

Manejo de residuos sólidos urbanos y especiales en el municipio de Valladolid, Yucatán

Urban and special solid waste management in the municipality of Valladolid, Yucatán

Miguel Ángel Pool Dzib^{1*}, Cindy Vianely Cetina Aguilar¹ y Delghi Yudire Ruiz Patrón¹

¹*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Valladolid, Carretera Valladolid - Tizimin Km 3.5 Tablaje Catastral No. 8850, C.P. 97780 Valladolid, Yucatán, México.*

**Corresponding author:
miguel.pooldzib@itsva.edu.mx*

Resumen: Este trabajo sirve para optimizar la gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el municipio de Valladolid, Yucatán. La problemática detectada en relación a la gestión de los residuos reside principalmente en el manejo poco responsable en la fuente de generación, que propicia la proliferación de tiraderos clandestinos y quema de los residuos. Implementar un plan de manejo de residuos ayuda a minimizar los inconvenientes mencionados, además de ser una herramienta factible para aprovecharlos. La metodología utilizada está basada en el trabajo participativo con la sociedad (investigación, acción y participación), fue aplicada durante las reuniones y pláticas con personas que voluntariamente decidieron participar en el proyecto. Con los resultados obtenidos se elaboró un plan de manejo integral de residuos acondicionado a las necesidades de la sociedad Vallisoletana basado en la normatividad ambiental vigente en la materia en los tres órdenes de gobierno.

Palabras clave: Plan de manejo, Residuos Sólidos Urbanos, Generación, Caracterización.

Abstract: This work served to optimize the comprehensive management of urban solid waste and special management in the municipality of Valladolid, Yucatan. The problem detected in relation to waste management lies mainly in the little responsible management at the source of generation, which encourages the proliferation of clandestine dumpsites and burning of waste. Implementing a waste management plan helps minimize the aforementioned drawbacks, as well as being a feasible tool to take advantage of them. The methodology used is based on participatory work with society (research, action and participation), it was applied during meetings and talks with people who voluntarily decided to participate in the project. With the results obtained, a comprehensive management plan for waste conditioned to the needs of Vallisoletana society was prepared based on the environmental regulations in force on the matter in the three levels of government.

Keywords: Management plan, Urban Solid Waste, Generation, Characterization.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el crecimiento poblacional ha traído varias problemáticas ambientales en los que se encuentra la generación Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y de Residuos de Manejo Especial (RME). En muchos países en desarrollo no cuentan con alternativas para aprovechar los residuos, por lo que optan por medidas muy poco eficientes, como llevar los residuos generados a sitios de disposición en donde se confinan los residuos, este método es poco eficiente ya que, al no realizar un aprovechamiento, provoca que estos sitios se llenen rápidamente y contaminen el ambiente.

Los RSU son aquellos que se generan en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas (se incluyen los residuos generados en escuelas, comercios que tengan características de RSU) y los RME son aquellos que se generan en actividades productivas, en ocasiones se generan en las casas habitación tal es el caso de residuos electrónicos, aceites y pilas (DOF. 2003).

De acuerdo al estudio realizado por Hoornweg y Bhada – Tata (2012) se generan diariamente en el mundo 300 millones de toneladas diarias de residuos y estos podrían alcanzar en el año 2025 los 2 200 millones de toneladas al día.

Según Reyes (2004) los residuos presentan un reto para los países y municipios ya que al no darles un manejo adecuado presentan inconvenientes como tiraderos clandestinos, proliferación de fauna nociva, la quema de los residuos y mala imagen a los poblados, ocasionado contaminación del suelo, mantos acuíferos y el aire. En países en desarrollo como México se optan por recolectarlos y llevarlos a sitios de disposición final.

Al presente el municipio de Valladolid Yucatán cuenta con un manejo de residuos poco eficiente, este manejo consta en la recolección por el método de acera que tiene como finalidad recoger casa por casa los residuos que son colocados por los habitantes en un horario específico, al terminar la recolección los residuos son llevados a un sitio de disposición final tipo C que ha alcanzado el límite de recepción, lo que ha provocado que estos sean depositados, creando la proliferación de

fauna nociva como zopilotes y perros que han llegado al lugar.

El manejo actual de los residuos en el municipio de Valladolid inicia con la generación en las casas, después se almacenan temporalmente en un área, posteriormente se colocan enfrente de las casas para la recolección y por último se transporta hasta el sitio de disposición final.

De acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), una alternativa para aprovechar los residuos son los llamados “planes de manejo” que son herramientas que buscan minimizar la generación y maximizar la valorización de los residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos. Además, en el plan de manejo se incluye medidas como la concientización de la población para que estos reduzcan los residuos que se generan en las casas habitación, implementando las R’s como alternativa (DOF. 2003).

El principal objetivo planteado en esta investigación se basa en desarrollar e implementar un plan de manejo de RSU y RME en la ciudad de Valladolid. La hipótesis a comprobar es: “Las personas participantes en la implementación de la prueba piloto del plan de manejo integral de los residuos en las colonias Fernando Novelo y San Francisco, responderán de manera satisfactoria a la propuesta y obtendrán beneficios que permitan la reducción de la generación de los residuos sólidos *in situ* y opciones de valorización económica de los residuos inorgánicos.”.

II. METODOLOGÍA

El presente estudio se categoriza como un trabajo documental, de campo, explicativo y analítico ya que para realizarlo se tuvo que recurrir a investigar y ejecutar el plan de manejo en dos colonias seleccionadas por muestreo a conveniencia, este se efectuó en tres etapas.

En la primera etapa se realizó un análisis sobre estudios previos que se habían realizado en tres momentos distintos (2015, 2016 y 2019) (Ruiz, 2015, Rubio, 2016 e ITSVA, 2019), los tres estudios se implementaron con apoyo del Ayuntamiento de Valladolid, en donde se obtuvieron datos relevantes de la generación total, generación per cápita, peso volumétrico y generación de subproductos de los Residuos de la ciudad de Valladolid.

Se analizó y comparó los tres estudios respecto a la generación total, generación per cápita, peso volumétrico y el porcentaje de subproductos en Microsoft Excel®, en donde se obtuvo la media de cada indicador. Los materiales que se utilizaron en esta etapa fueron archivos digitales, computadora e internet.

En la segunda etapa se seleccionó las colonias y casas participantes por medio de un muestreo por conveniencia, se trabajó con dos colonias que presentaban antecedentes de problemas relacionados con la salud pública. Se realizó vinculación con la dirección de seguridad pública, donde se corroboró que las colonias contaban con comités organizados, se realizó una junta con cada uno de los líderes de los comités y se les platicó de que constaba el proyecto, las cuales dos de ellos decidieron participar teniendo así a las colonias Fernando Novelo y San Francisco.

Así mismo se recurrió a la dirección de seguridad pública que ayudo con la vinculación de los dos comités organizados en las colonias Fernando Novelo (FN) y San Francisco (SF) en donde se convocó a una primera reunión para informarles sobre el proyecto y así detectar a las personas interesadas en participar en la propuesta. Durante la reunión se aplicó una encuesta que sirvió como instrumento para determinar el nivel de conocimientos de las personas participantes, y se sensibilizó en la participación voluntario.

La encuesta aplicada se dividió en cinco secciones, la primera sobre conocimientos previos que tengan las personas de los residuos, la segunda es respecto a la generación, la tercera es como maneja sus residuos en sus casas, la cuarta es responsabilidad ciudadana y la última es si estaban interesados en ser capacitados en temas ambientales.

Se agendó una segunda reunión con los voluntarios para explicar su participación mediante la metodología de investigación, acción y participación en donde se involucra a las personas a participar en el manejo adecuado de los residuos realizando la clasificación e implementando las R's, en total participaron 11 habitantes de la colonia Fernando Novelo y 12 de la colonia San Francisco.

En la tercera etapa, una vez que se reunió a las personas y se les aplicó las encuestas, lo siguiente consistió en aplicar el plan de manejo que tuvo una duración de 3 semanas del mes de noviembre del 2019, en la platicas

se aplicó la metodología de investigación, acción y participación por lo que se les informo acerca de la problemática que existe actualmente en el municipio con los residuos. La reunión se inició con una breve introducción y la problemática actual, se les explicó la diferencia entre basura y residuo, la clasificación de los residuos de acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SDS), se les hablo de que es un RSU, el objetivo del proyecto, la metodología del plan y en que etapas del proyecto participarían, así mismo se explicaron temas alternativos ya que la metodología aplicada tiene como objetivo concientizar a las personas por lo que se incluyó los métodos para la reducción de residuos en el cual se plantearon las 3R's para la reutilización, reciclaje y reducción. Así mismo, se abordó de como participarían en el proyecto clasificando sus residuos en tres maneras como se presenta en la Tabla 1.

La prueba piloto de la implementación plan de manejo inicio el 12 de noviembre y concluyo el 29 de noviembre, efectuándose la recolección de los residuos separados 2 veces a la semana en los días martes y viernes. Fue seleccionado de esta manera para que no se tuviera problema con la recolección municipal de RS. Los horarios de recolección fueron de 7:00 a 8:00 am para la colonia Fernando Novelo y de 8:00 a 9:00 am para la colonia San Francisco.

Los participantes de las dos colonias tenían que clasificar sus residuos de cuatro maneras en donde se colocarían en bolsas de distintos colores como se muestra en la Tabla 1, los residuos orgánicos se colocarían en la bolsa naranja, los residuos valorizables en el blanco (Transparente) y en la bolsa negra los no valorizables, cabe recalcar que en la cuarta clasificación fueron los residuos biodegradables el cual no se incluyó ya que se les propuso aprovechar ese material para la realización de compost en casa (esta clasificación no se encuentra en la Tabla 1 por que el manejo fue *in situ*).

Tabla 1. Clasificación de Residuos utilizados durante la prueba piloto de la implementación del plan de manejo. Fuente: Elaboración propia.

Orgánicos (Naranja)	Valorizables (Blanco)	No valorizables (Negro)
Resto de fruta y verduras	PET	Material no ferroso
Residuos de jardinería	Vidrio	Cera
Hojas secas	Plástico rígido	Zapatos
Papel	Latas	Madera
Cartón y Papel (Mojado)	Tetra Pak	Papel sanitario
	Material ferroso	Pañales
	Cartón y papel (Seco)	Tela hule
	Polietileno (Bolsas)	
	Metal no ferroso	

Al obtener los resultados de la implementación de la prueba piloto de la aplicación de la propuesta de manejo de RSU y RME, se procedió a realizar el plan de manejo de RSU y RME para el municipio e Valladolid, que incluyo introducción, objetivos, antecedentes, descripción de los diagnósticos realizados en el municipio, características de los residuos, metodología, tratamiento, valorización y destino final, adaptado a las necesidades particulares de los habitantes de la ciudad de Valladolid.

Para el análisis de los datos obtenidos de la aplicación del plan de manejo se realizó una bitácora para anotar los Kilogramos de residuos generados en cada una de las casas de los participantes, después se recurrió al software Microsoft Excel ® en donde se vació los datos para tener el total de cuanto se generó en cada una de las colonias de acuerdo a la clasificación establecida en la Tabla 1.

III. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron para este estudio se dividen en tres etapas, la primera que consta de la revisión de trabajos previos en el tema de RSU para poder estimar los indicadores de la generación de la ciudad de Valladolid, la segunda consta de la aplicación de la prueba piloto del manejo de los RSU en las casas como primer paso para saber cómo abordar la parte social al implementar un plan de manejo de residuos, utilizando como primer acercamiento a las colonias San Francisco y Fernando Novelo que presentaban problemas de salud pública relacionada con el manejo

de los RSU, y la tercera consta de la elaboración del plan de manejo de residuos en para el municipio de Valladolid Yucatán.

Etapa 1: En el año 2015 de efectuó el estudio con el nombre “Análisis del diagnóstico de la generación de residuos sólidos en la ciudad de Valladolid, Yucatán”, elaborado por la M.G.A Delghi Yudire Ruiz Patrón, que tenía como objetivo determinar por estrato socioeconómico la composición y volumen de los residuos sólidos del municipio, para poder efectuarse este proyecto se basaron de las normatividades: NMX-AA-19-1985 Peso volumétrico “*in situ*”, NMX-AA-022-1985 Selección y cuantificación de subproductos, NMX-AA-061-1985 Determinación de la generación, además para este estudio se recolectaron datos de la población mediante encuestas para determinar el aspecto social y económico. Para la elección de su muestra se utilizó la metodología de muestreo aleatorio seleccionando 20 colonias participantes. Para obtener la premuestra se utilizó la NMX-AA-061-1985 y se seleccionó 300 casas de manera aleatoria.

El segundo estudio se realizó en el año 2016 con el nombre “Análisis de la caracterización de los RSU en la región del oriente del estado de Yucatán (2016), patrocinado por USEPA y elaborado por Tetrattech y colaboradores, que tenía por objetivo la caracterización de los residuos de la región para poder diseñar una gestión integral de los residuos. Para la realización del estudio se apegaron a las normatividades NMX-AA-15-1985 Método de cuarteo, NMX-AA-019-1985 Peso volumétrico “*In situ*”, NMX-AA-022-1985 Selección y cuantificación de subproductos, NMX-AA-061-1985 Determinación de la generación. El estudio fue realizado en el municipio de Valladolid por contar con estratos socioeconómicos representativos las cuales se identificaron por alto, medio, bajo y rural.

El tercer estudio realizado en el año 2019 con el nombre “Análisis de la propuesta del manejo integral de los residuos sólidos en los fraccionamientos Campestre Pedregal, Sisal, San Juan y Flamboyanes”, elaborado por el ITSVA y estudiantes de la carrera Ing. Ambiental de 8^{vo} Semestre de la generación 2015 - 2019 con el objetivo de efectuar un diagnóstico básico de la generación de residuos en cuatro colonias del municipio, para así poder realizar una propuesta para el manejo integral de los residuos. Para la elaboración se realizó en base a las normatividades: NMX-AA-015-1985 Muestreo – Método de cuarteo, NMX-AA-019-1985

Peso volumétrico “*In situ*”, NMX-AA-021-1984 Determinación de materia orgánica, NMX-022-19985 Selección y cuantificación de subproductos y NMX-AA-061-1985 Determinación de la generación. Para la selección de las colonias se aplicó el método por conveniencia y para la obtención de las casas a muestrear se usó el método de muestreo aleatorio, por lo que la muestra en las cuatro colonias fue de 70 casa por colonia, cabe recalcar que algunas casas se abstuvieron de participar por lo que en la colonia Campestre Pedregal se trabajó con 50 casas, en la colonia San Juan con 60 casas, Sisal 60 casas y Flamboyanes se trabajó con 60 casas.

Una vez obtenido los datos de la generación de residuos de los tres estudios se comparó: En la Tabla 2 se realiza la comparación de los estudios realizados en el año 2015, 2016 y 2019 obteniendo un promedio de la generación total del municipio de Valladolid Yucatán.

Tabla 2. Comparación de la generación total de los estudios realizados (Kg). Fuente: Elaboración propia basada en los estudios realizados por Ruiz (2015), Rubio (2016) e ITSVA (2019).

Estrato	2015	2016	2019	Total
Alto	0.793	1.55	1.16	1.168
Medio	1.062	1.22		1.141
Bajo	0.835	1.25		1.043
Total/Estudio	0.897	1.340	1.16	1.117

A continuación, se presenta en la Tabla 3, la comparación del peso volumétrico que se obtuvo de cada estudio realizado de acuerdo a la norma NMX-AA-019-1985 Peso volumétrico.

Tabla 3. Comparación de peso volumétrico (Kg/m³). Fuente: Elaboración propia basada en los estudios realizados por Ruiz (2015), Rubio (2016) e ITSVA (2019).

Estrato	2015	2016	2019	Total
Alto	104.80	256.99	64.13	141.97
Medio	112.81	250.38		181.60
Bajo	89.30	201.04		145.17
Total/estudio	102.30	236.14	64.13	156.25

En la Tabla 4 se encuentra el promedio de la generación per cápita de los tres estratos.

Tabla 4. Comparación de la generación per cápita (Kg/Hab/Día). Fuente: Elaboración propia basada en los estudios realizados por Ruiz (2015), Rubio (2016) e ITSVA (2019).

Estrato	2015	2016	2019	Total
Alto	0.22	0.46	0.29	0.32
Medio	0.30	0.30		0.30
Bajo	0.15	0.22		0.19
Total/estudio	0.21	0.31	0.29	0.25

A continuación, se presenta la Tabla 5 el porcentaje de los subproductos obtenidos en cada estudio.

Tabla 5: Comparación y ajuste de % de la generación de subproductos. Fuente: Elaboración propia basada en los estudios realizados por Ruiz (2015), Rubio (2016) e ITSVA (2019).

Generación de Subproductos (%)						
No	Subproducto	2015	2016	2019	Total	AJUSTE DE %
1	Cartón y papel	12.16	8.80	9.91	10.29	9.93
2	Cuero	2.48	1.21	0.02	1.24	1.19
3	Fibra dura vegetal	1.13	2.01	0.00	1.05	1.01
4	Fibras sintéticas	1.80	0.00	0.05	0.62	0.60
5	Material ferroso	4.28	0.30	1.79	2.12	2.05
6	Material no ferroso	3.15	0.80	1.01	1.65	1.60
7	Plástico de película	7.43		5.01	5.55	5.36
8	Plástico rígido	9.01	4.22	4.15	6.58	6.35
9	Poliuretano	1.58	0.00	1.60	1.06	1.02
10	Poliestireno expandido	2.70	1.31	0.07	1.36	1.31
11	Residuos alimenticios	34.46	28.13	1.44	21.34	20.60
12	Residuos de jardinería	6.98	0.00	44.29	17.09	16.50
13	Vidrio	4.28	6.83	3.39	4.83	4.66
14	Tetra Pak	4.50	0.00	0.18	1.56	1.51
15	R. de manejo especial	2.25	4.29	1.41	2.65	2.56
16	Zapatos	0.90	0.00	11.46	4.12	3.97
17	Residuos peligrosos	0.90	0.00	0.00	0.30	0.29
18	PET	0.00	1.47	3.97	1.81	1.75
19	Lata	0.00	1.31	2.15	1.153	1.11
20	Otros (Trapos, cera, algodón, cera)	0.00	43.6	8.10	17.23	16.63
					103.6	100
					18	%

Etapa 2: En los resultados obtenidos en esta etapa indica que 15.38% de las personas encuestadas poseen estudios de licenciatura y bachillerato, el 19.23 % poseen estudios de primaria y el 30.77% poseen estudios de nivel secundaria por lo que se considera que conocen temas relacionados a los residuos y algunas terminologías respecto a la temática.

Así mismo se obtuvo que el género dominante es el femenino con un 69.23% ya que en la reunión mayormente se presentaron mujeres que hombre en las dos colonias seleccionadas.

De acuerdo a la codificación establecida se obtuvo los resultados del nivel de conocimiento que poseían las colonias Fernando Novelo y San Francisco, que indica que la colonia que posee más conocimientos de la temática de residuos es la Fernando Novelo con un promedio de 18.57 (de un puntaje máximo de 28) por lo que entra al rango de conocimiento regular de la temática y la colonia San Francisco igual entra en el rango de conocimiento regular, pero con un promedio de 17.33 como se muestra en la Figura 1.

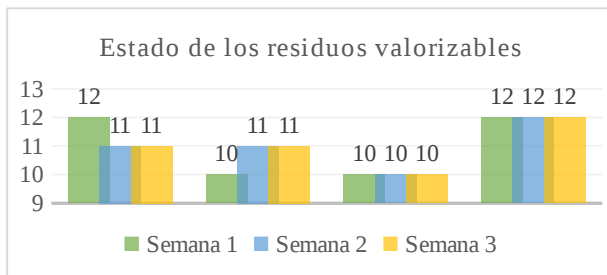


Figura 1. Nivel de conocimiento de las colonias San Francisco (SF) y Fernando Novelo (FN) respecto a la codificación establecida. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se muestra la media del nivel de conocimientos de los participantes para cada una de las secciones de la encuesta en base a la codificación establecida. Para obtener el promedio se realizó el promedio de la sumatoria máxima de cada pregunta y después de obtenerlo se determinó el promedio por sección. Indicando que, en conocimientos previos, generación de residuos y capacitación en temas ambientales la colonia Fernando Novelo destaca, por otro lado, la colonia San Francisco tiene conocimiento de manejo de la fuente y responsabilidad ciudadana.

Tabla 6. Promedio de conocimientos por sección de la encuesta de las colonias San Francisco (SF) y Fernando Novelo (FN). Fuente: Elaboración propia.

Colonia	Secciones de la encuesta				
	Conocimientos previos	Generación de residuos	Manejo de la fuente	Responsabilidad ciudadana	Capacitación y temas ambientales
FN	0.500	1.250	0.911	0.589	0.886
SF	0.313	1.104	0.932	0.646	0.767
Valor máximo	1	2	1.375	1	1

En la Figura 2 se presenta la generación de residuos en las colonias San Francisco y Fernando Novelo en las 3 semanas en las que se ejecutó la prueba piloto del plan de manejo de acuerdo a la clasificación establecida en la Tabla 1.

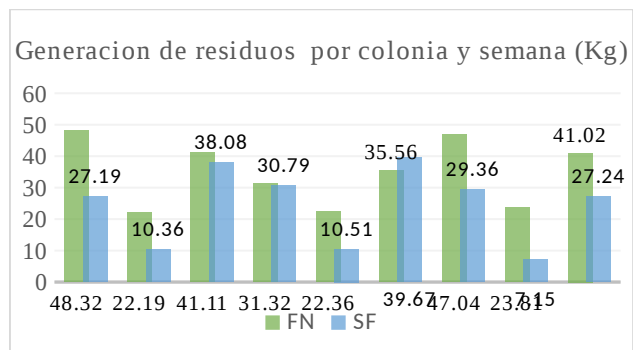


Figura 2. Generación de residuos en las colonias San Francisco (SF) y Fernando Novelo (FN) de acuerdo a la clasificación Valorizables (Val), No valorizables (No Val) y Orgánicos (Org) durante las tres semanas de implementación. Fuente: Elaboración propia.

Para los residuos valorizables se les solicitó a las personas que se encuentren en buenas condiciones por lo que en caso de ser papel y cartón estos tendrían que estar secos, para los vidrios estos deberían estar limpios, etc. Por lo que llevó un registro de cómo se entregaban los residuos valorizables como se muestra en la Figura 3.

Etapa 3: Para la elaboración del plan de manejo se tuvo que recurrir a la investigación documental.

Actualmente el consumo de los recursos para el desarrollo de las actividades humanas genera grandes cantidades de residuos, estos acaban en sitios en donde perjudican y dan mal aspecto.

A. Generación y composición

La generación de residuos se debe principalmente a la innovación tecnológica, que trajo consigo nuevos artículos lo cual desencadenó que se crearan nuevas necesidades, cambiando así el estilo de vida la población y los hábitos de consumo (Universidad Nacional de Mar del Plata, 2014).

generación per cápita del municipio de Valladolid Yucatán.

Tabla 7. Promedio de la generación total, peso volumétrico y generación per cápita. Fuente: Elaboración propia basado en estudios realizados por Ruiz (2015), Rubio (2016) e ITSVA (2019).

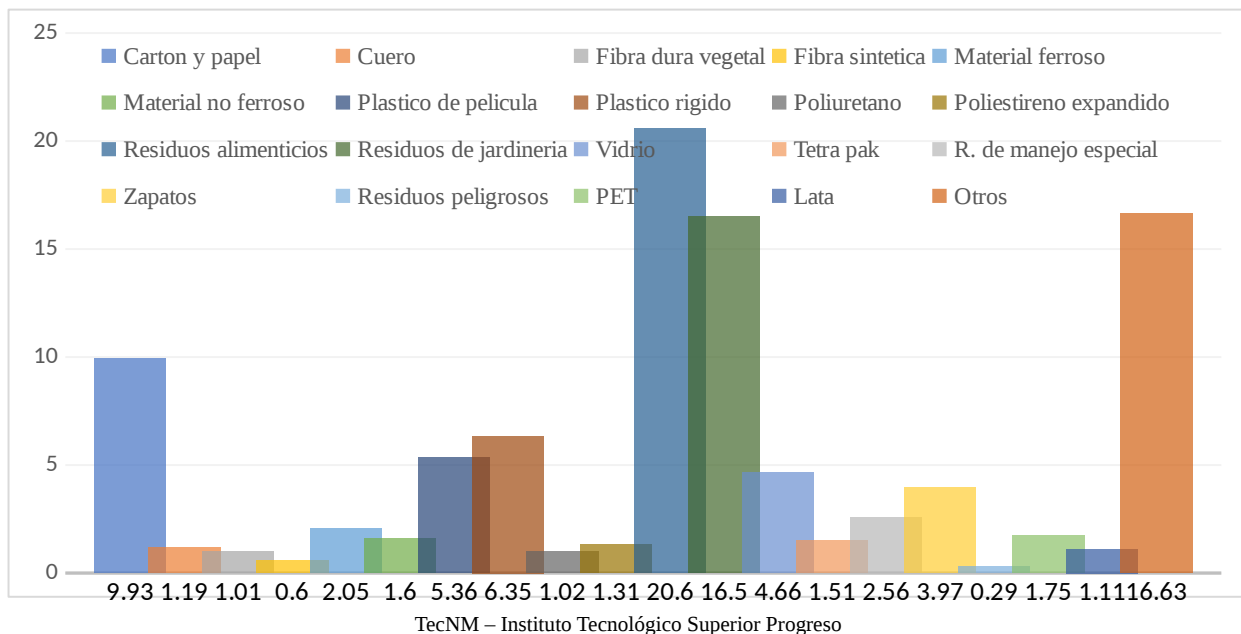
Estrato	Generación total (Kg)	Peso volumétrico (Kg/m ³)	Generación per cápita (Kg/Hab/Día)
Alto	1.168	141.97	0.32
Bajo	1.141	181.60	0.3
Medio	1.043	145.17	0.185
Promedio	1.117	156.25	0.25

Figura 3. Estado de los residuos valorizables de las colonias San Francisco (SF) y Fernando Novelo (FN) durante las tres semanas de implementación. Fuente: Elaboración propia.

Los residuos que se generan actualmente en el municipio son por lo general material orgánico que pueden aprovechar de diversas maneras, residuos de jardinería, cartón, papel, plástico de película, plástico rígido, material ferroso, fibra sintética, fibra vegetal, poliuretano, vidrio, Tetra Pack®, PET, lata y residuos de manejo especial. En la Tabla 7 presenta los promedios de la generación total, peso volumétrico y la

En la Figura 4 se muestra el promedio de los porcentajes de los residuos producidos en el municipio, se puede observar que lo que más se produce son los residuos orgánicos con un 20.6%, seguido de otros tipos de residuos con un 16.6% y residuos de jardinería con un 16.5%. Además, se puede observar que existen materiales valorizables como el papel y cartón con un 9.93%, plástico rígido con 6.35% y material ferroso con un 2.05%. Los residuos de manejo especial se generan en un 2.56%.

Figura 4. Promedio del porcentaje de los residuos generados en el municipio de Valladolid Yucatán. Elaboración propia basado en estudios de Ruiz (2015), Rubio (2016) e ITSVA (2019).



La gran mayoría de los residuos que se producen en el municipio se pueden aprovechar mediante la valorización, por lo que sería una opción para generar ingresos de acuerdo al tipo de residuos (PET, Cartón y Papel Material ferrosos, No ferroso, Tetra Pack®, Latas y Vidrio).

B. Manejo

Los residuos presentan hoy en día un desafío para el mundo ya que si no son tratados presentan un problema, por lo que la gestión de estos puede traer beneficios. Para que los residuos puedan ser manejados adecuadamente se debe conocer la diferencia entre un residuo y la basura, el cual la basura al cumplir la finalidad por la cual fue adquirida este se debe desechar, mientras que un residuo es aquel material que una vez cumpla la función por la cual fue adquirida esta se puede aprovechar ya sea reutilizándolo o reciclando.

Para que el manejo se realice de la manera correcta en este se deben involucrar los procesos de 1: Reducción/minimización, 2: Generación, 3: Separación, 4: Valorización, 5: Reusó, 6: Reciclaje, 7: Almacenamiento, 8: Recolección, 9: Transferencia (Opcional), 10: Tratamiento y 11: Disposición final.

En Valladolid el manejo de los residuos inicia con la recolección, el cual se realiza a través del municipio, el cual se lleva a cabo 6 días a la semana, que abarca de lunes a sábado. Para tener un control se elaboraron 10 rutas en las cuales del 1 al 9 los residuos deben ser colocados los residuos enfrente de sus casas en el horario de 6:00 am a 8:00 am para que sean recogidos y la ruta 10 que es el centro histórico tiene un horario de recolección de 7:00 pm a 8:00 pm, todas las rutas tienen dos días específicos para disponer sus residuos en los horarios de recolección que son de 8:00 am a 4:00 pm con excepción del centro histórico.

La recolección que se lleva actualmente en el municipio es por el método de acera en donde los residuos se depositan en las banquetas o albarradas y estos son pasados a recoger casa por casa por una cuadrilla de peones los cuales van desde 4 a 6 personas.

En el reglamento que existe actualmente se menciona la clasificación que se debe realizar antes de disponer los residuos para su recolección, pero la mayoría de la población desconoce de este reglamento por lo que todo lo depositan en una sola bolsa, mezclando los residuos, convirtiéndolos en basura ya que muchos de estos al ser

combinados con otros pierden sus propiedades y por ende su valorización. Una pequeña parte de la población usa otros métodos para deshacerse de sus residuos los cuales van desde depositarlos en terrenos baldíos, hasta quemarlos, incrementando así la problemática.

Una vez que los residuos se hallan recolectados estos son llevados al relleno sanitario tipo C el cual ya ha alcanzado su límite de recepción por lo que este se encuentra en mal estado, en donde se pueden observar desde perros hasta zopilotes. Los residuos son compactados para reducir el volumen y los pepenadores que se encuentran laborando en las instalaciones rescatan ciertos materiales que posteriormente venden a los centros de acopio.

C. Separación, aprovechamiento y valorización

La problemática actual de los residuos se incrementa día con día, ya que el consumismo es el principal contribuyente por lo que una medida para minimizar el inconveniente sería la reducción desde la fuente, el cual involucra concientizar a las personas para que solo adquieran lo necesario.

Se propone un modelo de separación basado en los estudios realizados y de acuerdo a lo que se genera en el municipio, así mismo se plantea que el almacenamiento temporal sean bolsas de plástico ya que estos son fáciles de manejar y disminuyen el tiempo de recolección. Por lo que se propone dos modelos de almacenamiento temporal externo lo cual ayudara a proteger las bolsas de plásticos de los animales y las inclemencias del tiempo.

Para la clasificación se plantea que estos sean de acuerdo al reglamento los cuales son orgánicos e inorgánicos, de los cuales los orgánicos se subdividen en biodegradables los cuales pueden ser aprovechados para la realización de composta casera y orgánicos cárnicos los cuales estos sean dispuestos al relleno sanitario, para los inorgánicos se establece que sean valorizables (Latas, PET, Tetra Pak, Material ferroso, No ferroso, etc.) y no valorizables (Cera, Pañales, Jeringas, Etc.). Por lo que solo se requieren tres bolsas para realizar la clasificación anterior como se muestra en la Tabla 1.

Una alternativa para aprovechar los residuos es mediante la reutilización en donde se aprovechen los materiales como PET para producir macetas, porta lapiceras, dispensador de alimentos para nuestras mascotas, etc. Los residuos orgánicos los cuales una vez que se consuma el producto y solo queden las cáscaras

estos se puedan rescatar para la elaboración de composta. La valorización es un proceso en donde los residuos son vendidos a centros de acopio y de estos se generan ganancias, así mismo se contribuye a la reducción de los residuos que van a sitios de disposición final. A continuación, se presenta en la Tabla 8 información de los centros de acopio que reciben residuos en el municipio de Valladolid, cabe mencionar que actualmente son 10 centros de acopio, pero solo se realizó la valorización en tres y en caso de que se acopie el Tetra Pak y el vidrio se realizó su valorización en el municipio de Mérida, el cual tendría un costo extra por la transportación a este municipio.

Tabla 8: Centros de acopio en el municipio de Valladolid y Mérida Yucatán. Fuente: Elaboración propia.

Empresa	Municipio	Colonia	Dirección	Número telefónico	Correo electrónico
SD	Valladolid	Militar	Calle 37	985-112-47-68	SD
SD	Valladolid	X-lapac	Calle 49	SD	SD
SD	Valladolid	San Juan	Calle 42	985-856-43-28	SD
Supraciclaje	Mérida	SD	Carretera Mérida, Yucatán.	SD	compras@supraciclaje.com

SD: Sin Datos

En la Tabla 9 se presentan los precios de compra venta de residuos valorizables en los municipios de Valladolid y Mérida Yucatán, los precios se estiman de acuerdo a la composición del residuo.

Tabla 9. Precios de compra venta de residuos en el municipio de Valladolid y Mérida Yucatán. Fuente: Elaboración propia.

Municipio	Valladolid	Valladolid	Valladolid	Mérida
Colonia o empresa	X-lapac	San Juan	Col. Militar	SUPRA CICLAJE
				E
Subproducto	Precio de compra			
Papel	X	\$1.00	\$1.00	2.00
Cartón	X	\$1.00	\$1.00	1.60
PET	\$3.5	\$4.00	\$4.00	4.50
Plástico rígido	X	\$2.50	\$3.00	4.40
Vidrio	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	0.85
Latas	\$16.00	\$16.00	\$15.00	21.00
Metal ferroso	\$2.50	\$2.20	\$1.80	3.45
Metales no ferrosos (Aluminio)	X	X	\$13.00	3.55
Metales no ferrosos (Bronce)	X	\$50.00	\$50.00	
Metales no ferrosos (Cobre)	\$80.00	X	\$85.00	

En la Tabla 10 y 11 se presenta el promedio de la valorización de los residuos en los tres centros de acopio en el municipio de Valladolid y uno en el Municipio de Mérida, en donde se estima la recuperación monetaria en pesos mexicanos que se obtendrá durante un día de venta de los residuos, en una semana, en un mes y en el año.

Tabla 10. Recuperación monetaria en venta de residuos en el municipio de Valladolid Yucatán. Fuente: Elaboración propia.

Subproducto	Recuperación diaria	Recuperación semanal	Recuperación mensual	Recuperación anual
Papel	\$1,340.00	\$9,380.00	\$37,500.00	\$487,800.00
Cartón	\$790.00	\$5,550.00	\$22,200.00	\$288,600.00
PET	\$1,400.00	\$9,840.00	\$39,360.00	\$511,600.00
Plástico rígido	\$2,650.00	\$18,550.00	\$74,275.00	\$965,625.00
Vidrio	X	X	X	X
Latas	\$3,520.00	\$24,960.00	\$99,840.00	\$1,297,760.00
Metal ferroso	\$475.20	\$6,220.80	\$24,883.2	\$323,611.20
Metales no ferrosos	\$1,050.00	\$6,750.00	\$26,970.00	\$350,790

Tabla 11. Recuperación monetaria en venta de residuos en el municipio de Mérida Yucatán. Fuente: Elaboración propia.

Subproducto	Recuperación diaria	Recuperación semanal	Recuperación mensual	Recuperación anual
Papel	\$2,680.00	\$18,760.00	\$75,000.00	\$975,600.00
Cartón	\$1,264.00	\$8,880.00	\$35,520.00	\$461,760.00
PET	\$1,575.00	\$11,070.00	\$44,280.00	\$575,550.00
Plástico rígido	\$4,664.00	\$32,648.00	\$130,724.00	\$1,699,500.00
Vidrio	\$799.00	\$5,567.50	\$22,270.00	\$289,484.50
Latas	\$4,620.00	\$32,760.00	\$131,040.00	\$1,703,310.00
Metal ferroso	\$1,414.50	\$9,936.00	\$39,744.00	\$516,879.00
Metales no ferrosos	\$1,136.00	\$7,987.50	\$31,914.50	\$415,101.50

Así mismo se propone que se realice un procesamiento a los residuos de manejo especial, el cual sería llevado a las plantas de generación de cemento para que ellos puedan aprovechar este tipo de materiales como combustible en el proceso de fabricación del cemento ya que son los únicos en el estado que aprovechan estos materiales.

En el tratamiento se plantea que los residuos sólidos se sometan al método físicos como la separación manual ya que se pretende que las personas valoricen sus residuos y los lleven en los sitios de compra-venta, como segunda opción sería que el municipio se encargue de la valorización y este tenga un día en el cual se pasen a

recoger los residuos valorizables, estos se deben almacenar hasta que tengan los suficiente para llevarlos a sitios de compra-venta.

Con ello se tendría una reducción importante de residuos que se transportan al sitio de disposición final, además se propone como segundo tratamiento físico la compactación de los residuos no valorizables para así reducir más los residuos que se almacenen en el sitio de disposición final

Para el tratamiento biológico se propone el composteo este puede ser realizado por parte de la población, lo cual reduciría aún más los residuos ya que el 40 a 60% del volumen total son residuos orgánicos que se generan en las casas habitación, otra opción es que el municipio adecue espacios para que se realicen el composteo.

D. Disposición final

La propuesta se realiza para que los residuos que vayan a parar al sitio de disposición final sea una menor cantidad. Así mismo, se recalca que se debe mejorar la infraestructura y la capacitación de las personas que laboran en el relleno sanitario. Una vez que el relleno se encuentre en buenas condiciones, se menciona que se debe crear una planta de tratamiento de aguas residuales lo que ayudaría para tratar los lixiviados que se generan y los gases. Aplicando el plan de manejo y el mejoramiento del sitio de disposición final se tendría una mayor eficiencia.

IV. DISCUSIÓN

Morfin, G. (2014) menciona los aspectos que se deben considerar para la selección del tipo de muestreo, en este uso el muestreo por conveniencia la cual es una técnica no probabilística que se utiliza para crear muestras de acuerdo a la facilidad que tiene el investigador para la selección de la muestra a estudiar. Así mismo se revisó el artículo de Castro y Pérez (2016) en donde utiliza herramientas como encuestas para la obtención de información cuantitativa en la zona metropolitana de Guadalajara, la cual se comparó con lo obtenido en este estudio indicando que se tiene un conocimiento de temas ambientales en un 64.10% en las dos colonias seleccionadas en el municipio de Valladolid, mientras que en la zona metropolitana se tiene un 42% de conocimientos de temas ambientales.

Así mismo el estudio se compara con la investigación realizada por Delgado Otoniel (2003) en el cual realiza un análisis de los indicadores de generación en 8

municipios de la cuenca Cuitzeo, México en donde se muestrearon zonas residenciales y no residenciales. En este se contrasta el resultado que se obtuvo de los tres estudios realizados por Ruiz (2015), Rubio (2016) y el ITSVA (2019) en el cual se realizó un promedio de cada uno de los indicadores de generación, arrojando en la generación un promedio de 1.117 Kg por casa, mientras que en el estudio realizado por Delgado (2003) se tiene una generación de 1.477 kg. Así mismo se compara la generación per cápita que se genera en el municipio de Valladolid en cual una persona al día genera 0.25 Kg de residuos, por otra parte, lo que genera una persona del estudio realizado por Delgado es de 0.405 Kg al día. En cuanto al peso volumétrico, el estudio que genera más volumen en los residuos es el de Delgado (2003) con un 160.8 Kg/m³ y en el estudio realizado se obtuvo un promedio de 156.25 Kg/m³.

La clasificación de los residuos utilizada en este proyecto, facilitó el trabajo de los recolectores y las posibles opciones de valorización, además de que los residuos pueden ser aprovechados por los mismos generadores. La clasificación establecida en este artículo se adecua de acuerdo a la generación de residuos municipales previo diagnóstico de la generación de los mismos.

La valorización puede darse de dos maneras, la primera para la obtención de energía y la segunda para la obtención de materia primas mediante el reciclaje (Universidad Miguel Hernández, 2019).

Así mismo menciona Pérez (2016) que la clasificación de los residuos trae beneficios ambientales, sociales y económicos; como la disminución en el gasto de recursos naturales, disminución en la contaminación, el aumento de la vida útil de los sitios de disposición final y mejora la condición de los recicladores o recuperadores informales.

V. CONCLUSIÓN

Los planes de manejo se realizan para ser más eficientes en el uso de los residuos y para prolongar la vida de los sitios de disposición final, antes de realizar un plan de manejo se debe contar con la información necesaria, por lo que primero se deben realizar diagnósticos de la generación de residuos para estimar la generación total, peso volumétrico, generación per cápita y los

subproductos que más se generan, al obtener estos datos se puede realizar modelos de planes de manejo que vayan de acuerdo al municipio.

Actualmente en el municipio se tiene 80,313 habitantes y se estima que en año 2050 alcance los 122,985 habitantes por lo que estaría incrementando la generación de residuos, lo que genera cada habitante es de 0.88 Kg diarios por lo que en total se generan 70,675 toneladas de residuos que van a parar al sitio de disposición final (INEGI, 2015).

En las encuestas que se aplicaron el 69.23% de los participantes indicaron realizar la separación de sus residuos, el 88.46% mencionaron que cuentan con el servicio que ofrece el municipio, pero comentan que este es poco eficiente y el 96.16% está dispuesto a colaborar en la aplicación del plan de manejo.

El objetivo se cumplió en un 90% ya que se desarrolló e implemento el plan de manejo en las colonias Fernando Novelo y San Francisco, para medir el nivel de conocimiento de los participantes, se cumplió en tal porcentaje ya que se propuso una clasificación, pero esto no se realizaba tal cual, ya que en ocasiones los participantes mezclaban los residuos y los depositaban en una sola bolsa, también se daban casos en la que los residuos valorizables se entregaban sucios. La hipótesis planteada se cumplió ya que un 48% de los participantes entregaban sus residuos valorizables limpio, lo cual permitió la opción de valorización económica de dichos residuos. La propuesta de Plan de Manejo fue entregada al H. Ayuntamiento de Valladolid en una reunión en presencia de la Directora de Medio Ambiente y el síndico municipal, para su revisión en reunión de cabildo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al H. Ayuntamiento 2018- 2021 en los departamentos de la dirección de medio ambiente y seguridad pública por brindar todas las facilidades para la realización del proyecto. Especialmente a la Biol. Daniela Alonzo Ruiz la cual nos proporcionó información y un vehículo para la elaboración del plan de manejo y al CMDT Jorge Luis Flores Escalante y su equipo por el apoyo con la vinculación a las colonias participantes. A mi Asesora la M.G.A Delghi Yudire Ruiz Patrón la cual me apoyo durante el proceso de elaboración de tesis y por brindarme muy buenos consejos.

REFERENCIAS

- Delgado, O. B. (2003). La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 10.
- DOF. (8 de Octubre de 2003). Ley General para la Prevención y Gestión. Obtenido de Ley General para la Prevención y Gestión.
- Gran Castro, J. A., & Bernache Pérez, G. (2016). Redalyc.org. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de Redalyc.org: <http://www.redalyc.org/pdf/4557/455745080004.pdf>
- Hoomweg, D. y P. Bhada - Tata. (2012). What a waste. A Global review of solid waste management. Urban Development Series. Knowledge Pág. 15.
- INEGI. (2015). inegi.org.mx. Obtenido de inegi.org.mx: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/yuc/poblacion/default.aspx?tema>
- ITSVA. (2019). Propuesta del manejo integral de los residuos sólidos en los fraccionamientos de Campestre Pedregal, Sisal, San Juan y Flamboyanes. Valladolid, Yucatán, México.
- Morfin, G. L. (2014). Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4226/Tesis-Geovaneli%2520L%25C3%25B3pez%2520Morfin.pdf%3Fsequence%3D1&ved=2ahUKEwjkuHars3pAhWkc98KHwudDacQFjABegQIBBAH&usq=AOvVaw0CvMsod4W38HA1LyzJmf5R>
- Perez, M. (25 de Octubre de 2016). Prezi.com. Obtenido de Prezi.com: <https://prezi.com/oglvqgd7lcer/importancia-de-clasificar-los-residuos-solidos/>
- Reyes, J. Á. (2004). PAOT. Obtenido de PAOT: www.paot.org.mx/basura_dfPDF
- Rubio, A. R. (2016). Caracterización de los RSU en la región oriente del estado de Yucatán. Valladolid, Yucatán, México.
- Ruiz Patrón, D. Y. (2015). Diagnóstico de la Generación de Residuos Sólidos en la Ciudad de Valladolid, Yucatán. Valladolid, Yucatán, México.
- Universidad Miguel Hernandez. (15 de Octubre de 2019). Universitas Miguel Hernandez. Obtenido de Universitas Miguel Hernandez: <http://masterresiduos.edu.umh.es/2019/10/15/qu-e-es-la-valorizacion-de-residuos-y-para-que-sirve/>

Universidad Nacional de Mar del Plata. (2014). eco.mdp.edu.ar. Obtenido de eco.mdp.edu.ar:
<https://eco.mdp.edu.ar/institucional/enlaces/1611-labasura-consecuencias-ambientales-y-desafios>

Valladolid, H. A. (2018). Valladolid.gob.mx. Obtenido de Valladolid.gob.mx:
<http://valladolid.gob.mx/gacetitas/63.pdf>