de ciertas medidas o estrategias para garantizar el resultado esperado de un proyecto específico. Al comparar la composición relativa de los desechos en relación con los niveles de Pobreza y los Valores Catastrales (1-\$100/m², \$101-\$200/m², \$201-\$300/m², \$301-\$400/m², \$401-\$500/m², \$501-\$600/m², \$601-\$1000/m², \$1001-\$2000/m², más de \$2001/m²), no se observó una diferencia significativa (p<0.05) entre las categorías y los sub-productos del proyecto. Según estos resultados, se determinó

que no es necesario dividir las campañas de educación ambiental entre la recolección y la producción de desechos. La Tabla 4 muestra el número de colonias seleccionadas al azar con el valor catastral.

Tabla 4. Colonias muestreadas, asociadas al valor

Número de colonias	Valor catastral*
5	\$1.00 - \$100.00 por m2
17	\$101.00 - \$200.00 por m2
18	\$201.00 - \$300.00 por m2
11	\$301.00 - \$400.00 por m2
13	\$401.00 - \$500.00 por m2
19	\$501.00 - \$600.00 por m2
8	\$601.00 - \$800.00 por m2
7	\$801.00 - \$900.00 por m2
11	\$901.00 - \$2000.00 por m2
10	> \$2,001.00 por m2

*Valores catastrales tomados de Unidad Catastral Municipal / Dirección De Ingresos 2019



Disposición de residuos, al final de cada evento de separación. DGMA.

5. INVESTIGACIÓN.

Cada evento de muestreo tenía sus propias bitácoras de muestreo en las que se registraban los horarios de muestreo, las colonias y los eventos importantes durante el proyecto. (Las bitácoras y hojas de muestreo están archivadas físicamente en el archivo de DGMA y no se presentan en este documento).

5.1 Eventos extraordinarios de caracterización.

No es la primera ocasión en la que lleva a cabo un proyecto de RSU en la ciudad de Torreón. Se han registrado y documentado otros dos eventos adicionales.

En septiembre de 2009, se llevó a cabo el primer proyecto en colaboración con la Universidad Ibero-americana campus Laguna y R. Ayuntamiento de Torreón, durante la administración de José Ángel Pérez Hernández, miembro del PAN. El proyecto fue realizado por "SUSTENTA, Compromiso Empresarial para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos A.C".

Las muestras se consideran representativas de los estratos socioeconómicos bajo, medio y alto. El análisis se llevó a cabo utilizando desechos producidos en tres colonias: Moderna, Estrella y San Isidro. Además de estas tres colonias, se tomó muestra del Mercado Juárez. Se llevaron a cabo muestreos los días 17 y 18 de septiembre del 2009. Se recolectó una muestra de 117.54kg de las colonias y una muestra 50.72kg del mercado.

El segundo análisis de residuos del que se tiene constancia se llevó a cabo en diciembre de 2019, poco después de concluir esta investigación. La organización de este evento fue ECOCE A.C., organización comprometida con la creación y divulgación de programas educativos ambientales, iniciativas de comunicación y actividades de rescate ecológicos, como jornadas de limpieza con el objetivo de prevenir el incorrecto manejo de residuos especiales y fomentar su reciclaje. Un conjunto de emprendedores que previamente estaban involucrados en la industria

del plástico estableció esta empresa, lo que llevó a que su enfoque en ECOCE se alineara con los intereses de dicho grupo. En esta instancia, la recolección de muestras se realizó en el Relleno Sanitario de PASA, el cual enlaza la ciudad de Torreón con la autopista Matamoros-Saltillo. Del 7 al 8 de diciembre se realizaron muestreos. La técnica utilizada aún no ha sido publicada (Figura 10). Se sabe que se empleó el contenido completo de cuatro camiones de carga trasera del servicio de recolección como muestra. La caracterización se enfocó principalmente en residuos de petróleo, cartón, papel, metales ferrosos y no ferrosos, así como vidrio; todos los otros fueron categorizados como “no valorizables”. En esta categoría final, se incluyeron mezclas de subproductos como inertes, materia orgánica y madera, entre otros.

Los resultados de este proyecto son diferentes con los de los trabajos anteriores. El tipo de metodología utilizada, especialmente en lo que respecta al tamaño, la representatividad estadística y la distribución de la muestra, puede estar relacionado con este proyecto debido a la comparación entre los trabajos que resultan difíciles. Para realizar cualquier comparación, es fundamental inicialmente examinar la metodología empleada en todos los estudios para de incertidumbre.



Figura 10. Método de separación y clasificación practicado por ECOCE. 08 de diciembre 2019, DGMA.

3. CONCLUSIÓN.

Se cree que este proyecto proporciona una información más amplia y precisa, con resultados precisos y estadísticos, mediante la evaluación de la cantidad de los residuos recolectados, el área geográfica abarcada, la cantidad de muestras y el análisis metodológico. Esta información podría ser empleada en proyectos futuros de manejo integral de residuos, lo cual podría facilitar la toma de decisiones más sólidas en beneficio del medio ambiente y la sociedad.

4. LITERATURA CITADA

1. Acurio G., Rossin A., Teixeira P.F., Zepeda F. 1997. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe. Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana. Washington, D.C. 130 pp.
2. AGARWAL, A.; SINGHMAR, A.; KULSHESTHA, M.; MITTAL, A. K. Municipal solid waste recycling and associated markets in Delhi, India. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 44, n. 1, p. 73-90, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2004.09.007>
3. Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) (2015). El medio ambiente en Europa: Estado y perspectivas 2015. Informe de síntesis. Copenhague: Agencia Europea de Medio Ambiente.
4. Aguilera Klink, F. y Alcántara, V. (2011). De la economía ambiental a la economía ecológica. Barcelona: CIP Ecosocial.
5. Altieri M.A. 2008. Movilizándonos para rescatar nuestro sistema alimentario. <http://www.ecoportel.net/content/view/full/78323> (Visitado noviembre 2011)
6. Bernstad A, Jansen JLC, Aspegren H. Life cycle assessment of a household solid waste source separation programme: a Swedish case study. *Waste Management & Research*. 2011;29(10):1027- 42. ISSN 0734-242X.
7. BUTU, A. W.; MSHELIA, S. S. Municipal solid waste disposal and environmental issues in Kano metropolis, Nigéria. *British Journal of Environmental Sciences*, v .2, n.2, p. 10- 26, 2014.
8. Capistrán F., Aranda E., Romero J.C. 2001. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. S y G editores, S. A. de C. V. México D. F. 150 pp.
9. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) (2013). Acceso a la información, participación y justicia en temas ambientales en América Latina y el Caribe. Situación actual, perspectivas y ejemplos de buenas prácticas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
10. CONAPO (2019). Proyecciones de población en Zona Metropolitana. Recuperado de: www.conapo.gob.mx/images/Proyecciones_de_Poblacion_ZM. Consultado el 02/12/19
11. CONEVAL (2015). Medición de Pobreza a nivel municipio 2010 – 2015. Recuperado de: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipal.aspx>. Consultado el 02/03/19
12. Del Val A. 2009. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos, consideraciones básicas. Primer Catálogo Español de Buenas Prácticas. Construcción de la ciudad sostenible. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Madrid, España. <http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html> (Noviembre 2009).
13. Durán, A., Garcés M., Velasco A., Marín J., Gutiérrez R., Gutiérrez A. & Delgadillo N. (2012) Mexico City's Municipal Solid Waste Characteristics And Composition Analysis *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (1) 39-46, 2013.
14. Edjabou, M. E., Jensen, M. B., Götze, R., Pivnenko, K., Petersen, C., Scheutz, C., & Astrup, T. F. (2015). Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management*, 36, 12-23. doi:

10.1016/j.wasman.2014.11.009

15. European Commission (2004). Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool) - User Version. 5th Framework Program, EU, Vienna. Recuperado de www.swa-tool.net. Consultado el 05/02/19.
16. FERREIRA, A. K. C.; DIAS, N. S.; SOUSA JUNIOR, F. S.; FERREIRA, D. A. C.; FERNANDES, C. S.; LUCAS, L. E. F. et al. Physicochemical and microbiological properties and humic substances of composts produced with food residues. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 1, p. 180-189, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n1p180>
17. Gobierno del Distrito Federal, 2003. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal, 2003. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.
18. Grupo Interagencial de Desarrollo Rural-México, 2007. Temas Prioritarios de Política Agroalimentaria y de Desarrollo Rural en México. Banco Mundial, CEPAL, FAO, IICA. Lemus, A., 2001. "¿Qué se puede hacer con la basura? Compost y compostaje". Parte 1. Desde la Ciencia 4: 5-13.
19. Hanandeh AE, Abbas EZ. Life-Cycle assessment of municipal solid waste management alternatives with consideration of uncertainty: SIWMS development and application. *Waste Management & Research*. 2010;30(5):902-11. ISSN 0956-053X.
20. INEGI, 2015. Encuesta Intercensal (2015). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015>. Consultado el 21/04/19.
21. KATAMI, T.; YASUHARA, A.; SHIBAMOTO, T. Formation of dioxins from incineration of foods found in domestic garbage. *Environmental Science and Technology*, v. 38, n. 4, p. 1062-1065, 2004. <https://doi.org/10.1021/es030606y>
22. Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 (© World Bank). <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
23. KUMAR, S.; SITH, S. R.; FOWLER, G.; VELIS, C.; KUMAR, J.; ARYA, S. et al. Challenges and opportunities associated with waste management in India. *Royal Society Open Science*, v. 4, n. 3, p. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1098/rsos.160764>
24. Ledesma Velásquez, M. T., Saucedo Castañeda, G., & Tovar Gálvez, L. R. (2014). Composición y Generación de Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de México durante 2008-2009. Incluye los Generados en la Central de Abasto del D. F (2nd ed.). México City, México: UAM, UNAM, IPN.
25. LI, Z.; LU, H.; REN, L.; HE, L. Experimental and modelling approaches for food waste composting. *Chemosphere*, v. 93, n. 7, p. 1247-1257, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.064>
26. Miezah, K., Obiri Danso, K., Kádár, Z., Fei-Baffoe, B. y Mensah, M.Y. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. *Waste Management*
27. Navarro-Pedreño, Moral-Herrero, Gómez-Lucas, Mataix-Beneyto, 1995. Residuos Orgánicos y Agricultura. Edición electrónica Espagráfic, Universidad de Alicante. España.

28. O. Buenrostro y G. Bocco. "Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives". *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 39, No. 3, 2003, pp. 251-263.
29. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2001). *OECD Environmental Indicators 2001. Towards sustainable development*.
30. PARITOSH, K.; KUSHWAHA, S K.; YADAV, M.; PAREEK, N.; CHAWADE, A.; VIVEKANAND, V. Food Waste to Energy: An Overview of Sustainable Approaches for Food Waste Management and Nutrient Recycling. *BioMed Research International*, v. 2017, 19 p., 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/2370927>
31. PEIXOTO, R. T. G. Compostagem. In: PEIXOTO, R. T. G. dos. *Sistema de produção de alface orgânico*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. Online. Disponível em: . Acesso em: 13 mar. 2015.
32. Quintero L.R., Ferrera C.R., Ethevers B.J., García C.N.E., Rodríguez K.R. Alcántar G.G., Aguilar S.A., 2003. Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 21, Núm. 1, enero-marzo, pp. 73-80 Universidad Autónoma Chapingo México.
33. Rodríguez, S. (2004). Diseño de un modelo matemático de generación de residuos sólidos municipales en Nicolás Romero, México. Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, México.
34. Salcedo D. 2019 Muestreo y composición de Residuos Sólidos Urbanos Domésticos en la ciudad de Torreón, Coah. 2019-2020. Dirección General de Medio Ambiente. Coahuila, México.
35. SRIVASTAVA, V.; ISMAIL, S. A.; SINGH, P.; SINGH, R. P. Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 14, n. 2, p. 317-337, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s11157-014-9352-4>
36. TAYLAN, V.; DAYIHA, R. P.; SREEKRISHNAN, T. R. State of municipal solid waste management in Delhi, the capital of India. *Waste Management*, v. 28, n. 7, p. 1276- 1287, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.017>
37. Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. En: Mc Graw-Hill; 1998. p. 1087. ISBN 978-00706-323.
38. Velasco-Velasco J. 2012. Planta piloto de compostaje: Biotecnología de descomposición de residuos orgánicos agroindustriales. Propuesta mecanografiada. Subdirección de Investigación, Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados, México.
39. Wilson G. 2006. Recycling urban organic wastes via rooftop micro farms. *Urban Agriculture Network-Western Pacific*. www.greenroofs.com. Visitado en mayo de 2011.
40. Wilson, D., Rodic, L., Cowing, M., Costas, A., Whiteman, A., Scheinberg, A., Vilches, R., Masterson, D., Stretz, J. y Oelz, B. (2015). "Wasteaware" benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Management*, 35, 329-342. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.10.006>

10 ANEXO

10.1 Itinerario de recolección de PASA

28

RUTA SUR	COLONIAS	HORARIOS
1 SUR	Cerro de Cruz	7:00
	Torreón Viejo	7:00
	20 de noviembre	10:00
	Miguel Hidalgo	10:00
	Victoria	13:00
	La Libertad	12:50
	La Maclovio Herrera	13:00
	Martínez Adame	10:00
	Aguiles Serdán	12:00
	Plan de Ayala	12:00
	Col. Ana Ann	9:00 9:30
2 SUR	Antigua Aceitera	7:00
	Compresora	9:00
	Constancia	14:00
	San Joaquín	11:00
	Jacobo Meyer	11:00
	Caleras Solares	9:00
	Duranguña	10:00
Vista Hermosa	10:00	
Caleras Martínez Guadalupe	9:00	
3 SUR	Diana María Galindo	13:00
	Nueva Creación	13:00
	Francisco I. Madero	8:00
	Zacatecas	12:00
	Col. Metalúrgica	10:00
	Vicente Guerrero	9:00
Braulio Fdez. Aguirre	13:00	
4 SUR	Fuentes del Sur	7:00
	La Fuente	7:00
	Amp. Fuentes	7:00
	Impulso Comunal	9:00
	Bellavista	9:00
Rancho La Merced	7:00	
5 SUR	Primera Rinconada	7:00
	Col. Rinconada	7:00
	Segunda Rinconada	8:00
	Nueva Creación	13:00
	La Morelos	11:00
	Polvorera	10:00
	José Ramírez Mijares	11:00
	Camilo Torres	11:00
	Buenos Aires	12:00
	La Fe	12:40
	Nvo. México	13:00
	Fco I. Madero	13:00
	Primer de mayo	12:00
	Justo Sierra	12:00
Diana Ma. Galindo	13:00	
6 SUR	Vencedora	7:00
	Nva. Aurora	8:00
	Luis Echeverría	10:00
7 SUR	Eduardo Guerra (de la Calle M a Paseo del Ángel)	9:00
Valle Dorado	12:00	
8 SUR	Miguel Alemán	7:00
	Jesús Ma. Del Bosque	7:00
	Eduardo Guerra	9:00
9 SUR	Las Julietas	7:00
	Amp. Las Julietas	7:00
	Villas La Merced	9:00
	Obispado	9:00
	Residencial Los Cedros	7:00
	La Merced	7:00
Amp. Nueva Merced	9:00	
10 SUR	Lázaro Cárdenas	7:00
	Amp. Lázaro Cárdenas	9:00
	Santiago Ramírez	12:00
	Amp. Santiago Ramírez	12:00
11 SUR	La Merced	7:00
	Las Flores Cooperativa	7:00
	La Merced	7:00
	Rincón De La Hacienda Oriente	9:00
	Residencial La Hacienda	9:00
	Residencial Tecnológico	9:00 12:00

12 SUR	Fovisste la Rosita	7:00
	Los Portales	7:00
	Quinta Isabela	7:00
	Casa Blanca	7:00
	Ángeles Residenciales	13:00
	Rincón Aurora	13:00
	Res. Florida Blanca	13:00
	Ex hacienda Antigua A	07:00
	Villas Residenciales	14:00
	Rincón La Rosita	14:00
	Provitec	12:00
13 SUR	Amp. La Rosita	7:00
	Fovisste	7:00
	Residencial La Rosa	7:00
	Residencial Las Misiones	13:00
Frac. Roma	13:00	
14 SUR	Lucio Blanco	7:00
	Jardines de California	9:00
	Torreón Jardín	7:00
	Villas La Rosita	9:00
15 SUR	Torreón Jardín	7:00
16 SUR	Camp. La Rosita	7:00
	Palmas La Rosita	7:00
	Torreón Residencial	14:00
17 SUR	Carmen Romano	6:30
	Lucio Cabañas	7:00
	Villas del Valle	7:00
	Res. Rincón del Desierto	7:00
	Residencial del Valle	9:00
	Rincón Del Valle	9:00
	San José	10:00
	Britania	10:00
	Quintas Del Desierto	10:00
	Nva. Corona	12:00
	División del Norte	14:15
Ex Hacienda La Merced	14:00	
18 SUR	Sol de Oriente	9:00
	Viñedos De La Joya	9:00
	Joyas de Torreón	9:00
	Frac. Joyas Del Bosque	9:00
	Joyas del Oriente	9:00
	Rincón De La Joya	9:00
	Villas Universidad Oriente	9:30
	Joyas del Desierto	10:00
Villas De La Huerta	10:00	
19 SUR	Valle Oriente	6:30
	Residencial del Nazas	11:30
	Polígono Cd. Nazas 30 y 27	12:00
	Rincón de las Noas	14:00
20 SUR	Frac. El Diamante	7:00
	Frac. El Castaño	7:00
	Frac. Villas San Diego	8:00
	Frac. Villas San Ángel	8:00
	Ejido La Joya	12:15
	Oscar Flores Tapia	12:30
	La Joya	12:15
Loma Real I y II	10:40	
21 SUR	Prados del Oriente	9:00
	Villas la Merced	9:00
	Rincón la Merced	9:00
	La Rosita	7:00
	María Mercado de López Sánchez	12:15
22 SUR	Santa Fe	13:00
	Cerradas Esmeralda	13:00
	Monte bello	14:00
	Residencial Linda vista	11:00
	Residencial del Norte	11:00
	Rincón la Merced	9:00
Mayran	16:30	

23 SUR	Nva. Rosita	14:00
	Ejido Los Arenales	14:00
	Los Monasterios 1 Etapa	14:00
	Santa Sofia	9:00
	Frac. Las Isabeles	10:00
	Ex hacienda La Perla I, II y III Etapas	12:30
	Perla Mar del Norte	12:30
24 SUR	Ejido La Perla	12:30
	Frac. La Perla	13:00
	Monterreal	11:30
	Campo Nuevo Zaragoza II	9:30
25 SUR	Zaragoza Norte	10:00
	Ejido Zaragoza	11:30
	Hacienda Santa María	10:00
	Las Dalias	7:00
	Amp. Dalias	8:00
26 SUR	La Dalia Oriente	8:00
	Las Luisas	10:00
	Las Brisas	12:00
	Campo Nuevo Zaragoza	7:00
	Rincón del Bosque	9:00
	La Rosita	7:00
	Los Periodistas	9:00
	Frac. Los Sauces	13:30
	Los Sauces	13:30
	Los Agaves	13:30
La Latino	10:45	
27 SUR	Conjunto Punto Diamante	7:00
	Cerrada Las Flores I y II	9:00
	La Amistad	11:00
	Valle del Nazas	11:30
	Amp. Valle del Nazas	11:30
	Residencial los Secretos	12:00
	El Kiosco	12:00
	Chapultepec I, II y III Etapas	7:00
	Arboledas	12:00
	Quintas Laguna	12:00
	Frac. Chapultepec	7:00
Rincón de los Nogales	7:00	
28 SUR	Quintas del Nazas	10:00
	Villas Universidad I, II y III Etapas	9:00
	Villas Universidad Oriente I, II y III	9:00
	Sol de Oriente	9:00
	Sol de Oriente III	9:00
	San Eduardo	11:00
	Sol de Oriente I y II	9:00
	Recintos Villas Universidad	9:00
	Quintas los Nogales	7:00
José de las Fuentes	7:00	
29 SUR	Veredas de la Joya	9:00
	Amp. Zaragoza Sur	7:00
	Luis Donald Colosio	7:00
	Cuca Orona	9:00
	Jesús García Corona	9:00
	Amp. Nueva Merced	9:00
	Nueva Merced	9:00
	J. Luz Torres	11:00
	La Estrella	9:00
	El Pensador	11:00
Zaragoza Sur	7:00	

30 SUR	Prados del Oriente	7:00
	Residencial del Norte	7:00
	Santa Elena	8:00
	El Oasis	8:30
	Quintas la Merced	8:50
	Santa Anita	8:50
	Villas de la Hacienda	10:00
	Lomas del Campreste	10:00
	La Orquídea	11:30
	Secc.38	12:00
31 SUR	Amp. Secc. 38	12:00
	Parque industrial Oriente	14:00
	Quintas Monterreal	11:30
	Quintas la Perla	12:30
32 SUR	Perlas del Oriente	12:30
	Villas de la Perlas	12:30
	Monterreal	11:30
	Torres Zaragoza	9:00
	Villas Zaragoza	9:00
33 SUR	Campo Militar	6:30
	Ejido el Águila	7:00
	Jardines Universidad	7:00
	Villas del Sol	14:00
	Rancho Alegre	13:00
	Residencial Rancho	13:00
	Alegre 1er. Etapa	14:00
Nuevo Mieleras	14:00	
34SUR	Frac. Sol de Oriente	9:00
	Frac. Joyas del Bosque	9:00
34SUR	Col. Zaragoza Sur	8:30
	Col. La Colosio	10:00
	Col. J. Luz Torres	11:00

Ruta Norte	Colonia	Horario
1 Norte	Col. Ampliación los Ángeles	7:00
	Col. Ana	13:00
2 Norte	La Moderna	7:00
	El Arenal	9:00
	Fco. Villa Pte.	10:00
	Esparza	11:00
	Eugenio Aguirre Benavides	12:00
	Nazario Ortiz Garza	14:00
3 Norte	Las Margaritas	7:00
	Villa Jardín	9:00
	Nva. Los Ángeles	10:00
	Granja San Isidro	13:00
4 Norte	San Isidro	7:00
	Nva. San Isidro	7:00
	Las Quintas	12:00
	Residencial Cumbres	11:00
	El Fresno	12:00
	Residencial el Fresno	12:00
	Quintas San Isidro	12:00
	Residencial los Fresnos	12:00
Residencial Galerías	12:00	
5 Norte	El Tajito	7:00
	Palmas San Isidro	9:00
	San Luciano	11:00
	El Fresno Nte	12:00
6 Norte	Jacarandas	7:00
	Los Nogales	7:00
	Amp. Los Angeles	7:00
	Leandro Rubirosa Wade	9:00
	Amp. Rubirosa Wade	9:00
7 Norte	Las Alamedas	7:00
	Amp. Las Margaritas	13:00
8 Norte	El Roble I y II	7:00
	ProL. Los Nogales	9:00
	Villa Jacarandas	10:00
	Paraíso del Nazas	12:00
	Universidad	13:00
9 Norte	Moctezuma	7:00
	Abastos	10:00
	Tierra y Libertad	13:00
10 Norte	Navarro	7:00
	La Estrella	9:00
	Santa María	11:00
11 Norte	Las Magdalenas	7:00
	La Estrella	11:00
	Boca Negra	13:00
12 Norte	Los Angeles	7:00
	Calz. Colon a Comonfort	9:00
	Bldv. Revolución a Bldv. Independencia	11:00
13 Norte	Calz. Cuauhtémoc a Calle La Opinión	7:00
	Bldv. Revolución a Diag. Reforma	11:00
14 Norte	Comonfort a Calz. Cuauhtémoc	9:00
	Bldv. Revolución a	11:00
15 Norte	Calle La Opinión a Calz. Juanbez	9:00
	Bldv. Revolución a Diag. Reforma	11:00
16 Norte	San Marcos	7:00
	Nvo. Torreón	9:00
17 Norte	Tierra y Libertad	7:00
	Carolinas	9:00
	Francisco Villa	11:00
18 Norte	Allende Salvador	7:00
	Elsa Hernández	9:00
	Carolinas	9:00
19 Norte	Elsa Hernández	7:00
	Palmas Aeropuerto	8:00
	Nva. California	9:00
	Col. California	10:00
	Villa California	10:00
Fracc. Nva. California	11:00	
20 Norte	Las Torres	7:00
	Las Torres II	9:00
	Felipe Ángeles	11:00
	Fracc. Nva. California	12:00
21 Norte	Frac. Las Lomas	8:40
	Frac. Loma Real	10:40
	San Felipe	11:00
	Nva. California	7:00
	Las Torres I y II	9:00
Gustavo Díaz Ordáz	9:00	

22 Norte	Satélite	7:00
	Puerta Real	9:00
	Res. Los Portones	9:00
	Rincón San Salvador	10:00
	Los Portones	10:00
	Residenciales II y III	10:00
	Quintas San Antonio II y III	11:00
	Puerta De Hierro	12:00
	Ejido San Antonio De Los Bravos	12:00
	Fidel Velázquez	12:35
Res. Santiago	13:00	
23 Norte	Satélite I y II	7:00
	Nva. Allende	9:00
	Torreón 2000	10:00
	El Siglo	10:00
	Ejido Allende	10:45
	Zona Industrial	7:00
	Ejido Ana	9:30
	Magisterio IBERO	10:00
	Ejido Los Rodríguez	10:00
	Fracc. Villas De La IBERO	12:00
Rincón San José	12:00	
24 Norte	Fracc. Las Isabeles	7:00
	Country Frondoso	7:00
	Villa Florida	7:00
	Nva. Laguna Norte	13:00
Nva. Laguna Sur	13:00	
25 Norte	Fracc. Frondoso	7:00
	Fracc. Las Quintas	7:00
	Buganvilias	7:00
	Quintas Anna	7:00
	Villas Santorini	7:00
	Fracc. Rincón San Ángel	9:00
	Res. Santa Bárbara I, II y III	9:00
	San Marino	8:00
	Fracc. Residencial La IBERO	9:00
	Quinta Isabela	10:00
Ejido Unión	10:00	
Fracc. La Muralla	6:30	
Fracc. La Cima	9:00	
El Campanario	9:00	
Ejido El Ranchito	10:00	
26 Norte	Ejido Albia	6:30
	Villas Del Renacimiento	7:00
	Club De Golf Azulejos	7:00
	Ejido La Concha	6:30
	Fracc. Lagos 1ra Etapa	10:00
	Flores Magón	10:00
	La Arboleda	10:00
	Paso del Águila	11:00
	Res. Senderos I y II	12:15
	Fracc. La Cienega	12:15
Campiñas Iberias	12:15	
Amp. Senderos	12:15	
Hacienda El Rosario	13:00	
27 Norte	Jardines Del Sol	8:00
	Fracc. Ana	9:30
	Fracc. La Paz	15:45
	Ejido Providencia	15:45
	Ejido El Perú	9:30
	Ejido La Palma	11:00
La Partida	10:00	
Ejido El Periférico	9:30	
28 Norte	Ejido San Luis	12:45
	Los Virreyes	12:45
	Los Laureles	13:00
	Quintas Campestre	13:00
	Villas De Los Pinos	13:00
	Ejido La Libertad	9:00
	Los Viñedos	9:00
	Cerrada Las Palmas II	10:00
	Oyamel	10:00
	Real San Agustín	9:00
Ejido San Agustín	12:15	
San Agustín I y II	12:15	
Residencial Palma Real	10:00	
Villas San Agustín	9:00	
Los Alebrijes Residencial	8:30	

29 Norte	Valle Verde	8:00
	La Mina	8:00
	Valle Revolución	10:00
	Las Cortinas	11:00
	Fracc. La Amistad	11:00
30 Norte	Pedregal Del Valle	9:00
	El Pedregal	9:00
	Villas de La Joya	9:00
	Villas Centenario	7:00
	Las Aves I y II	9:00
	Residencial Victoria	13:00
	Rincón Del Pedregal	9:00
	Polígonos 24 Ciudad Nazas	12:00
31 Norte	Polígonos 24 Cd. Nazas	12:00
	Villas Centenario	7:00
	Hacienda La Noria	8:00
	Fracc. La Noria	8:00
	Ex Hacienda La Joya	12:30
	Ejido Santa Fe	13:00
	Villas Del Sol I y II	14:00
	Real Del Sol	15:30
	San Armando	14:00
	San Armando II	14:00
Viñedos de la Vega	14:00	
32 Norte	Col. Jardines Del Sol	8:00
	Fracc. Los Alebrijes	10:00
	Ejido El Rancho Anna	9:30

10.2 ANEXO 2 Colonias visitadas

1ra de Cobián	Eugenio	Aguirre	Residencial Las Torres
1ra de mayo	Benavides		Sec 2
28 de abril	Ex hacienda La Perla		Residencial Santa
2da de Cobián	Felipe Ángeles		Bárbara
3ra de Cobián	Fidel Velázquez		Residencial Victoria
Abastos	FOVISSSTE la Rosita		Rincón de las Noas
Alamedas	Fraccionamiento	Las	Rincón La Merced
Ampliación la Joya	villas		Rocío Villarreal
Ampliación Senderos	Fraccionamiento Alebrijes		Roma
Ampliación Valle de Nazas	Fraccionamiento	Las	San Felipe
Ampliación	Lomas		San Isidro
Margaritas	Francisco I Madrero		San Joaquín
Ana	Francisco Villa		San Marcos
Antigua Aceitera	Francisco Villa Poniente		Santa Fe
Braulio Aguirre	INFONAVIT	Nueva	Santa Lucia
Caleras Solares	California		Santa María
Camilo Torres	Jacarandas		Santiago Ramírez
Campestre La Rosita	Jardines de California		Santiago Ramírez
Campo Nuevo Zaragoza	Jardines del Sol		Segunda Rinconada La
Campo Nuevo Zaragoza II	Jardines Universidad		Unión Senderos
Carmen de López Portillo	José Luis Torres		Tercera de Cobián
Carolinias	Joyas de Oriente		Torreón Jardín
Cerro de la Cruz	La Amistad		Torreón Nuevo
Col. Nueva los Ángeles	La Constanca		Torreón Residencial
Compresora	La Merced		Valle de Nazas
Dalias	La Mina		Valle Oriente
Dalias Oriente	Laguna Sur		Valle Revolución
Diana Galindo	Las Margaritas		Vicente Guerrero
División del Norte	Las Orquídeas		Villa Centenario
Eduardo Guerra	Las Villas		Villa Florida
Ejido Allende	Lázaro Cárdenas		Villa San Agustín
Ejido Ana	Loma Real		Villa Zaragoza
Ejido El Tajito	Loma Real II		Villas de la Huerta
Ejido La Joya	María Mercado de López		Villas la Merced
Ejido La Paz	Moctezuma		Villas Universidad
Ejido La Unión	Moderna		Zaragoza
Ejido San Agustín	Navarro		Zaragoza Sur
Ejido St. Ant. de Los	Nueva California		
Bravos	Nueva los Ángeles		
Ejido San Luis Ejido	Oscar Flores Tapia		
Zaragoza	Palmas San Isidro		
El Fresno	Primera Rinconada	La	
El Secreto Residencial	Unión Primitivo Cobián		
Estrella	Quinta San Isidro		
	Real del Sol		
	Residencial Camp. la		
	Rosita		