

Estudio de Factibilidad y análisis económico para construcción de relleno sanitario de Puerto Peñasco

Javier Ortiz Vidaca, Diana Elizabeth López Chacón, Daniel Alonso Osuna Talamantes, Alejandro Argüelles García, María Elena Gracia Bribiesca, Gilda Elisa Tiznado Parra.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Puerto Peñasco

Resumen

De acuerdo a la gran cantidad de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se generan en este municipio, resulta un grave problema ambiental que repercute en el ámbito social, tecnológico, económico y sustentable. En esta investigación se realizó un sistema de análisis de la cantidad de RSU generados por día y de igual forma se presenta una propuesta de recuperación de los distintos materiales de reciclaje seleccionados para su venta, de esta manera fortalecer económicamente al gobierno municipal, Además, se presenta un estudio geológico-ambiental para determinar el sitio más factible en el municipio de Puerto Peñasco, donde se pueda construir un relleno sanitario de acuerdo a las normas y especificaciones de la NOM-083 DE SEMARNAT 2003, proponiendo así una solución que permita acrecentar el bienestar y salud de la población, disminuyendo los fétidos olores, las emanaciones de humo, el incremento de roedores y aves en sus alrededores, plagas de vectores, brindando una aportación globalizada a la protección del cuidado del medio ambiente y de los recursos naturales del planeta.

Abstract

According to the large amount of Urban Solid Waste (USW) generated in this municipality, it is a serious environmental problem that has repercussions in the social, technological, economic and sustainable areas. In this research, a system of analysis of the amount of MSW generated per day was carried out and a proposal for the recovery of the different recycling materials selected for sale is presented, thus economically strengthening the municipal government. In addition, a geological-environmental study is presented to determine the most feasible site in the municipality of Puerto Peñasco, In addition, a geological-environmental study where a sanitary landfill can be built according to the norms and specifications of the NOM-083 DE SEMARNAT 2003, thus proposing a solution that will increase the well-being and health of the population, reducing the foul odors, smoke emissions, the increase of rodents and birds in the surrounding area, vector plagues, providing a globalized contribution to the protection of the environment and the planet's natural resources.

Palabras clave: Residuos, Vector, Relleno Sanitario.

Keywords: Waste, Vector, Landfill.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas ambientales en la actualidad se encuentra en los depósitos de basura clandestinos así como basureros expuestos al cielo abierto (vertedor) y basureros tecnológicos (rellenos sanitarios), consecuencia que lleva a la exposición de malos olores, contaminación del aire, contaminación de organismos vivos (vectores), constantes emanaciones de humo, preocupante vista urbana que representa una imagen poco agradable para las zonas habitacionales aledañas del mismo, y sobre todo la exposición constante de infecciones y enfermedades en la población.

El desarrollo de este proyecto es incrementar la vida útil a los rellenos sanitarios, así como obtener una solución sustentable, tecnológica, social y ambiental. Lo que nos lleva a la exposición de malos olores, contaminación del aire, contaminación de organismos vivos (moscas) y humo.

Debido a estos antecedentes y a los resultados derivados de esta investigación se propone la factibilidad en el reciclaje de los residuos sólidos urbanos y la determinación del sitio o espacio físico para el relleno sanitario, en base al estudio de los siguientes cuatro indicadores:

- **Sustentabilidad.** Que la recolección de los materiales reciclados sea un factor preponderante en el mantenimiento, operación y funcionamiento del relleno sanitario, y en el soporte del financiamiento interno para respaldar en gran porcentaje la inversión de maquinaria y el personal que ahí labora.
- **Ambiental.** Reducir la contaminación, al reducir los malos olores que generan estos residuos sólidos urbanos, y favoreciendo la limpieza del aire, así como controlar las plagas de vectores y roedores; principales factores que introducen en la población enfermedades y plagas de alto riesgo.
- **Social.** Como una medida de disminución de las grandes cantidades de basura, aumentando la vida de los rellenos sanitarios, generación de empleos, limpieza del medio ambiente, inclusión de tecnología y mejorando la urbanización para los habitantes. Por otra parte, el buen tratamiento y manejo de los desechos sólidos urbanos logra una concientización para toda la población, pero sobre todo para quienes viven en los alrededores de estos lugares de depósito, al percibir los beneficios directamente. Esta propuesta que en primera instancia está diseñado para la población de Puerto Peñasco, será un parteaguas y quedará como una base adaptable a las necesidades de otros municipios del estado de Sonora.
- **Geológico.** Determinar el lugar más adecuado para la construcción del relleno sanitario.

Objetivo

Actualmente es una problemática la cual no se ha atendido de forma definitiva, debido a su complejidad de análisis y de cálculo, sobre todo por el estudio de impacto ambiental, lo que atrae numerosas consecuencias económicas y legales, sin embargo, es indispensable llevarla a cabo para evitar dar continuidad a los problemas presentados por generaciones, que finalmente perjudica de manera directa al medio ambiente, flora, fauna, mantos acuíferos, océano y seres humanos.

Siendo el objetivo de esta propuesta: Determinar el sitio geológico-ambiental para el área de reciclaje y construcción del relleno sanitario en Puerto Peñasco, a través de un dictamen (“¿qué tipo de dictamen?”) autorizado, para dar una solución ecológica, sustentable y viable.

Además:

- Lograr la disminución de los desechos sólidos urbanos en su disposición final.
- Sustentar el reciclaje para su funcionamiento económico.

2. METODOLOGÍA.

En esta investigación se presentan como propuestas de solución, la clasificación de cinco sitios ubicados en áreas alrededor del municipio de Puerto Peñasco, determinando que son puntos factibles que el gobierno municipal puede considerar para la construcción de un nuevo relleno sanitario. (Ver Figura 1).

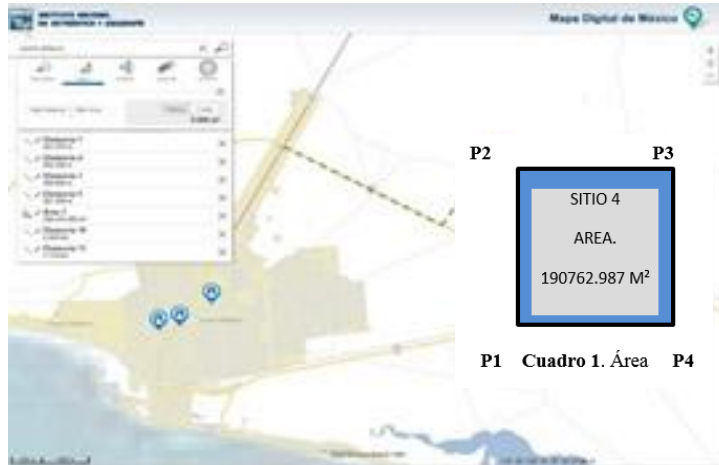


Figura 1. Propuesta de lugar seleccionado para instalación de relleno sanitario.

Primeramente, se identificaron los cinco sitios tomando como fundamento la norma 083-SEMARNAT-2003, la cual se basa en determinar 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.

Se procedió al análisis y cálculo de cada una de las opciones, tomando como referencia el plan municipal y el estudio de mecánica de suelos para identificar las muestras del terreno, conocer la permeabilidad y tipo de suelo, y en base a los resultados determinar el sitio de ubicación geológica- ambiental para la construcción de un nuevo relleno sanitario.

Contando con los datos obtenidos de los estudios antes mencionados, se obtiene como resultado la capacidad de suelo, permeabilidad, nivel del manto freático, tipo de suelo y sobre todo el material de cobertura, utilizando un instrumento (¿qué instrumento, sería de gran apoyo y dará validez a la investigación el describirlo?) para evaluar y seleccionar sitios para construir rellenos sanitarios, para un estudio más complejo hacemos referencia a Umaña, G. (1996 a 2002) de acuerdo a los datos obtenidos, los factores de campo seleccionados fueron sometidos a un sistema de valorización por el método de peso y escala, el cual consiste en la confrontación de variables, de modo que se pueda dar prioridad de acuerdo al orden de importancia, obteniéndose una escala de valores sobre la base de 100, que es útil para pesar la variable que posteriormente fue dividida en 5 ponderaciones que van desde la condición más desfavorable del factor de campo hasta el ideal, correspondiendo a cada uno la quinta parte del valor obtenido ($n/5$, en donde n adopta el valor de 1 a 5) por su importancia en la matriz de peso y escala (ver Figura 1).

Tabla 1. Matriz de priorización de variables.

CUANTIFICACION Y PRIORIZACION DE VARIABLES DE EVALUACION DE SITIOS PARA RELLENOS SANITARIOS															TOTAL
FACTOR DE CAMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	SUBTOTAL	%
1 ACCESO		1	1	1	1	0.5	0.5	1	0.5	0	1	1	0	8.5	7.23
2 DISTANCIA	1		1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	7.5	6.38
3 TOPOGRAFIA	1	1		1	1	0.5	1	1	0.5	0	1	1	0	9.0	7.65
4 TIPO DE SUELO (COBERTURA)	1	1	1		1	0.5	1	1	0.5	0	1	1	0	9.0	7.65
5 VOCACION Y USO DE SUELO	1	1	1	1		0.5	1	1	0.5	0	1	1	0	9.0	7.65
6 NIVEL FREATICO	1	1	1	0.5	0.5		0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0	8.0	6.8
7 MATERIAL DE COBERTURA	1	1	1	1	1	0.5		1	0.5	0.5	1	0.5	0	9.0	7.65
8 ACEPTACION SOCIAL	1	1	1	1	1	1	1		0.5	0	1	1	0	9.5	8
9 INCIDENCIA DE VIENTOS	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5	0.5		0	0.5	1	1	8.5	7.23
10 CERCANIA A VIVIENDAS	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0		1	1	0	9.5	8
11 PERMEABILIDAD (GEOLOGIA)	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	1		1	0	10.5	8.93
12 DRENAJE SUPERFICIAL	1	1	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1		0	8.5	7.23
13 COSTO V2.	1	1	1	1	1	0.5	1	1	0.5	1	1	1		11.0	9.6
TOTAL														117.5	100

Por otra parte, se incluye también el cuadro de referencia del sitio cuatro, tabla 1, indicando sus coordenadas, longitud y área total imagen 1, que requiere este terreno para su construcción.

Tabla 2. Cuadro de referencia del sitio cuatro.

SITIO 4				
PUNTO	DISTANCIA	LONGITUD	COORDENADAS	AREA
1	P 1- P2	476,36 ML	113°26'23.74"W -31°22'12.39" N	190762.987 M ²
2	P2 - P3	476,36 ML	113°26'35.19"W -31°22'18.98" N	
3	P3 - P4	476.36 ML	113°26'25.9"W -31°22'30.61" N	
4	P4 - P1	476.36 ML	113°26'14.27"W -31°22'24.02" N	

Para la propuesta de ubicación y selección del terreno, fue necesario calcular el área total que requiere este relleno sanitario para su operación, proyectando que su vida útil sea de aproximadamente 8 años mínimo, con un área de 133,534.09 m² para el relleno de celdas y un área de acceso de 557,228.89 m², obteniendo un área total de 190,762.987 m², como se indica en el Tabla 3.

A continuación, se presenta un desglose del cálculo del área para la construcción del relleno sanitario.

Tabla 3. Calculo del Área Total para Construcción del Relleno Sanitario en Puerto Peñasco.

AÑO	POBLACION	PPC KG/HAB /DIA	CANTIDAD DE DESECHOS			VOLUMEN DE DESECHOS SOLIDOS			AREA REQUERIDA			
			DIARIA (KG)	ANUAL (TON)	ACUMULADA (TON)	COMPACTADOS		ESTABILIZADOS ANUAL (M3)	RELLENO		RELLENO ARS (M2)	TOTAL AT (M2)
						DIARIO (M3)	ANUAL (M3)		(DS+MC) ANUAL	ACUMUL ADO (M3)		
2022	79490.00	1.05	83660.00	29013.85	29013.85	185.91	67857.56	139.43	81429.07	81429.07	13571.51	17642.96
2023	82262.86	1.06	87444.10	30025.94	59039.79	194.32	70926.88	145.74	85112.26	166541.33	27756.89	36083.95
2024	85132.44	1.07	91399.37	31073.34	90113.13	203.11	74135.04	152.33	88962.05	255503.38	42583.90	55359.07
2025	88102.12	1.08	95533.54	32157.28	122270.41	212.30	77488.31	159.22	92985.98	348489.36	58081.56	75506.03
2026	91175.40	1.10	99854.71	33279.02	155549.43	221.90	80993.26	166.42	97191.91	445681.27	74280.21	96564.28
2027	94355.88	1.11	104371.33	34439.90	189989.33	231.94	84656.74	173.95	101588.09	547269.36	91211.56	118575.03
2028	97647.31	1.12	109092.24	35641.27	225630.59	242.43	88485.93	181.82	106183.12	653452.48	108908.75	141581.37
2029	101053.55	1.13	114026.70	36884.54	262515.14	253.39	92488.32	190.04	110985.98	764438.46	127406.41	165628.33
2030	104578.61	1.14	119184.34	38171.19	300686.33	264.85	96671.75	198.64	116006.09	880444.56	146740.76	190762.99
AREA TOTAL = 190762.98												

En la siguiente tabla se muestra el incremento en la población hasta el 2022

Tabla 4. Censo de Población de Puerto Peñasco, Sonora.

AÑO	2000	2005	2010	2015	2022
POBLACIÓN	31157	44875	57342	62177	79490

En la siguiente gráfica, se muestra el crecimiento poblacional 2000-2022 del municipio de Puerto Peñasco, Sonora. Fuente: INEGI.

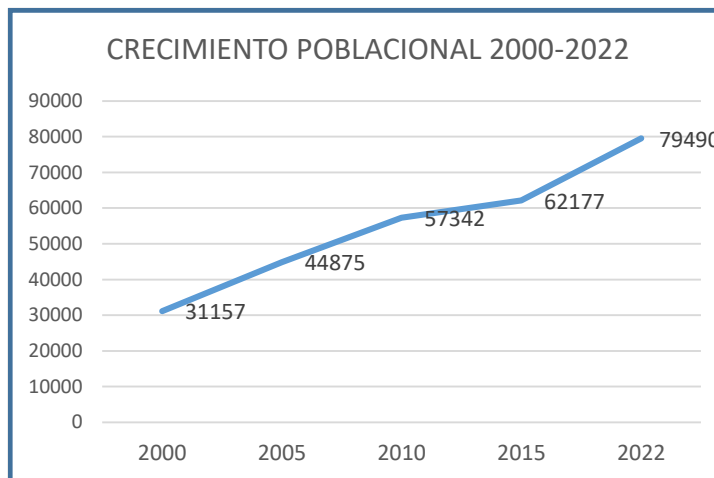


Figura 2. Crecimiento poblacional, Puerto Peñasco.

En el siguiente cuadro se muestra la proyección y cálculos del aumento en la cantidad de residuos sólidos mediante el método de Malthus al 2022.

<p>CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS EN 2014: 55,000 KG/DIA</p> $80,000 = e^{k(2014)}$ $K = \ln 80,000/2014 = 5.6056 \times 10^{-3}$ $N(2018) = e^{(5.6056 \times 10^{-3})(2022)}$ $N(2022) = 83660.58 \text{ kg/diario}$
--

Figura 3. Proyección de residuos sólidos.

Tabla 5. Residuos sólidos reciclados en Sonora.

Porcentaje de material reciclado							
Papel	PET	Aluminio	Fierro	Cobre	Vidrio	Electrónicos	Plástico
20.27%	20.2%	3.37%	6.75%	2.02%	13.51%	6.75%	27.02%

Fuente INEGI.

A continuación, se muestra el importe total del tipo de material reciclado en Puerto Peñasco, Sonora. Los precios de compra corresponden al último día de abril de 2022. Se incluyen costos promedio de diversos materiales, ya que algunos de ellos tienen sus clasificaciones.

Tabla 6. Porcentajes de RSU reciclados en Puerto Peñasco. Cantidad de RSU diario a 2022: 62745 kg/diario (75%).

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO KG	IMPORTE
PAPEL 20.27%	12718	\$1.25	\$15,897.5
PET 20.27	12718	\$5.50	\$69,949
ALUMINIO 3.37%	2114	\$35.00	\$73,990
FIERRO 6.75%	4235	\$5.80	\$24,563
COBRE 2.02	1267	\$143.00	\$181,181
VIDRIO 13.51	8476	\$1.20	\$10,171.2
ELECTRONICOS 6.75 %	4235	\$310	\$1,312,850
PLASTICO 27.02	16953	\$5.00	\$84,765
TOTAL	62745	IMPORTE TOTAL	\$ 1,773,366.7

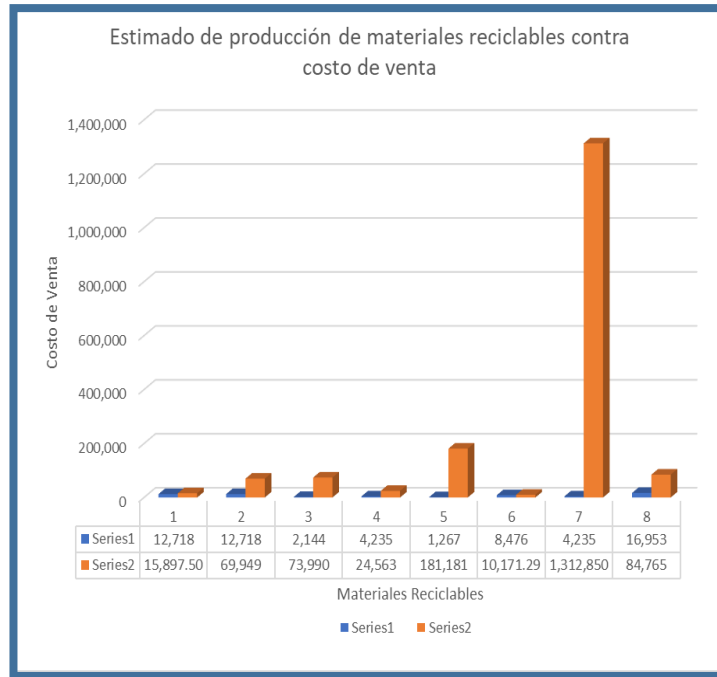


Figura 4. Porcentajes de residuos sólidos urbanos reciclados en Puerto Peñasco.

1.- Papel	5.- Cobre
2.- PET	6.- Vidrio
3.-Aluminio	7.-Electrónicos
4.-Fierro	8.- Plástico

Tabla 7. Factibilidad Para Volumen De Cada Camión.

En la figura 5 se muestra que es factible la utilización de camión de 12m³ para la recolección de RSU en la población.

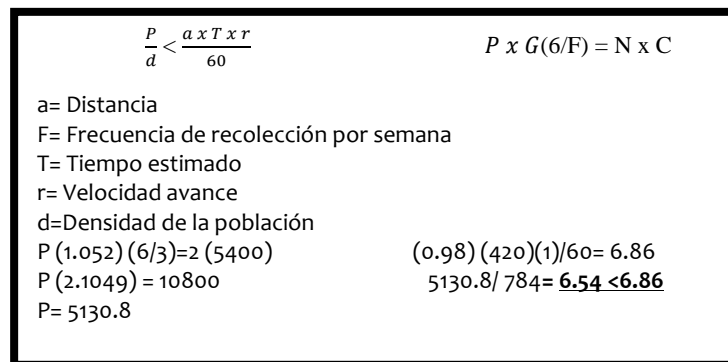


Figura 5. Cálculo de RSU.

La cantidad de camiones recolectores necesaria Número de trabajadores por camión

Número de Camiones.

$$NC = G \times P \times 7 \times FR \times K$$

$$N \times C \times DH$$

G= CANTIDAD DE RSU (SEMANA)
(POBLACIÓN)(7)(K)

$$NC = 1.052 \times 79490 \times 7 \times 1.1 \times 1$$

$$2 \times 5400 \times 7$$

$$NC = 8.51 = 9 \text{ camiones} = \text{Rutas}$$

$$TC = N \times C$$

$$R \times H$$

R= RENDIMIENTO DE RECOLECCIÓN RSU
KG/HOMBRE/HR

H= HORAS DE JORNADA

$$TC = \frac{2 \times 5400}{425 \times 8} = 3.16 = 3 \text{ HOMBRES}$$

Figura 6. Cálculo de número de camiones recolectores.

Figura 7. Tamaño de cuadrilla.

A continuación, se muestran las colonias y la ruta de recolección de basura.



Figura 8. Compatibilidad con la red vial.

Para dar mayor precisión se presentan las Dimensiones de celda

Donde $Vz = \frac{t \times RSU \times M.C.}{DRSU}$

t= Tiempo en días útiles
 RSU= cantidad de residuos sólidos urbanos
 M.C. =material de cobertura
 DRSU= densidad de residuos sólidos urbanos

$$I = \frac{Vz}{AxH}$$

Donde:
 I= Longitud
 A= Ancho
 H= Alto

$$Vz = \frac{240 \times 83660.58 \times 1.2}{450} = 53542.77$$

$$I = \frac{53542.77}{80 \times 6} = 112$$

Figura 9. Cuadro Memoria de cálculo para el volumen de la zanja.

Cálculo de número de celdas proyectas a 8 años

Área total del relleno=
 190762.98m²

Área para los caminos de acceso=
 $(190762.98) (.3) = 57228m^2$

Área destinada para celdas=
 $190762.98 - 57228 = 133534.98$

Numero de celdas=
 $\frac{133534.98}{8960} = 15 \text{ celdas}$

Figura 10. Memoria de cálculo de la celda.

Se describe que son necesarias 13 personas para operar la compactación recubrimiento de relleno sanitario.

Tabla 8. Personal requerido para relleno sanitario.

Número de personal necesario para la compactación recubrimiento de RSU.		
Operación	Rendimiento	Hombre/día
Movimiento de desechos	$97604/3 = 32534/6$	5.4
Compactación de desechos	$(223.092/25) = (8.726/6)$	1.48
Movimiento de tierra	$(37.18/1.5) = 24.78/6$	4.13
Compactación de celda	$(223.092/25) = (8.726/6)$	1.48
Total de personal		13

En el presente cuadro se muestran las dimensiones de las pilas de sedimentación

$$\begin{aligned}
 & \text{Pilas de sedimentación} \\
 & \text{Precipitación anual promedio} = 130.9 \text{ MM} \\
 & \text{Área celda} = 6500 (21) = 136964.68 \\
 & \text{Volumen pila de captación=} \\
 & 136964.68 (0.1309) = 17928.67 \text{ M}^3 \\
 & \sqrt[3]{17928.67} = 26.17 / 2 = 13.08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Figura 11. Memoria de cálculo de pilas de sedimentación.

3. RESULTADOS

El tomar conciencia de la gran problemática de la disposición final de residuos sólidos que generan los seres humanos del planeta, provocan e intentan movilizar a los gobiernos para que tomen acciones de gestión sobre esto. De acuerdo a (Jaramillo, 1991). El problema de los residuos sólidos, en la gran mayoría de los países, y particularmente en determinadas regiones, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, del desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida, así como también debido a otra serie de factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales.

Desafortunadamente, por lo general el desarrollo de cualquier región viene acompañado de una mayor producción de residuos sólidos y, sin duda, ocupa un papel importante entre los distintos factores que afectan la salud de la comunidad. Por lo tanto, constituye como prioridad que se implanten las soluciones adecuadas para resolver los problemas de su manejo y disposición final.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las enfermedades causadas por los desechos sólidos en los seres humanos no están bien determinadas, sin embargo, se les atribuyen algunas de ellas, ya sean por transmisión o por otras vías directas, para comprenderlo más hacemos referencia a (Jaramillo, 1991) que nos indica lo siguiente: Para comprender con mayor claridad los efectos de los residuos sólidos en la salud de las personas, es necesario distinguir entre los riesgos directos y los riesgos indirectos. El efecto ambiental que más impacta en el manejo inadecuado de la basura es la mala imagen y deterioro de las ciudades y paisajes naturales. Por el mismo efecto de la basura regada y lo que ello ocasiona en su contaminación y que cada vez más afecta a los lugares bellos, naturales y habitables.

A primera vista lo que refleja la belleza de una ciudad es su limpieza y la calidad de vida de la población. Por ello la importancia del manejo de residuos sólidos, traslado y disposición final, que está determinado por el sistema de calidad de la administración local y sobre todo en la eficiencia de sus dirigentes, de quien obviamente representa la primera autoridad, el alcalde.

Para la selección del sitio propuesto como el idóneo por su factibilidad para la comunidad de Puerto Peñasco, basado no únicamente en el estudio de las variables de priorización y la Nom- 083 de Semarnat sino que también en el análisis de una radiografía de las cuencas y ríos de agua que provee a este municipio.

Debido a las características geomorfológicas del territorio municipal, existe una gran presión sobre los recursos hidráulicos particularmente de los acuíferos. La Cuenca del Río Sonoyta, a la que pertenece el Acuífero del que se abastece el Municipio de Puerto Peñasco.

De esta manera el ITSP a través de su Cuerpo Académico de Investigación, presenta la anterior propuesta para que las autoridades municipales analicen y aprueben la selección del sitio de acuerdo a los estudios y cálculos descritos en esta investigación, y cuenten con una base para la construcción del nuevo relleno sanitario del municipio de Puerto Peñasco, de tal manera que cualquier empresa constructora que desee realizar el proyecto, se apegue a los estudios profesionales que muestran como el no apegarse a estas recomendaciones podría afectar directamente el acuífero que abastece la comunidad.

Para concluir con la presente investigación se recomienda tomar en cuenta todos los estudios, análisis y cálculos realizados que dieron sustento a la selección del sitio más factible en el municipio de Puerto Peñasco, aportando un beneficio para el bienestar y salud de la comunidad, embellecimiento urbano, pero sobre todo el cuidado del medio ambiente, protección de la flora y fauna inmerso en la protección del planeta en que vivimos.

REFERENCIAS

- [1] Bernache Pérez, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. Un estudio de la región centro occidente de México. Revista internacional de contaminación ambiental. Consultado el 10 de junio de 2022 en URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-4999201200050001
- [2] Jaramillo. Jorge. (1991). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Consultado el 11 de diciembre de 2021 en URL: https://pdfprof.com/PDF_Doc_Telecharger_Gratuits.php?q=bvsde+paho+org+acrobat+desechos/-25PDF5891-
- [3] NORMA oficial mexicana 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. Consultado el 10 de octubre de 2021 en URL: www.semarnat.gob.mx
- [4] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Consultado el 11 de noviembre de 2021 en URL: www.inegi.gob.mx.
- [5] Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Consultado el 5 de diciembre de 2021 en URL: www.sedesol.gob.mx.
- [6] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Consultado el 6 de septiembre de 2021 en URL: www.semarnat.gob.mx
- [7] Umaña Granados, Juan Guillermo. (1996 a 2002) experiencia en estudios de selección de sitio en el Salvador. Aidis 5(3). Consultada el 19 de marzo 2022, <https://library.co/article/conclusiones-presentaci%C3%B3n-de-resultados-y-conclusiones.y6ox0r5y>

Correo de autor: diana.lc@puertopenasco.tecnm.mx