

EVALUACIÓN TÉCNICA DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE MUNICIPIOS COLINDANTES ENTRE MICHOACÁN Y EL ESTADO DE MÉXICO

Mercado-Espiridión Nadia^{1*}, Hernández-Berriel María del Consuelo^{1**}, Buenrostro-Delgado Otoniel², Mañón-Salas Consuelo¹ y Carmona-Chit Gloria Irene¹

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico s/n. Colonia Agrícola Bellavista Metepec, Estado de México, México C.P. 52149.

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Avenida Francisco J. Múgica S/N Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México.

*nadia.mer.esp@gmail.com / ** mirsolypel@yahoo.com.mx

1. Resumen

En México la falta de seguimiento y recursos monetarios ha ocasionado que algunos rellenos sanitarios (RESA) y sitios controlados (SC), se conviertan en tiraderos a cielo abierto (TCA), provocando además de la pérdida de inversión, la generación de vectores dañinos para la salud y el incremento de la contaminación. El Estado de México y Michoacán pertenecen a la región del centro de México, donde en 2012 se concentraba el 40% de la población y se produjo el 51% de los residuos sólidos urbanos (RSU) del país. Los municipios de Zitácuaro, Tlalpujahua y Tuzantla se localizan en el área colindante entre el estado de México y Michoacán, los cuales cuentan con sitios de disposición final (SDF) de RSU y el objetivo de este trabajo fue realizar su evaluación técnica para determinar si se encuentran ubicados correctamente, las oportunidades de optimización en su operación y prever se convierta en un TCA. Para ello se empleo una lista de verificación elaborada con base en la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 y cartografía digital de organismos públicos mexicanos, tales como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), además se realizó la caracterización de RSU tomando como referencia las normas mexicanas NMX-AA-132-SCFI-2016, NMX-AA-015-1985 y NMX-AA-022-1985 para determinar la cantidad de material valorizable que podría aprovecharse si mejorara el manejo de RSU en la región. Los resultados obtenidos de la investigación indican que el cumplimiento normativo de los SDF estudiados va de 26% al 70%, dos de éstos no cumplen en su totalidad las especificaciones de ubicación; con la caracterización de RSU se estimó que se reduciría entre 27% y el 43% de los RSU que se disponen actualmente en la temporada de lluvias si se implementara la recolección separada de RSU y su clasificación desde la fuente; y finalmente entre las áreas de mejora detectadas se tiene la colocación de quemadores para reducir las emisiones de metano, implementar la recuperación de RSU valorizables, mejorar manuales de operación, entre otras.

Palabras clave: Cumplimiento normativo, caracterización de residuos, áreas de mejora.

2. Introducción

La disposición final es la última etapa del manejo integral de RSU (MIRSU) y consiste en depositar permanentemente los residuos en sitios que eviten su liberación al ambiente y las afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas [1]. Sin embargo, no todos los sitios de disposición final (SDF) cumplen con esta condición, por lo tanto la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, los clasifica en tiradero a cielo

abierto (TCA) o sitio no controlado (SNC), sitio controlado (SC) y relleno sanitario (RESA). Los SC y SNC son instalaciones inadecuadas porque tienen un control parcial o no tienen control de la contaminación, mientras que el RESA cuenta con métodos, obras de ingeniería y planes de monitoreo para controlar los impactos ambientales [2].

Algunos de los impactos ambientales asociados a la disposición final de RSU son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y lixiviados, que sin un manejo adecuado pueden causar contaminación al aire y a cuerpos de agua, respectivamente; la generación de malos olores y fauna nociva, la dispersión de RSU por efecto del aire cuando la compactación y la cobertura no son adecuadas; entre otros [3]. En México se han reportado casos de SDF con problemas de contaminación no controlada, tales como el de Chetumal y Tepic, que no cumplen con los requisitos mínimos para el control de la contaminación; en la ciudad de Sahuayo en Michoacán se ha registrado la contaminación por cadmio (Cd) en un TCA abandonado; en San Luis Potosí el TCA de Peñasco ha pasado a ser un SC, pero continua teniendo problemas de control de biogás y lixiviados; en el SDF de la ciudad de Morelia, estudios geológicos e hidrológicos indican que los lixiviados se han filtrado al subsuelo alcanzado el acuífero, llevando consigo residuos peligrosos, en particular metales pesados como Cd, plomo (Pb), zinc (Zn), cromo (Cr), níquel (Ni) y arsénico (As) [4].

Por otra parte, en México del año 2003 al 2013 la cantidad de RESA aumentó de 89 a 260 RESA, lo que representa un incremento del 192% en 10 años; en ese mismo periodo, la disposición de RSU en RESA presentó un porcentaje de crecimiento del 63%, mientras que el uso de TCA se redujo en un 6% y de SC un 20% [5]. Realizar la disposición final en RESA es una práctica correcta que genera beneficios sociales y ambientales.

Conscientes del riesgo que implica la disposición final en TCA, el objetivo de este trabajo fue evaluar técnica y ambientalmente los SDF de Zitácuaro, Tlalpujahua y Tuzantla para determinar su cumplimiento normativo e identificar sus áreas de mejora.

3. Metodología

Los municipios de Zitácuaro, Tlalpujahua y Tuzantla se ubican en el este del estado de Michoacán (Figura 3.1) y colindan con municipios del Estado de México, sus coordenadas de ubicación, altitud, superficie y actividades económicas principales [6] se muestran en la tabla 3.1.



Fuente: Adaptado de [7]

Figura 3.1 Ubicación de los municipios de Zitácuaro, Tlalpujahua y Tuzantla

Tabla 3.1 Características de los municipios estudiados

MUNICIPIO	COORDENADAS DE UBICACIÓN	ALTURA (metros sobre el nivel del mar, msnm)	SUPERFICIE (km ²)	ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRINCIPALES
Zitácuaro	Entre los paralelos 19°18' y 19°34' de latitud norte; los meridianos 100°10' y 100°30' de longitud oeste	Entre 1,200 y 3,400	514.13	1° Comercio 2° Industria 3° Agricultura
Tlalpujahua	Entre los paralelos 19°41' y 19°53' de latitud norte y los meridianos 100°08' y 100°18' de longitud oeste	Entre 2,200 y 3,100	191.09	1° Comercio 2° Artesanía 3° Agricultura 4° Industria manufacturera 5° Industria extractiva
Tuzantla	Entre los paralelos 19°00' y 19°27' de latitud norte; los meridianos 100°26' y 100°47' de longitud oeste	Entre 500 y 2,700	1,021.17	1° Agricultura 2° Ganadería 3° Comercio

Se estimó que en el año 2017 el municipio de Zitácuaro contaba con una población de 164,144 habitantes [8], la disposición final de RSU se realiza en un RESA (Figuras 3.2 y 3.3) que inició operaciones en el año 2000 y se encuentra ubicado en las coordenadas

100° 26' 04" longitud oeste y 19° 24' 29" latitud norte, de acuerdo con la información proporcionada por el personal administrativo de servicios públicos, se ubica en un predio de 14.1 ha y recibe en promedio 96 ton/día de RSU. El SDF cuenta con pozos de venteo de PVC de 4 plg y dos fosas de lixiviados, los vehículos descargan en el frente de tiro, donde un grupo de empleados formales realizan la separación de RSU en orgánicos e inorgánicos para su valorización. Con los residuos orgánicos se realiza lombricomposta, algunos residuos inorgánicos se comercializan y las bolsas de plástico son utilizadas para elaborar mangueras.



Fuente propia, 2017

Figura 3.2 Sitio de disposición final de Zitácuaro.



Fuente propia, 2017

Figura 3.3 Estación de reciclaje del SDF de Zitácuaro.

En el municipio de Tlalpujahua se proyectó para el año 2017 una población de 29,228 habitantes [8] y de acuerdo con estudios realizados se recolectan entre 15 y 20 t/día, el Área de Limpia del municipio se encarga del barrido, recolección y disposición final de los RSU; para realizar la recolección cuenta con cinco vehículos y la disposición final se realiza en un SC ubicado en las coordenadas 100° 11' 24" longitud oeste y 19° 49' 31" latitud norte, en la comunidad de "La Lagunilla", es propiedad del municipio e inició sus operaciones en 2010 como tipo D, sin embargo, actualmente por la cantidad de RSU recolectados está clasificado como tipo C, tiene una superficie de 1.0 ha y se espera tenga una vida útil de 20 años (Figura 3.4).



Fuente propia, 2017

Figura 3.4 Sitio de disposición final de Tlalpujahua

La población estimada para el año 2017 en Tuzantla fue de 16,844 habitantes [8], éste municipio cuenta con un TCA (Figura 3.5) que tiene 15 años en servicio y se encuentra ubicado en las coordenadas 100° 36' 35" longitud oeste y 19° 12' 53" latitud norte, de acuerdo con la información proporcionada por el personal administrativo de servicios públicos del municipio, el SDF se ubica en un predio de 1.0 ha y recibe en promedio 10

ton/día de RSU, recolectados de casas habitación de dicho municipio. Los vehículos descargan en el frente de tiro, donde empleados informales seleccionan residuos inorgánicos que posteriormente comercializan.



Fuente propia, 2017

Figura 3.5 Sitio de disposición final de Tuzantla

3.1. Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos

Para la caracterización de RSU de los SDF primero se obtuvo una muestra compuesta, utilizando la NMX-AA-132-SCFI-2016 [9]; “Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra”, para ello se recolectaron sobre 500 kg en cinco puntos equidistantes, elegidos aleatoriamente de la capa superficial de la celda en operación. A la muestra compuesta se le aplicó el método de cuarteo, reportado en la NMX-AA-015-1985 [10] y mediante la NMX-AA-022-1985 [11], se realizó la selección de subproductos y la composición de los RSU.

3.2. Evaluación del cumplimiento normativo

La Línea de Investigación “Tratamiento de Contaminantes y Gestión Ambiental” del Instituto Tecnológico de Toluca elaboró una Lista de Verificación (LV) con base en la NOM-083-SEMARNAT-2003 [2] y consta de preguntas divididas en siete apartados: Proyecto ejecutivo y evaluación, Restricción para ubicación del sitio, Estudio y análisis previos para la selección del sitio, Estudios en el sitio previos a la construcción y operación, Estudios de generación y composición, Características constructivas y operativas del sitio y Clausura del sitio [12]. Esta herramienta se utilizó para evaluar la forma en que opera y el estado actual de las instalaciones de los SDF. Su aplicación se realizó en conjunto con el personal de servicios públicos de los municipios y se emplearon mapas y bases de datos oficiales de distintas fuentes, como Mapa Digital de México [7], Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas [13], así como de Áreas naturales protegidas [14].

4. Resultados y discusión

4.1. Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos

La caracterización de RSU de los SDF se realizó de acuerdo a 27 subproductos establecidos en la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 [11], la cual considera a los pañales desechables como un subproducto, sin embargo se agruparon con el papel higiénico y las toallas sanitarias en un subproducto nombrado “Residuos higiénicos”,

además se hallaron residuos que no están establecidos en esta norma, como son PET, residuos peligrosos (RP), residuos electrónicos y pilas eléctricas.

- **Zitácuaro**

En este SDF se encontraron 13 de los subproductos especificados en la norma y cuatro que no se encuentran en la misma, los cuales son residuos higiénicos (16.77%), PET (3.25%), electrónicos (0.22%) y pilas eléctricas (2.24%) y no se encontraron RP. De acuerdo con la caracterización, el subproducto que se dispone en mayor cantidad fueron los residuos higiénicos y se encontraron en menor cantidad los residuos electrónicos (Figura 4.1).

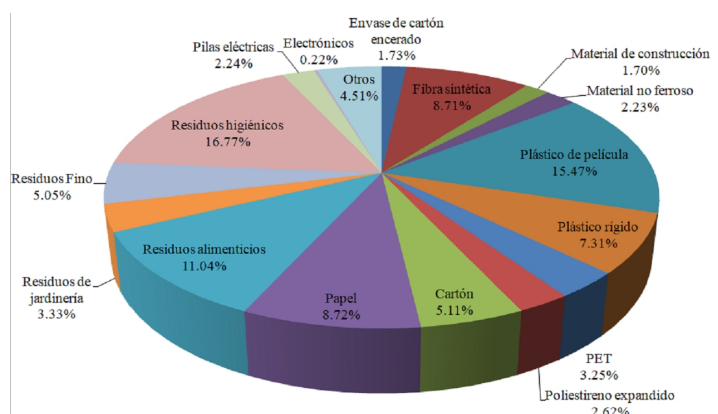


Figura 4.1 Composición de los residuos sólidos urbanos de Zitácuaro en época de lluvias

- **Tlalpujahua**

En este SDF se encontraron 15 de los subproductos especificados en la norma, así como PET (1.85%), RP (0.30%) y pilas eléctricas (0.41%). Mediante la caracterización fue posible determinar que el subproducto que se dispone en mayor cantidad fueron los Residuos higiénicos (23.9%), mientras que los materiales ferrosos y no ferrosos se encontraron en menor cantidad, con 0.16% y 0.05%, respectivamente. La cantidad de Residuos alimenticios y de jardinería que se disponen es baja (0.6 y 6.74%, respectivamente), debido a que una gran parte de la población de Tlalpujahua utiliza estos residuos en sus cultivos o para alimentar animales (Figura 4.2).

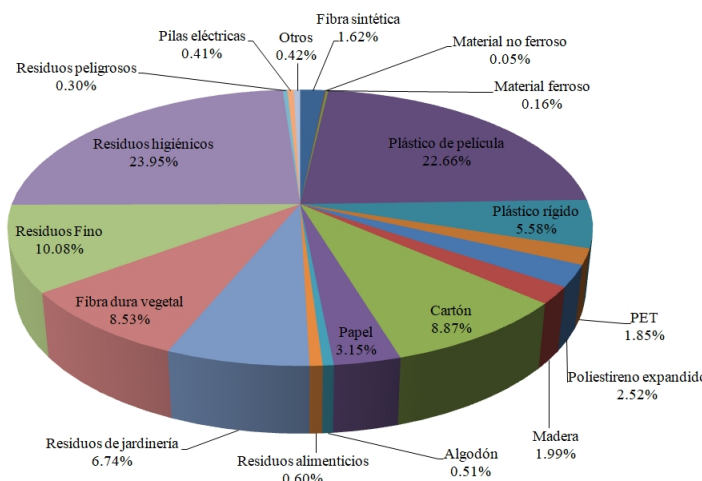


Figura 4.2 Composición de los residuos sólidos urbanos de Tlalpujahua en época de

lluvias

• Tuzantla

En este SDF se encontraron 17 de los subproductos especificados en la norma, así como residuos higiénicos (11.26%), PET (0.87%), RP (7.16%), electrónicos (1.97%) y pilas eléctricas (1.76%). El subproducto que se dispone en mayor cantidad fueron los residuos higiénicos (11.26%) y el que se dispuso en menor cantidad fue el algodón (0.28%) (Figura 4.3).

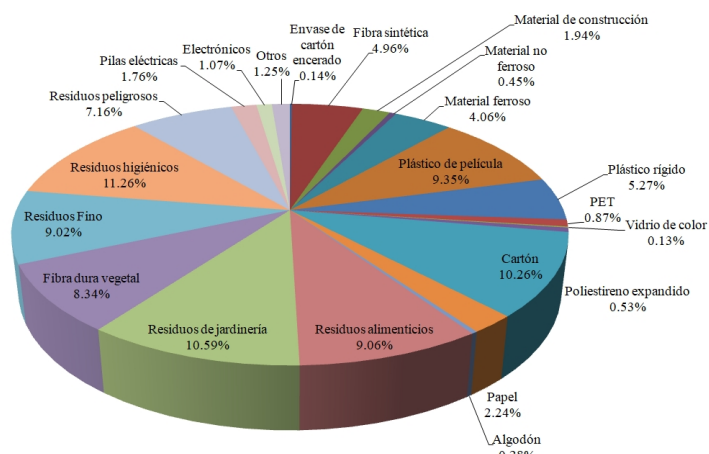


Figura 4.3 Composición de los residuos sólidos urbanos de Tuzantla en época de lluvias

Desde otra perspectiva, mediante la caracterización de RSU se determinó el porcentaje de los RSU valorizables en cada municipio, considerando al material ferroso y no ferroso, plástico rígido, PET, cartón y papel, dado que podrían ser comercializados [15] y [16] y se estableció el porcentaje de RSU compostables, los cuales son residuos alimenticios y de jardinería [17] - [19] y realizando la suma de los dos porcentajes se obtuvieron los RSU (Tabla 4.1) cuya disposición final podría evitarse, en la temporada en la que se realizó el muestreo, si se implementaran las medidas adecuadas.

Tabla 4.1 Residuos sólidos urbanos cuya disposición final podría evitarse

MUNICIPIO	RSU VALORIZABLES (%)	RSU COMPOSTABLES (%)	RSU DISPOSICIÓN FINAL EVITABLE (%)
Zitácuaro	26.61	14.37	40.98
Tlalpujahua	19.66	7.34	27.00
Tuzantla	23.15	19.66	42.81

4.2. Evaluación del cumplimiento normativo

• Zitácuaro

En éste SDF se reciben de 96 t/d, por lo que se clasifica como tipo A y de acuerdo con la LV, cumple con 76% de las disposiciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003 aplicables a los SDF de este tipo. En la tabla 4.2 se muestra la evaluación de cumplimiento para cada una de las secciones de la LV y sus áreas de oportunidad son principalmente operar únicamente hasta alcanzar la capacidad estimada en los estudios y monitorear el

biogás y lixiviados generados para tener un control de los impactos ambientales.

Tabla 4.2 Resultados del cumplimiento normativo del SDF de Zitácuaro

CATEGORÍA	CUMPLIMIENTO		ÁREA DE OPORTUNIDAD
1. Proyecto ejecutivo y evaluación	1/1	100%	
2. Restricción para ubicación del sitio	8/8	100%	Operar únicamente hasta alcanzar la capacidad final estimada
3. Estudios y análisis previos para la selección del sitio	5/5	100%	Operar únicamente hasta alcanzar la capacidad final estimada
4. Estudios en el sitio previos a la construcción y operación	8/8	100%	Operar únicamente hasta alcanzar la capacidad final estimada
5. Estudios de generación y composición	2/3	66.67%	Utilizar los estudios de generación y composición de RSU y biogás para mejorar el manejo integral de RSU (MIRSU). Realizar estudio de generación de lixiviados.
6. Características constructivas y operativas del sitio	26/45	57.78%	Implementar y aplicar programas de monitoreo de agua subterránea, de biogás y lixiviados. Instalar infraestructura para el control de biogás y recirculación de lixiviados a las celdas. Mejorar la compactación y cobertura de RSU.
7. Clausura del sitio	7/7	100%	Garantizar la aplicación de los programas de mantenimiento pos-clausura y de uso final del SDF.
CUMPLIMIENTO	65/85	76%	

- Tlalpujahua

En el SDF de este municipio se disponen de 15 a 20 t/d, por lo que se clasifica como tipo C y de acuerdo con la LV, cumple con 26% de las disposiciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003, aplicables a los SDF de este tipo. En la tabla 4.3 se muestra la evaluación de cumplimiento para cada una de las secciones de la LV y sus áreas de oportunidad, entre las que destacan el llevar a cabo la compactación y cobertura de los RSU diariamente, aumentar la recuperación y aprovechamiento de valorizables, implementar drenaje pluvial, pozos de monitoreo de agua, e infraestructura para el control de biogás y lixiviados, así como también complementar el manual de operación y los registros actuales, además de aplicarlos.

Tabla 4.3 Resultados del cumplimiento normativo del SDF de Tlalpujahua

CATEGORÍA	CUMPLIMIENTO		ÁREA DE OPORTUNIDAD
1. Proyecto ejecutivo y evaluación	1/1	100%	
2. Restricción para ubicación del sitio	6/6	100%	Operar únicamente hasta alcanzar la capacidad final estimada
3. Estudios y análisis previos para la selección del sitio	0/0	0%	No aplica para sitios de disposición tipo C.



4. Estudios en el sitio previos a la construcción y operación	1/8	13%	Realizar los estudios topográficos (con estudios de laboratorio, evaluación geológica e hidrogeológica).
5. Estudios de generación y composición	1/1	100%	Utilizar los estudios de generación y composición para mejorar el manejo integral de RSU (MIRSU).
6. Características constructivas y operativas del sitio	8/45	18%	Colocar suelo con espesor de 1m de cobertura final. Garantizar un coeficiente de conductividad hidráulica de al menos 1×10^{-7} cm/s sobre la zona destinada al establecimiento de las celdas de disposición final. Implementar compactación y cobertura diaria de los residuos, drenaje pluvial, pozos de monitoreo de agua, recuperación de valorizables e infraestructura para el control de biogás y lixiviados. Destinar un área de emergencia para recepción de RSU y RME. Complementar el manual de operación y los registros actuales y aplicarlos. Desarrollar y aplicar un programa de monitoreo de impactos ambientales y de acuíferos.
7. Clausura del sitio	1/7	14%	Elaborar un programa de mantenimiento pos-clausura y de uso final del SDF.
CUMPLIMIENTO	18/68	26%	

- Tuzantla

En este SDF se disponen en promedio 10 t/d, por lo que se clasifica como tipo C y de acuerdo con la LV, cumple con 9% de las disposiciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003, aplicables a los SDF de este tipo. En la tabla 4.4 se muestra la evaluación de cumplimiento para cada una de las secciones de la LV y entre sus áreas de oportunidad destacan evaluar la posibilidad de reubicar el SDF y sanear el actual, dado que no cumple con todas las restricciones de ubicación, mejorar ampliamente su operación implementando la compactación y cobertura diaria e incorporando infraestructura para el control de gases y lixiviados, así como desarrollar y aplicar procedimientos de operación, manual de operación, registros y programas diversos.

Tabla 4.4 Resultados del cumplimiento normativo del SDF de Tuzantla

CATEGORÍA	CUMPLIMIENTO		ÁREA DE OPORTUNIDAD
1. Proyecto ejecutivo y evaluación	1/1	100%	
2. Restricción para ubicación del sitio	5/6	83.3%	Evaluar la posibilidad de reubicar el SDF y sanear el actual.
3. Estudios y análisis previos para la selección del sitio	0/0	0%	No aplica para sitios de disposición tipo C.
4. Estudios en el sitio previos a la construcción y operación	0/8	0%	Realizar los estudios topográficos (con estudios de laboratorio, evaluación geológica e hidrogeológica).
5. Estudios de generación y composición	0/1	0%	Realizar estudios de generación y composición y utilizarlos para mejorar su MIRSU.
6. Características constructivas y operativas del sitio	0/45	0%	Colocar suelo con espesor de 1m de cobertura final. Garantizar un coeficiente de conductividad hidráulica de al menos 1×10^{-7} cm/s sobre la zona destinada al establecimiento de las celdas de disposición final. Implementar compactación y cobertura diaria de los residuos, drenaje pluvial, pozos de monitoreo de agua, recuperación de valorizables e infraestructura para el control de biogás y lixiviados. Destinar un área de emergencia para recepción de RSU y RME. Desarrollar procedimientos de operación, manual operación y los registros actuales y programa de monitoreo de impactos ambientales y de acuíferos y aplicarlos.
7. Clausura del sitio	0/7	0%	Elaborar un programa de mantenimiento pos-clausura y de uso final del SDF.
CUMPLIMIENTO	6/68	9%	

5. Conclusiones

- La caracterización de RSU indica que en los municipios de Zitácuaro, Tlalpujahua y Tuzantla se evitaría la disposición final de 40.98%, 27% y 42.81%, respectivamente, de los RSU que se disponen actualmente en los SDF en la temporada de lluvias si se implementara su clasificación desde la fuente y recolección separada.
- El subproducto mayoritario en los tres municipios fueron los residuos higiénicos (pañales desechables, toallas sanitarias y papel higiénico) por lo que deben generarse alternativas que ayuden a la disminución de los mismos.
- En los SDF de Tlalpujahua y Tuzantla se encontraron RP lo cual es atribuible a su bajo cumplimiento normativo y el poco control de sus operaciones.
- El SDF con menor cumplimiento normativo fue el de Tuzantla (9%) debido a que es TCA, el SDF de Tlalpujahua tuvo un cumplimiento normativo de 26% y es un SC, mientras que en el SDF de Zitácuaro fue del 76% y posee más características de un RESA.
- Las principales áreas de oportunidad determinadas en los SDF fueron aumentar la frecuencia de compactación de RSU, elaborar programas de monitoreo del impacto ambiental y la elaboración de programas de mantenimiento pos-clausura y de uso final del SDF.

6. Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Fondo Sectorial de Investigación Ambiental SEMARNAT CONACyT 2015 mediante el proyecto 263315. Los autores agradecen a las autoridades de los municipios de Zitácuaro, Tlalpujahua y Tuzantla, Michoacán por todo su apoyo, al Instituto Tecnológico de Toluca por las facilidades brindadas y a Fundación CONAMA por la asignación de la beca de inscripción al “14º Congreso Nacional del Medio Ambiente, CONAMA 2018”.

7. Referencias Bibliográficas

- [1] DOF. (2015). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 22 de mayo de 2015.
- [2] DOF. (2004). NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 20 de octubre de 2004.
- [3] Colomer, F., Altabella, J., García, F., Herrera, L., Robles, F. (2013). Influencia de la ubicación de los rellenos sanitarios en el impacto ambiental. Caso de España. Ingeniería, 17(2), 141 -151. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46730913005>.
- [4] Bernache, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. Un estudio de la región centro occidente de México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 28(1), 97-105. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37025166015>.

- [5] INEGI. (2016). Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825087340>.
- [6] INEGI. (2011). Compendio de información geográfica municipal 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>
- [7] INEGI. (2017). INEGI (2017). Mapa digital de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/>
- [8] SEDESOL. (2017). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2017. Secretaría de Desarrollo Social. México. Recuperado de http://diariooficial.gob.mx/SEDESOL/2017/Michoacan_093.pdf
- [9] DOF. (2017). Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI 2016, Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra (cancela a la NMX-AA-132-SCFI-2006). Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5475373&fecha=06/03/2017
- [10] DOF, 1992a. NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente - Contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo - Método de cuarteo. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 6 de noviembre de 1992.
- [11] DOF, 1992b. NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 6 de noviembre de 1992.
- [12] Díaz-Archundúa, L. V. (2016). Diagnóstico de la generación de biogás en tres sitios de disposición de residuos sólidos urbanos en el estado de México (Tesis de doctorado). Instituto Tecnológico de Toluca, Metepec, Estado de México.
- [13] CONAGUA. (2017). Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://sigagis.conagua.gob.mx/aprovechamientos/>
- [14] CONANP. (2017). Reserva Biosfera Mariposa Monarca. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de <http://mariposamonarca.conanp.gob.mx/>
- [15] Dahlbo, H., Poliakova, V., Mylläri, V., Sahimaa, O., Anderson, R. (2017). Recycling potential of postconsumer plastic packaging waste in Finland. Waste Management, 71 (2018), 52–61
- [16] Kieckhäfer, K., Breit, A., Spengler, S. (2016). Material flow-based economic assessment of landfill mining processes. Waste Management, 60 (2017), 748–764.
- [17] Seng, B., Hirayama, K., Katayama-Hirayama, K., Ochiai, S., Kaneko, H. (2012). Scenario analysis of the benefit of municipal organic-waste composting over landfill, Cambodia. Journal of Environmental Management, 114 (2013), 216-224.
- [18] Neugebauer, M., Solowiej, P. (2017). The use of green waste to overcome the difficulty in small scale composting of organic household waste. Journal of Cleaner Production, 156 (2017), 865-875.
- [19] Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T., Sánchez, A. (2017). Composting of food wastes: Status and challenges. Bioresource Technology, 248 (2018), 57–67.