



Evaluación del sitio de disposición final de residuos sólidos en Martínez de la Torre, Veracruz

Miguel Ángel López-Ramírez^{1*}, Mario Rafael Aguilar-Rodríguez¹, César Argüelles-López¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Ignacio de la Llave núm. 182, Zona Centro, Martínez de la Torre 93600, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: malopez@tecmartinez.edu.mx

Recibido 12 de agosto de 2020; aceptado 20 de octubre de 2020

RESUMEN

El uso de rellenos se ha convertido en México en una técnica de eliminación de residuos sólidos que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; además, durante su operación hasta su clausura, no daña el ambiente y prevé los problemas que puedan causar los subproductos producidos. En Martínez de la Torre, Veracruz, se cuenta con un relleno sanitario que ha sobrepasado su capacidad, por lo tanto, el presente estudio valoró dicho sitio utilizando la metodología matriz de afectación al ambiente, que evalúa microelementos teniendo como base los impactos por cobertura, acondicionamiento del sitio, cercanía a población o zona agrícola, incidencia de vientos, visibilidad, distancia a cuerpos de agua superficiales y pozos. Se analizaron los impactos y se obtuvieron los siguientes resultados: cobertura 0.333, que indica el valor mínimo porque no se extraerá material de zonas aledañas, lo que disminuye el impacto por extracción de suelo; acondicionamiento obtuvo el valor máximo 1.0, ya que los caminos y accesos no están pavimentados; cercanía obtuvo el valor de 0.433, que indica que hay zona agrícola cerca; también, de acuerdo a incidencia de vientos, se reportan 192 días dando un valor de 0.526; en visibilidad, el valor es 1.0 porque se encuentra a la vista; sobre distancia de aguas superficiales, se encuentra el río El Kilate, que representa un valor de

0.180; y con respecto a pozos, se obtuvo un valor de 0.930, cercano a 1.0, lo que representa un valor de distancia cercano para pozos; respecto a los microelementos, los resultados fueron los siguientes: bienestar 1.545, ambiente 0.883, infraestructura 0.662 y salud 1.328. Los factores bienestar y salud, los cuales representan un 65% de importancia, son los más afectados debido a los impactos por cobertura, acondicionamiento del sitio, cercanía a la zona agrícola y pozos.

PALABRAS CLAVE: Residuos sólidos, Martínez de la Torre, microelementos

ABSTRACT

The use of landfills in Mexico has become in a solid waste disposal technique that does not cause annoyance or danger to public health and safety; in addition, during its operation until its closure, it does not harm the environment and foresees the problems that may be caused by products produced. In Martínez de la Torre, Veracruz, there is a landfill that has exceeded its capacity, therefore, the present study evaluated said site using the environmental impact matrix methodology, that evaluates microelements based on the impacts of coverage, conditioning of the site, proximity to population or agricultural area, incidence of winds, visibility, distance to surface water bodies and wells. The impacts were analyzed and the following results were obtained: coverage 0.333, that indicates the minimum value since it is not will extract material from neighboring areas, which reduces the impact of soil extraction; conditioning obtained the maximum value 1.0, since the roads and accesses are not paved; proximity obtained the value of 0.433, which indicates that there is an agricultural area nearby; also, according to the incidence of winds, 192 days are reported giving a value of 0.526; in visibility, the value is 1.0 because it is in sight; about distance to surface waters, is the river El Kilate river, that represents a value of 0.180; and with respect to wells, a value of 0.930 was obtained, close to 1.0, which represents a value of close distance for wells; regarding microelements, the results were the following: well-being 1.545, environment 0.883, infrastructure 0.662 and health 1.328. The well-being and health factors, which represent 65% of importance, are the most affected due to the impacts of coverage, conditioning of the site, proximity to the agricultural area and wells.

KEY WORDS: Solid waste, Martínez de la Torre, microelement

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas siempre han generado residuos sólidos urbanos (RSU). Sin embargo, en un mundo de consumo como el actual, el volumen generado es inmenso y el término ‘basura’ para muchos es sinónimo de problema. En las grandes ciudades, el problema es mayor y es ocasionado por la densidad poblacional; debido a esto, se ha estimado que el promedio mundial de producción por persona se encuentra por encima de un kilogramo diario (Muñoz et al., 2009), cifra elevada teniendo en cuenta que la población mundial es de 7,672 millones de habitantes aproximadamente en el 2020 (US Census Bureau, 2020), y esto mismo ha empeorado la calidad de los residuos, ya sean líquidos, sólidos o gaseosos, porque los productos que tienen mayor incremento como generadores de basura son altamente contaminantes, algunos no recuperables y otros no biodegradables. Tomando como referencia a Noguera y Olivero (2010), que censaron las principales ciudades en Latinoamérica, donde México aparece en el lugar número 9, se procedió a actualizar la cifra de generación de los países de acuerdo a lo publicado por su gobierno y en medios de

divulgación, y se observa que México ocupa el 2º lugar a nivel Latinoamérica.

Tabla 1. Producción diaria de toneladas de RSU en los principales países de Latinoamérica.

País	Toneladas diarias	Núm. de Habitantes*	Año
Argentina	49,693	43,590,000	2016 ¹
Bolivia	6,471	11,353,142	2016 ¹
Chile	22,471	18,419,00	2017 ²
Colombia	68,081	48,258,494,	2018 ³
Cuba	3,773	5,631,930	2016 ¹
Ecuador	14,710	16,529,000	2016 ¹
El Salvador	3,500	6,643,000	2018 ⁴
Guatemala	779,354	16,582,000	2016 ¹
México	102,895	123,518,000	2018 ⁵
Perú	23,616	31,488,625	2016 ¹
Venezuela	33,682	30.081.829	2017 ⁶

1. Banco Mundial, 2016. 2.- Vivanco Font, E., 2019. 3.- DANE, 2020. 4.- Pacas, A., 2018 5.-SEMARNAT, 2017. 6.- Ministerio del ambiente. (2016). 5.- Villalba Márquez, L., 2017.

*Datos obtenidos de Expansión: <https://datosmacro.expansion.com/>

Fuete: elaboración propia, 2020.

Además, el estado de Veracruz, en el año 2012, obtuvo una producción del 5.5% del promedio diario nacional,

tomando en cuenta el valor de producción del año 2016, el estado generaría 5,145 toneladas diarias (ver figura 1).

orgánicos, constituyendo una importante fuente antropogénica de generación de gases invernadero, representada por el biogás producto de la descomposición biológica de la materia orgánica, que contiene metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y trazas de compuestos orgánicos volátiles (COV); estos compuestos son potencialmente perjudiciales para la calidad del aire y la salud (Camargo, 2009), y su producción varía dependiendo de la antigüedad del sitio de disposición, por el avance de los procesos de estabilización de los residuos y de las condiciones ambientales en las que se efectúan (Pohland et al., 1985; Gómez et al., 2008).

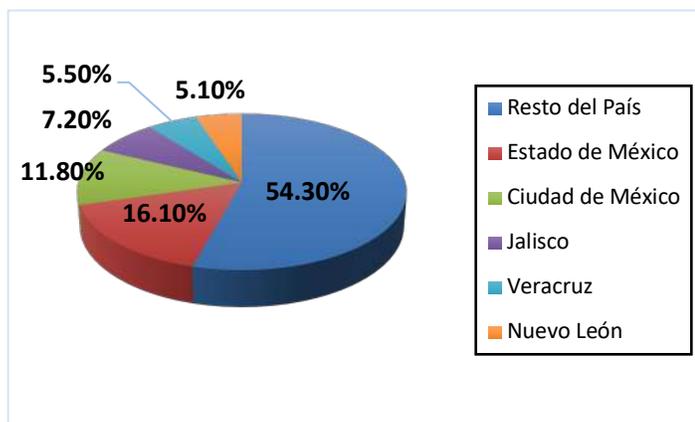


Figura 1. Producción de RSU de la República Mexicana.

Fuente: adaptado de SEMARNAT, 2015.

Debido a lo anterior, los rellenos sanitarios municipales en nuestro país surgieron como respuesta a la problemática generada por la producción de RSU, debido a su alto impacto negativo sobre los componentes ambientales y al deterioro de la calidad de vida de las comunidades, que se hace cada vez más preocupante por su aumento acelerado, principalmente en las áreas urbanas (Rodríguez et al., 2005). Sin embargo, en la actualidad estos sitios de disposición de residuos sólidos son considerados fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos, como material biológico, gases y otros productos de degradación de desechos

Este trabajo tuvo como objetivo la evaluación del sitio de disposición final utilizado para dar confinamientos a los RSU de la zona Martínez de la Torre mediante la adaptación del método de Leopold, utilizando una matriz de interacción ‘hombre-entorno’ para determinar si la ubicación de un relleno sanitario podría causar daños al ambiente, como en suelos y aguas subterráneas, así como afectar la salud de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuó un análisis de factores ambientales del entorno denominado “impactantes potenciales de la instalación” para analizar el sitio de acuerdo con sus características del

medio que pueden ser afectadas (Sánchez, 1998) al relleno sanitario de Martínez de la Torre, ubicado en las coordenadas: latitud 20° 1'44.31" N, longitud 96°59'54.84" O (ver figura 2).



Figura 2. Sitio de estudio.

Fuente: Google Earth.

Método

Se efectuó un análisis de factores ambientales del entorno denominado “impactantes potenciales de la instalación”, para evaluar el sitio de acuerdo con sus características del medio que pueden ser afectadas (Sánchez, 1998).

A continuación, se mencionan los diferentes microelementos de afectación que pueden verse afectados y deben tomarse en cuenta, como son:

- Ambiente: Emisión de agentes contaminantes, físicos, químicos y biológicos, que pueda llegar a afectar el ambiente en general, en especial aire y suelo.

- Salud: Generación de polvos, microorganismos y contaminantes químicos, que inciden directamente en el ser humano y animales domésticos o bien dispersarse sobre elementos del ambiente, así como la aparición de fauna nociva.
- Bienestar: Generación de polvos, ruidos y olores, dispersión de residuos sólidos y afectación de la estética del paisaje.
- Infraestructura: Facilidad de acceso y deterioro de la infraestructura hidráulica.

Existe una relación de causa-efecto que se puede identificar en un enfoque sistemático, por lo que se propone un porcentaje de impacto para cada uno de los microelementos.

Bienestar:	35%
Ambiente:	20%
Infraestructura:	15%
<u>Salud:</u>	<u>30%</u>
Total:	100%

A continuación, en la tabla 2 se relacionan las variables con las acciones del hombre sobre su entorno, evaluando el impacto de cada una de ellas sobre el medio, como marcan las ecuaciones 1-7:

Tabla 2. Características y fundamentos de la matriz acciones del hombre/entorno.

Impacto potencial	Fundamentos de los límites	Cálculo
Material de cobertura	Área con material de cobertura. Valores: 1.- Menores a 5 Km 2.- Entre 5 y 10 Km 3.- Mayores a 10 Km	$\frac{x}{3}$ (1)
Acondicionamiento del sitio	Se asignan 2 valores: 3.- Acondicionamiento 0.- Cuando no	$\frac{x}{3}$ (2)
Cercanía a población o zona agrícola	Distancia mínima 50 m (distancias mayores a 200 m se asigna 0)	$\frac{1.33x}{150}$ (3)
Incidencia de vientos	Días que el viento incide desfavorablemente	$\frac{x}{365}$ (4)
Visibilidad del sitio	Se asigna un valor entre 0 a 2, donde el valor mínimo es para sitios ocultos y 2 visibles.	$\frac{x}{2}$ (5)
Distancia a cuerpos de agua superficiales	El rango varía entre 0 y 1 (el valor corresponde a la distancia mínima que de 300 m)	$\frac{300}{x}$ (6)
Distancia a pozos de agua potable	Distancia mínima recomendada 360 m	$\frac{360}{x}$ (7)

Fuente: Sánchez, 1998.

RESULTADOS

El sitio de disposición final se ubica dentro de las coordenadas: latitud 20° 1'44.31" N, longitud 96°59'54.84" O, en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz (ver figuras 2 y 3).



Figura 3. Relleno Sanitario de Martínez de la Torre, Veracruz.

Fuente: elaboración propia.

El sitio se encuentra a 856 m de la carretera Martínez de la Torre - Misantla, y a 1660 m del río El Kilate.

Se tiene acceso al relleno sanitario por un camino, el cual, sin inconvenientes topográficos ni sociales. También se tiene acceso al relleno sanitario por un camino, el cual no se encuentra pavimentado como marca la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio

de disposición final de RSU y de manejo especial, como se ve en la figura 4.



Figura 4. Acceso al relleno sanitario de Martínez de la Torre, Veracruz.

Fuente: elaboración propia.

La flora y fauna de la región no presentan inconveniente debido a que ninguna de ellas se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su

Sitio	Días Viento desfavorable	Función
Relleno	192	0.526

inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo. Anexo informativo III (lista de especies en riesgo).

Con base en los resultados obtenidos del muestreo e inspección del sitio de disposición final, se obtuvieron los siguientes resultados:

a) Material de cobertura:

Sitio	Distancia	Valor	Función
Relleno	0 km	1	0.334

El sitio se encuentra a menos de 5 km de la zona próxima donde se puede extraer material de cobertura.

b) Acondicionamiento del sitio:

Sitio	Requiere acondicionamiento	Función
Relleno	Sí	1.0

El relleno sanitario requiere de caminos pavimentados y accesos adecuados.

c) Cercanía a la población o zonas agrícolas y ganaderas:

Sitio	Distancia	Función
Relleno	>50 m	0.444

El relleno se encuentra a menos de 50 metros de una zona agrícola, esto debido a que la zona de Martínez de la Torre está llena de áreas destinadas a la citricultura.

d) Incidencia del viento:

Se toman en consideración como factor los días de vientos desfavorables presentes; además, el sitio de disposición final no cubre el 100% de los residuos, lo cual genera contaminación.

e) Visibilidad del sitio:

Sitio	Visibilidad	Función
Relleno	Visible	1.0

El sitio se encuentra relativamente visible ya que se encuentra a 1.87 km de la carretera principal Martínez de la Torre - Misantla, como se observa en la figura 5.

Sitio	Distancia	Función
Relleno	387 m	0.930

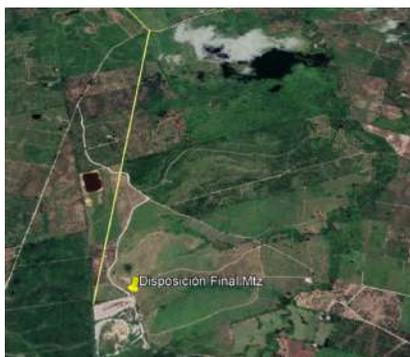


Figura 5. Distancia a la carretera principal Martínez de la Torre -Misantla.

Fuente: Google Earth.

f) Distancia de cuerpos de agua superficiales:

Existen cuerpos de agua superficiales cercanos, como es el río El Kilate, como se muestra en la figura 6.

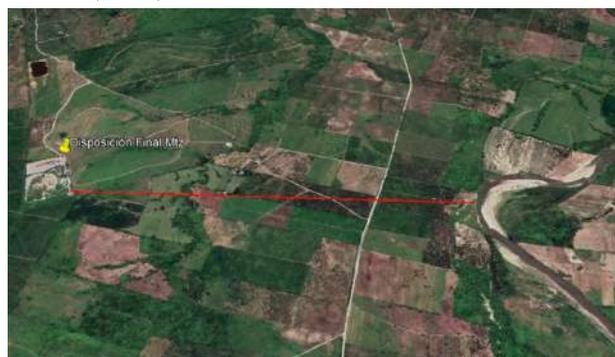


Figura 6. Distancia al río El Kilate.

Fuente: Google Earth.

g) Distancia a pozos de extracción:

Se encuentra un pozo a 387, correspondiente al acuífero 3003 (CONAGUA, 2018), como se ve en la Figura 7.

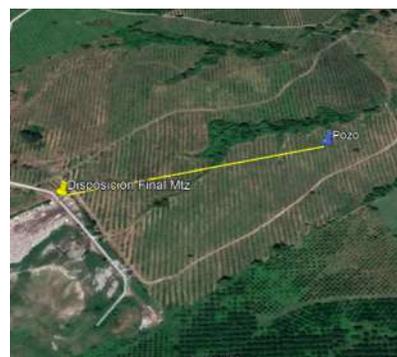


Figura 7. Distancia al acuífero 3003 Martínez de la Torre - Nautla.

Fuente: Google Earth.

Sitio	Distancia	Función
Relleno	1660 m	0.180

Una vez obtenidas las funciones de sensibilidad, se procede a realizar el análisis del relleno sanitario como se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Matriz de calificación del relleno

sanitario de Martínez de la Torre.

Factor	Microelementos de afectación				Σ
	Bie- nestar	Am- biente	Infraes- tructura	Salud	
Cobertura	0.117	0.067	0.050	0.100	0.334
Acon- diciona- miento	0.350	0.200	0.150	0.300	1.000
Cercanía de población	0.155	0.089	0.067	0.133	0.444
Incidencia de vientos	0.184	0.105	0.079	0.158	0.526
Visibilidad	0.350	0.200	0.150	0.300	1.000
Distancia a cuerpos superficia- les	0.063	0.036	0.027	0.054	0.180
Distancia a pozos	0.326	0.186	0.140	0.278	0.930
Σ	1.545	0.883	0.662	1.323	1.545

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

El sitio de disposición final presenta fauna nociva, como es la especie *coragyps atratus*, conocida como zopilote común o zopilote negro.

El sitio cumple con la distancia mínima de 300 y 360 metros a cuerpos superficiales y pozos, respectivamente; sin embargo, el sitio presenta lagunas superficiales de lixiviados y se desconoce si la geomembrana está en óptimas condiciones, por lo que se recomienda realizar un análisis de migración para observar si el sitio no ha aportado contaminación al río El Kilate o al acuífero 3003. Este es un factor importante para la toma de decisiones, pues es posible que el impacto ambiental incremente por la relativa cercanía de cuerpos de agua.

Los residuos sólidos no presentan una cobertura total, dejando estos a la intemperie y acelerando el factor de producción de lixiviados, y con los vientos se presenta contaminación del aire.

Los factores de mayor impacto en el sitio de disposición final son el bienestar y la salud, esto debido a que ambos microelementos son afectados por la cobertura, acondicionamiento del sitio, cercanía a la zona agrícola y los pozos.

Por último, se concluye que el denominado relleno sanitario no cumple con las características establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, que establece las 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, por lo que es considerado como basurero a cielo abierto.

BIBLIOGRAFÍA

Camargo, Y. y Vélez, A. (2009). Emisiones de biogás producidas en rellenos sanitarios. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos.

Comisión Nacional del Agua. (2018). Actualización de la disponibilidad anual de agua en el acuífero Martínez de la Torre, Nautla (3003), Estado de Veracruz. Ciudad de México. 4 de enero 2018.

DANE. (2020). Cuenta Ambiental y Económica de Flujo de Materiales. Colombia. Agosto 2020.

Diario Oficial de la Federación de México. (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Que establece las 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. Ciudad de México. 20 de octubre de 2004.

Diario Oficial de la Federación de México. (2009). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Que establece la Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo; en dicha norma se determinan las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas y las sujetas a protección especial. Ciudad de México. 26 de noviembre de 2010.

Expansión. (2020). Datos Macro. <https://datosmacro.expansion.com/>

Gobierno de Argentina. (2010). El sector de residuos sólidos en la Argentina. <https://n9.cl/xzncl>

Gómez, R.S. y Filigrana, P.A. (2008). Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. Colombia Médica, 39(3), 245-252.

Ministerio del Ambiente. (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. Perú.

Muñoz Velásquez, Karen Tatiana y Bedoya Osorio, Anderson de Jesús. (2009). El papel de los residuos sólidos, en la solución de problemas

- ambientales. Economía Autónoma edición Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. virtual, 3, 1-20. 2017. Residuos Sólidos Urbanos. <https://n9.cl/3gpy>
- Noguera, K.M. y Olivero, J.T. (2010). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 34(132),347-356. US Census Bureau. (12 de agosto del 2020). 2009. U.S. & World Population Clocks. <https://www.census.gov/popclock/>
- Pacas, A. (03 de septiembre de 2018). El país genera 3,500 toneladas de basura al día y solo recicla un 5 %. El Salvador. <https://n9.cl/1fqc5>, Villalba-Márquez, L. 2017. Gestión efectiva de los residuos y desechos sólidos ¿Utopía en Venezuela? Gente, Comunica y Ambiente. Vitalis.
- Pohland, F.G. y Harper, S.R. (1985). Critical review and summary of leachate and gas production from landfills, EPA/600/2-86/073. Vivanco-Font, E. (2019). Generación y gestión de plástico en Chile. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Rodríguez, G.S., Sauri, R.M. y Peniche, A.I. (2005). Aerotransportables viables en el área de tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales de Mérida, Yucatán. Ingeniería Revista Académica, 9(3), 19-29.
- Sánchez, G.J. (1996). Estaciones de transferencias de residuos sólidos y peligrosos. Diplomado en Tecnología y Administración Ambiental. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Campus, Estado de México), Ciudad de México.