



Situación ambiental del vertedero ubicado en el municipio Valmore Rodríguez del estado Zulia-Venezuela

Environmental situation of the landfill located in the Valmore Rodríguez municipality of Zulia state -Venezuela

Lorena Fuentes

lfuentesp89@gmail.com
ORCID 0000-0002-9037-4692

Julio Salas

juliosalas4d@gmail.com
ORCID 0000-0002-7592-4035

Yasmelis Ferrer

ivnmendoza@gmail.com
ORCID 0000-0002-1759-9510

Iván Mendoza

ivnmendoza@gmail.com
ORCID 0000-0002-1759-9510

Yoalis González

yoalis_gonzalez@hotmail.com
ORCID 0000-0002-7131-8492

Universidad del Zulia. Núcleo Costa Oriental del Lago. Cabimas, Venezuela

Artículo recibido septiembre 2019 | Arbitrado en octubre 2019 | Publicado en enero 2020

RESUMEN

Los residuos sólidos son considerados a nivel mundial como uno de los grandes problemas que enfrenta la sociedad en el siglo XXI. La significativa cantidad de residuos y desechos que se generan en el municipio Valmore Rodríguez son dispuestos en un vertedero a cielo abierto. El objetivo de la investigación fue diagnosticar la situación ambiental del vertedero ubicado en el municipio Valmore Rodríguez del estado Zulia, Venezuela. El estudio consistió en una investigación descriptiva basada en la metodología de Evaluación de Impacto Ambiental en Vertederos (EVIAVE). Se utilizaron técnicas de recolección de datos como la observación y revisión bibliográfica con instrumentos como ficha de observación, fotografías, videos, sistemas de información geográfica y formatos de EVIAVE. Los resultados permitieron establecer un Índice Medio Vertedero de 10,78 que se clasifica como medio, por lo cual, aún se puede elaborar un plan para gestionarlo adecuadamente.

Palabras clave: Índice Medio Vertedero; metodología EVIAVE; situación ambiental, vertedero

ABSTRACT

Solid waste is considered worldwide as one of the great problems facing society in the XXI century. The significant amount of waste and debris generated in the Valmore Rodríguez municipality is disposed of in an open-air dump. The objective of the investigation was to diagnose the environmental situation of the landfill located in the Valmore Rodríguez municipality of Zulia state, Venezuela. The study consisted of a descriptive investigation based on the methodology of Environmental Impact Assessment in Landfills (EVIAVE). Data collection techniques such as observation and bibliographic review were used with instruments such as observation card, photographs, videos, geographic information systems and EVIAVE formats. The results made it possible to establish an Average Landfill Index of 10.78, which is classified as a medium; therefore, a plan can still be drawn up to manage it properly.

Key Words: Average Landfill Index; EVIAVE methodology; environmental situation, dump

INTRODUCCIÓN

Conjuntamente con la explosión demográfica de las grandes y pequeñas ciudades, y la industrialización de las mismas, se ha incrementado cada día la generación de residuos sólidos, convirtiéndose en una situación difícil de solucionar. Los residuos sólidos son considerados a nivel mundial como uno de los grandes problemas que enfrenta la sociedad en el siglo XXI. Al respecto, se puede afirmar que la generación de desechos a nivel mundial, en el curso de los próximos treinta años, aumentará de 2010 millones de toneladas registradas en 2016 a 3400 millones (Banco Mundial, 2018).

Particularmente en el caso venezolano, según cifras publicadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE), durante el año 2011 se recolectaron un total de 28.274.286 kg/día de residuos sólidos para una población aproximada de 27.406.838 habitantes, lo que indica una tasa de recolección per cápita de 1,032 kg/hab/día (INE, 2011).

Con la finalidad de atender la situación inherente a la disposición final de residuos sólidos, en Venezuela se ha propuesto como alternativa la construcción de varios rellenos sanitarios, ya que actualmente no se dispone de ellos o los existentes no cumplen con las exigencias establecidas en el ordenamiento legal vigente. De hecho, las zonas geográficas que carecen de rellenos sanitarios, solventan el manejo de los residuos sólidos mediante vertederos a cielo abierto, los cuales, según la Ley de Gestión Integral de la Basura, se definen como "...terrenos donde se depositan y acumulan los residuos y desechos sólidos en forma indiscriminada, sin recibir ningún tratamiento sanitario, ambiental ni de

control técnico" (Asamblea Nacional, 2010, p. 19). Esto se hace a pesar de que en la disposición transitoria segunda de esta misma ley se refiere lo siguiente: "Queda prohibida la disposición de residuos y desechos sólidos en vertederos a cielo abierto o en vertederos furtivos..." (Asamblea Nacional, 2010, p. 26).

Adicionalmente, se considera que es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con las leyes.

En el mismo orden de ideas, el Instituto Nacional de Estadística (INE), en el último Censo de Población y Vivienda del año 2011, indica que la población del municipio Valmore Rodríguez del estado Zulia, es de 52.624 habitantes para ese año, distribuidos en 3 parroquias. Esto representa el 1,53 % de la población total del estado Zulia y la densidad poblacional correspondió a 46,4 habitantes por kilómetro cuadrado aproximadamente. Lo señalado permite estimar una generación teórica promedio de 71.887 Tm/día de residuos y desechos sólidos urbanos utilizando una tasa de generación per cápita de 1,2 kg/persona/día. Igualmente, en el municipio existen 14.219 viviendas, que albergan a 13.051 hogares, de los cuales solo se le presta servicio de recolección de residuos sólidos a 10.082 viviendas (70,91 %) (INE, 2011).

La significativa cantidad de residuos y desechos que se generan en este municipio son dispuestos en el vertedero municipal Valmore Rodríguez, el cual en sus inicios funcionó como un vertedero semicontrolado

por la antigua empresa MARAVEN. Sin embargo, con el tiempo se perdió la práctica diaria de compactar y cubrir los desechos; agotándose aceleradamente el espacio disponible y transformándose en un vertedero a cielo abierto, con los consecuentes problemas ambientales que pueden asociarse al manejo inadecuado de los residuos sólidos.

Específicamente, el vertedero del municipio Valmore Rodríguez no ha sido estudiado desde el punto de vista ambiental, por lo cual resulta interesante el desarrollo de esta investigación con el objetivo de diagnosticar la situación

ambiental del vertedero ubicado en el municipio Valmore Rodríguez del estado Zulia, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La unidad de análisis fue el vertedero ubicado en la carretera QQ, Av. 94, parroquia La Victoria, municipio Valmore Rodríguez del estado Zulia (*Figura 1*), el cual posee un área aproximada de 98.756 m², donde se realizaron observaciones en seis estaciones (*Figura 2*).

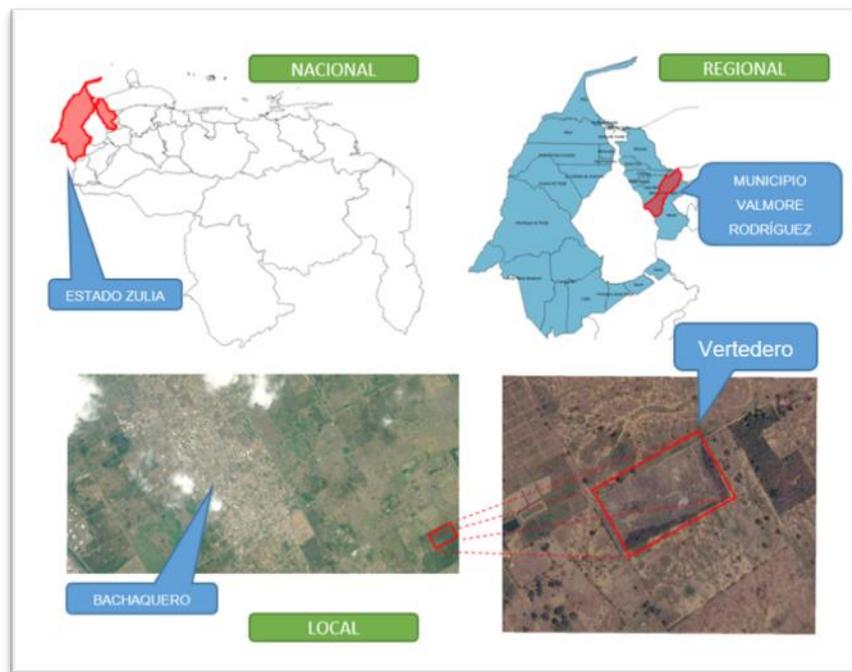


Figura 1. Localización del área de investigación.

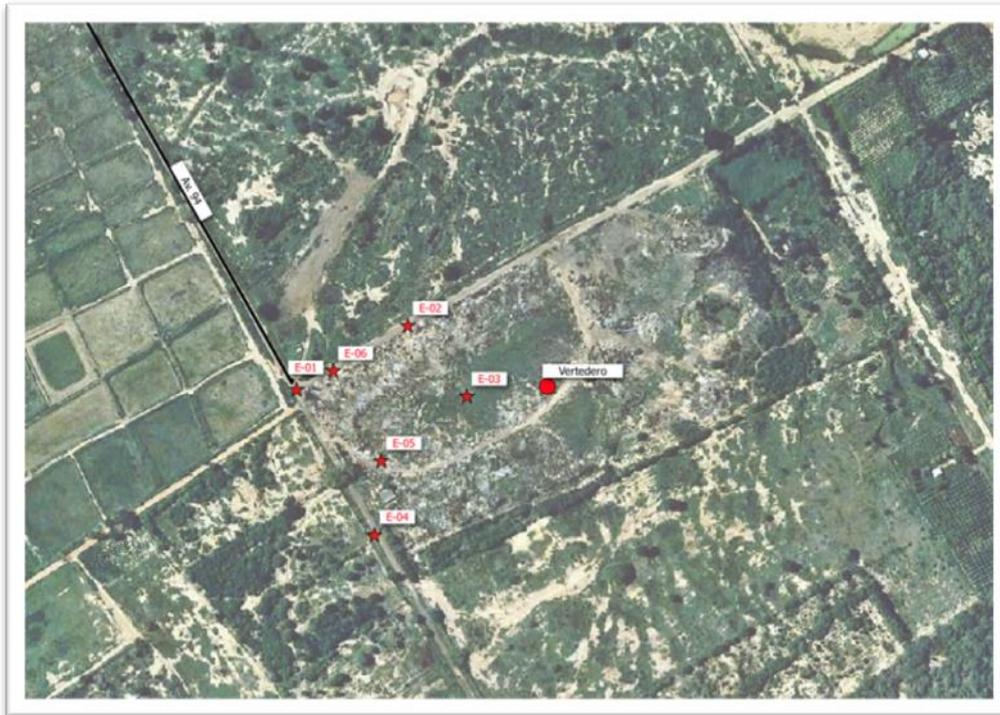


Figura 2. Estaciones de observación en el vertedero del municipio Valmore Rodríguez. Fuente GoogleMap

Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental en Vertederos (EVIAVE)

La EVIAVE comprende cuatro niveles: nivel 1 (variables y descriptores ambientales), nivel 2 (probabilidad de contaminación: Pbc_i), nivel 3 (índice de riesgo de afección ambiental: IRA_i) y nivel 4 (índice medio vertedero: IMV) (Paolini, 2007).

Nivel 1: Variables y descriptores ambientales

Las Variables (j) se definen como aquellas características, seleccionadas por su sensibilidad en los procesos bioquímicos y físicos, que influyen directa o indirectamente

sobre la afección ambiental de un elemento del medio (Calvo et al., 2005; Zamorano et al., 2009). El estudio de las variables permitió cuantificar el riesgo de contaminación que el vertedero posee.

La evaluación de cada variable (j) se obtuvo a partir del **Índice de Riesgo de Contaminación (IRC_j)**, que se encontró por la expresión

$$IRC_j = C_j * P_j \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

C_j , es la clasificación de la variable que dependerá del estado o condición de ésta en el punto de vertido,

P_j , es la importancia o ponderación.

Para cada variable se muestran los valores de clasificación y ponderación que pueden adquirir, en concordancia con la manera en la cual afecta a cada elemento del medio: aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valoración de las variables con respecto a la clasificación y ponderación, según la metodología EVIAVE

Variable (i)	Condición	Clasificación (C_j)	Ponderación (P_j)					
			Aguas sup.	Aguas sub.	Atmósfera	Suelo	Salud y soc.	
Asentamiento de la masa de residuos	Muy bajo	Muy bajo	1					
	Bajo	Bajo	2					
	Medio	Medio	3	1	1	1	2	1
	Alto	Alto	4					
	Muy alto	Muy alta	5					
Cobertura diaria	Muy satisfactorio	Muy baja	1					
	Satisfactorio	Baja	2					
	Regular	Media	3	2	2	2	2	2
	Deficiente	Alta	4					
	Inadecuado	Muy alta	5					
Cobertura final	Muy adecuada	Muy baja	1					
	Adecuada	Baja	2					
	Media	Media	3	2	2	2	2	2
	Deficiente	Alta	4					
	Inexistente	Muy alta	5					
Compactación	Muy alta	Muy baja	1					
	Alta	Baja	2					
	Media	Media	3	2	2	2	2	2
	Baja	Alta	4					
	Nula	Muy alta	5					
Control de gases	Muy adecuado	Muy baja	1					
	Adecuado	Baja	2					
	Media	Media	3	-	1	2	1	1
	Bajo	Alta	4					
	Nulo	Muy alta	5					
Control de lixiviados	Muy adecuado	Muy bajo	1					
	Adecuado	Bajo	2					
	Regular	Medio	3	2	2	-	2	2
	Bajo	Alto	4					
	Nulo	Muy alta	5					
Edad del vertedero	Muy viejo	Muy bajo	1					
	Viejo	Bajo	2					
	Maduro	Medio	3	1	1	1	1	1
	Edad media	Alto	4					
	Joven	Muy alta	5					

Variable (<i>j</i>)	Condición	Clasificación (<i>C_j</i>)	Ponderación (<i>P_j</i>)					
			Aguas sup.	Aguas sub.	Atmósfera	Suelo	Salud y soc.	
Estado de caminos internos	Muy adecuado o imperativo	Muy baja	1					
	Adecuado	Baja	2					
	Regular	Media	3	1	-	1	1	1
	Deficiente	Alta	4					
	Inadecuado	Muy alta	5					
Impermeabilización del punto de vertido	Muy Alta	Muy baja	1					
	Alta	Baja	2					
	Regular	Media	3	2	2	-	1	-
	Baja	Alta	4					
	Muy Baja	Muy alta	5					
Seguridad y vectores contaminantes	Muy alta	Muy baja	1					
	Alta	Baja	2					
	Regular	Media	3	-	-	-	-	2
	Baja	Alta	4					
	Muy baja	Muy alta	5					
Sistema de drenaje superficial	Muy adecuado	Muy baja	1					
	Adecuado	Baja	2					
	Regular	Media	3	2	2	-	-	-
	Deficiente	Alta	4					
	Muy deficiente	Muy alta	5					
Taludes	Pendiente muy adecuada	Muy baja	1					
	Pendiente adecuada	Baja	2					
	Pendiente media	Media	3	1	1	1	2	1
	Pendiente baja	Alta	4					
	Pendiente no adecuada	Muy alta	5					
Tamaño del vertedero	Muy baja capacidad	Muy bajo	1					
	Baja capacidad	Bajo	2					
	Capacidad media	Medio	3	2	2	2	2	2
	Alta capacidad	Alto	4					
	Gran capacidad	Muy alta	5					
Tipo de residuos	Poder contaminante muy bajo	Muy bajo	1					
	Poder contaminante bajo	Bajo	2					
	Poder contaminante medio	Medio	3					
	Poder contaminante alto	Alto	4	2	2	2	2	2
	Poder contaminante muy alto	Muy alta	5					

Variable (<i>i</i>)	Condición	Clasificación (<i>C_j</i>)	Ponderación (<i>P_j</i>)					
			Aguas sup.	Aguas sub.	Atmósfera	Suelo	Salud y soc.	
Vulnerabilidad de las aguas subterráneas	Muy bajo GOD ($IV \leq 0,1$) DRASTIC ($IV < 28$) SINTACS ($IV \leq 80$) EPIK ($IV = 2$ o 3)	Muy bajo	1					
	Bajo GOD ($0,1 \leq IV < 0,3$) DRASTIC ($29 \leq IV \leq 85$) SINTACS ($81 \leq IV \leq 105$) EPIK ($IV = 4$ o 5)	Bajo	2					
	Medio GOD ($0,3 \leq IV < 0,5$) DRASTIC ($86 \leq IV \leq 142$) SINTACS ($106 \leq IV \leq 140$) EPIK ($IV = 6$ o 7)	Medio	3	-	2	-	-	-
	Alto GOD ($0,5 \leq IV < 0,7$) DRASTIC ($143 \leq IV \leq 196$) SINTACS ($141 \leq IV \leq 186$) EPIK ($IV = 8$ o 9)	Alto	4					
	Muy alto GOD ($IV \geq 0,7$) DRASTIC ($IV < 196$) SINTACS ($IV \geq 187$) EPIK ($IV = 10$)	Muy alta	5					
Distancia a infraestructuras	Muy bajo Infraestructuras con afección nula	Muy bajo	1					
	Bajo Infraestructuras con baja afección	Bajo	2					
	Medio Infraestructuras con afección media	Medio	3	-	-	-	-	2
	Alto Infraestructuras con afección alta	Alto	4					
	Muy alto Infraestructuras con afección muy alta	Muy alta	5					
Distancia a núcleos poblados	Muy alta	Muy bajo	1					
	Alta	Bajo	2					
	Media	Medio	3	-	-	-	-	2
	Baja	Alto	4					
	Muy baja	Muy alta	5					
Distancia a masas de aguas superficiales	Muy alta	Muy bajo	1					
	Alta	Bajo	2					
	Media	Medio	3	2	-	-	-	-
	Baja	Alto	4					
	Muy baja	Muy alta	5					
Erosión	Muy baja	Muy baja	1					
	Baja	Baja	2					
	Media	Media	3	-	-	-	2	-
	Alta	Alta	4					
	Muy alta	Muy alta	5					

Variable (<i>i</i>)	Condición	Clasificación (<i>C_j</i>)	Ponderación (<i>P_j</i>)					
			Aguas sup.	Aguas sub.	Atmósfera	Suelo	Salud y soc.	
Fallas	No existen	Muy bajo	1					
	Existen en el entorno del vaso de vertido pero son de baja actividad	Bajo	2					
	Existen en el entorno del vaso de vertido con actividad media	Medio	3	-	1	-	-	-
	En el vaso de vertido pero inactivas	Alto	4					
	En el vaso de vertido	Muy alta	5					
Morfología a cauces superficiales	Muy baja	Muy apropiada	1					
	Baja	Apropiada	2					
	Media	Media	3	2	-	-	-	-
	Alta	Inapropiada	4					
	Muy alta	Muy inapropiada	5					
Pluviometría	Muy baja	Muy baja	1					
	Baja	Baja	2					
	Media	Media	3	2	2	2	2	2
	Alta	Alta	4					
	Muy alta	Muy alta	5					
Punto situado en área inundable	Riesgo inundación muy bajo	Muy baja	1					
	Riesgo inundación bajo	Baja	2					
	Riesgo inundación medio	Media	3	2	2	-	2	-
	Riesgo de inundación alto	Alta	4					
	Riesgo de inundación muy alto	Muy alta	5					
Riesgo sísmico	Muy bajo	Muy baja	1					
	Bajo	Baja	2					
	Medio	Media	3	1	1	1	1	1
	Alto	Alta	4					
	Muy alto	Muy alta	5					
Viento	Zona muy idónea de ubicación con respecto al viento	Muy bajo	1					
	Zona idónea de ubicación con respecto al viento	Bajo	2					
	Zona con idoneidad media de ubicación con respecto al viento	Medio	3	1	-	2	1	1
	Zona de baja idoneidad de ubicación con respecto al viento	Alto	4					
	Zona de muy baja idoneidad de ubicación con respecto al viento	Muy alta	5					
Visibilidad	Muy baja	Muy baja	1					
	Baja	Baja	2					
	Media	Media	3	-	-	-	-	2
	Alta	Alta	4					
	Muy alta	Muy alta	5					

Fuente: Paolini (2007).

En la metodología EVIAVE se abordan una serie de descriptores acordes a cada uno de los elementos del medio, los cuales se especifican en el Cuadro 2 y se indica el valor que corresponde de acuerdo a la condición que se evidencie en el vertedero objeto de evaluación.

Cuadro 2. Descriptores ambientales para cada elemento del medio

Elemento del medio (i)	Descriptores	Cuantificación Condición	Valor
Aguas superficiales	Usos del agua (A ₁)	Sin uso para el hombre	1
		Uso hidroeléctrico, navegación y otros	2
		Industria	3
		Agricultura	4
		Uso para abastecimiento humano, recreativo incluidas zonas de baño y acuicultura	5
	Tipo de curso de agua superficial (A ₂)	Curso de agua artificiales: canales, acequias y estantes	1
		Ríos de 3er orden o más y cursos de agua estacionales: ríos, arroyos y ramblas	2
		Masas de aguas estacionales: lagunas y embalses	3
		Aguas marinas y ríos de 1er y 2do orden	4
		Masas de agua permanente: marismas y zonas intermareales, albuferas, salinas, estuarios y ramales de marea. Zonas declaradas vulnerables y sensibles.	5
	Presencia de especies animales o vegetales asociadas: calidad de las aguas (A ₃)	Aguas de calidad deficiente o mala	1
		Aguas en estado aceptable	2
		Aguas en buen estado	3
		Aguas en muy buen estado sin especies (flora y/o fauna) protegidas	4
		Aguas en muy buen estado con especies (flora y/o fauna) protegidas	5

Elemento del medio (I)	Descriptor	Cuantificación Condición	Valor
Aguas subterráneas	Usos del agua (B ₁)	Sin uso para el hombre	1
		Otros no contemplados posteriormente	2
		Industria	3
		Agricultura	4
		Uso para abastecimiento humano	5
	Calidad de las aguas subterráneas (B ₂)	Aguas muy deficientes: Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l.	1
		Aguas deficientes o malas (se da una de las circunstancias que a continuación se indican): Cloruros 25 – 250 mg/l y Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l.	2
		Aguas en estado aceptable (se da una de las circunstancias que a continuación se indican): Cloruros 25-250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l; Cloruros > 250 mg/l y Nitratos < 25 mg/l y Cloruros < 25 mg/l y Nitratos > 50 mg/l.	3
		Aguas en buen estado (se da una de las circunstancias que a continuación se indican): Cloruros < 25 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l y Cloruros 25-250 mg/l y Nitratos < 25 mg/l.	4
		Aguas en muy buen estado: Cloruros < 25 mg/l y Nitratos < 25 mg/l.	5
Atmósfera	Calidad del aire (C ₁)	Calidad del aire muy mala: Índice de Calidad del Aire (ICA): 201 – 300. Olor cuya intensidad en el aire lo hace absolutamente desapropiados para respirar. En estos valores y superiores se dispara la alerta y pueden producirse graves efectos de salud en la población.	1
		Calidad del aire mala: ICA: 151 - 200. Olor que llama la atención y que lo hace muy desagradable. Se observan efectos nocivos. Miembros de los grupos sensibles pueden sufrir serios efectos en la salud.	2
		Calidad del aire regular: ICA: 101 – 150. Olor tan débil que una persona normal podría detectarlo si prestara atención porque de otra manera no se daría cuenta. Se ven afectados con alto riesgo aquellos enfermos de pulmón por las concentraciones de ozono, y enfermos coronarios por exposición a partículas respiratorias. La población general no se ve afectada.	3

Elemento del medio (i)	Descriptorios	Cuantificación Condición	Valor
Atmósfera	Calidad del aire (C ₁)	Calidad del aire buena: ICA: 50 – 100. Olor que ordinariamente podía no notarse por una persona normal, pero si serían detectables por un inspector experimentado o por una persona muy sensible. Se pueden ver afectados algunos habitantes con síntomas de afección respiratoria por sensibilidad al ozono.	4
		Calidad del aire muy buena: ICA: 50 – 0. Olor no detectable. Calidad del aire satisfactoria. No existe riesgo de contaminación.	5
Suelo	Usos del suelo (D ₁)	No urbanizable	1
		Urbanizable industrial	2
		Urbanizable residencial	3
		Urbano industrial y urbanizable turístico	4
		Urbano residencial y urbano turístico	5
	Tipo de vegetación (D ₂)	Espacios abiertos con escasa cobertura vegetal o erial	1
		Formación arbustiva y herbácea sin arbolado o cultivos de secano	2
		Formación herbácea con arbolado, cultivos de regadío o secano con árboles aislados	3
		Formación de matorral con arbolado, montes de repoblación joven	4
		Formaciones de arbolado denso, monte autóctono o de repoblación bien asentado	5
Cobertura Vegetal (D ₃)	< 5 %	1	
	6-25 %	2	
	26-50 %	3	
	51-75 %	4	
	> 75 %	5	
Salud y sociedad			5

Fuente: Paolini (2007).

Nivel 2: Probabilidad de Contaminación (Pbc_i) y Valor Ambiental (Va_i)

Probabilidad de Contaminación (Pbc_i)

La Probabilidad de contaminación viene dada por la Ecuación 2.

$$Pbc_i = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_j - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \min}}{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \max} - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \min}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

n , es el número de variables que afectan a cada elemento del medio;

j , hace referencia a cada variable analizada;

IRC_j , es el Índice de Riesgo de Contaminación para cada variable;

$IRC_{j \min}$ e $IRC_{j \max}$ son los valores mínimos y máximos obtenidos para el Índice de Riesgo de Contaminación para cada variable.

Con la finalidad de analizar si el problema ambiental de un punto de vertido es debido a su explotación y/o ubicación, se

define la Probabilidad de Contaminación relacionada con la explotación u operación del punto de vertido (Pbc_o) y la Probabilidad de Contaminación relacionada con la ubicación (Pbc_u). Para determinar cada una de estas Probabilidades de Contaminación se utilizó la Ecuación 2, pero solo se consideraron las variables relacionadas con la explotación y diseño (o) de la instalación para el cálculo de la Pbc_o y únicamente las variables relacionadas con la ubicación (u) para el cálculo de la Pbc_u (Zamorano et al., 2009). Las probabilidades de contaminación y su clasificación se reflejan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de las Probabilidades de Contaminación

Probabilidades de Contaminación ($Pbc_i, Pbc-u_i, Pbc-o_i$)	Clasificación
$0 \leq Pbc_i < 0,2$ $0 \leq Pbc-u_i < 0,2$ $0 \leq Pbc-o_i < 0,2$	Muy baja
$0,2 \leq Pbc_i < 0,4$ $0,2 \leq Pbc-u_i < 0,4$ $0,2 \leq Pbc-o_i < 0,4$	Baja
$0,4 \leq Pbc_i < 0,6$ $0,4 \leq Pbc-u_i < 0,6$ $0,4 \leq Pbc-o_i < 0,6$	Media
$0,6 \leq Pbc_i < 0,8$ $0,6 \leq Pbc-u_i < 0,8$ $0,6 \leq Pbc-o_i < 0,8$	Alta
$0,8 \leq Pbc_i \leq 1$ $0,8 \leq Pbc-u_i \leq 1$ $0,8 \leq Pbc-o_i \leq 1$	Muy Alta

Fuente: Zamorano et al. (2009).

Valor Ambiental (Va_i)

El Valor Ambiental se calculó para cada uno de los elementos del medio, utilizando las ecuaciones que se especifican en el Cuadro 4. En las escalas de afección para los Valores Ambientales, los resultados están

comprendidos entre 1 y 5. La clasificación es: muy bajo ($1 \leq Va_i < 1,8$), bajo ($1,8 \leq Va_i < 2,6$), medio ($2,6 \leq Va_i < 3,4$), alto ($3,4 \leq Va_i < 4,2$) y muy alto ($4,2 \leq Va_i \leq 5$) (Zamorano et al., 2009).

Cuadro 4. Ecuaciones para el cálculo del valor ambiental de los elementos del medio

Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Atmósfera	Suelo	Salud y sociedad
<p>Ecuación 3</p> $Va_{agua\ sup.} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$ <p>donde:</p> <p>A_1, Usos del agua; A_2, Tipo de curso de agua superficial; A_3, Presencia de especies animales o vegetales asociadas; calidad de las aguas.</p>	<p>Ecuación 4</p> $Va_{agua\ sub.} = \frac{B_1 + B_2}{2}$ <p>donde:</p> <p>B_1, Usos del agua; B_2, Calidad de las aguas.</p>	<p>Ecuación 5</p> $Va_{atmosfera.} = C_1$ <p>donde:</p> <p>C_1, Calidad del aire</p>	<p>Ecuación 6</p> $Va_{suelo} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$ <p>donde:</p> <p>D_1, Usos del suelo; D_2, Tipo de vegetación; D_3, Cobertura vegetal.</p>	<p>El elemento del medio Salud y sociedad, debe ser considerado como prioritario y su valor debe ser considerado como máximo, es decir cuantificado como cinco (5).</p>

Fuente: Los autores a partir de Zamorano et al. (2009)

Nivel 3. Índice de Riesgo de Afección Ambiental (IRA_i)

El Índice de Riesgo de Afección Ambiental (IRA_i) pretende conocer cuál es el potencial de afección ambiental que se produce para cada uno de los elementos del medio, considerando el valor ambiental del mismo. Este factor refleja si existe o no interacción entre los procesos en el punto de vertido y las características de cada uno de los elementos del medio del entorno.

$$IRA_i = Pbc_i * Va_i \quad \text{Ecuación 3}$$

En la expresión:

i , representa los elementos del medio: aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad;

Pbc_i , Probabilidad de contaminación para cada elemento del medio. Se refiere al estado ambiental del punto de vertido;

Va_i , Valor ambiental de los distintos elementos del medio, que se refiere a las características de éstos frente a la dinámica del vertedero.

Los Índices de Riesgo Ambiental alcanzan valores comprendidos entre 0 y 5, para cada uno de los elementos del medio. En función de los valores obtenidos, se tiene la siguiente clasificación: muy bajo ($0 \leq IRA_i < 1$), bajo ($1 \leq IRA_i < 2$), medio ($2 \leq IRA_i < 3$), alto ($3 \leq IRA_i < 4$) y muy alto ($4 \leq IRA_i \leq 5$) (Zamorano et al., 2009).

Nivel 4. Índice de Interacción Medio - Vertedero (IMV)

El cuarto y último nivel le corresponde a la determinación del Índice de Interacción Medio-Vertedero, con el que se valoró la interacción ambiental existente entre el estado ambiental del punto de vertido y los elementos del medio, evaluando de forma conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio. Su expresión matemática es la mostrada en la Ecuación 4.

$$IMV = \sum_{i=1}^{i=5} IRA_i \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde: i , hace referencia a cada uno de los elementos del medio: aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad;

IRA_i , es el Índice de Riesgo de Afección Ambiental para cada uno de los elementos del medio.

La clasificación que se le adjudica al índice de Interacción Medio-Vertedero, de acuerdo a su valor es el siguiente: muy bajo ($0 \leq IMV < 5$), bajo ($5 \leq IMV < 10$), medio ($10 \leq IMV < 15$), alto ($15 \leq IMV < 20$) y muy alto ($20 \leq IMV \leq 25$). Si un determinado vertedero alcanza un valor nulo en su Índice de Interacción Medio-Vertedero se trataría de la situación ideal en la que se ubicada conforme a todas las directrices existentes y, además, está explotado o gestionado correctamente (Zamorano et al., 2009).

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Como instrumentos de observación se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (Sarría, 2010), los cuales permitieron obtener, procesar y manipular

imágenes satelitales y datos geoespaciales, obtenidos de servidores virtuales, como por ejemplo Google Earth®, de donde se descargaron imágenes del vertedero de basura del municipio, utilizando el software denominado SAS.Planet. Una vez descargadas las imágenes, estas fueron georreferenciadas y rectificadas, para lo cual se utilizó otro software de procesamiento de imágenes satelitales, denominado Global Mapper®.

El siguiente paso consistió en el procesamiento y análisis, para lo cual se utilizó el programa QGis, con el propósito de facilitar la integración de las imágenes con los datos geoespaciales para visualizar todos los elementos geográficos del entorno, permitiendo realizar mediciones, ubicar elementos especiales y determinar coordenadas geográficas, entre otros aspectos. Los datos geoespaciales, fueron descargados desde la página web del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), el cual provee servicios de datos geoespaciales a través del Open Geospatial Consortium (OGC).

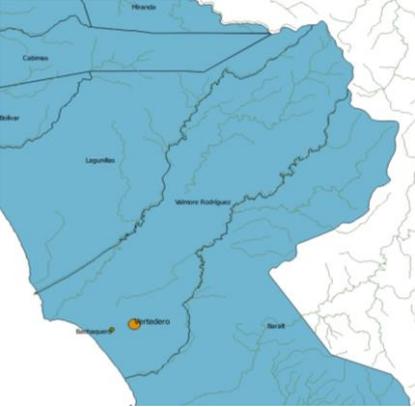
Procesamiento y análisis de la información

En la presente investigación, se utilizaron técnicas cuantitativas, como la determinación de promedios y cálculo de probabilidades de contaminación mediante las ecuaciones indicadas, además de la determinación de índices de riesgos y de impacto, tal y como especifica la metodología EVIAVE (Zamorano et al., 2009; Paolini, 2007).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La integración de la información recabada durante cada observación realizada por estación en el vertedero del municipio Valmore Rodríguez, se sintetiza en una ficha de descripción (Cuadro 5).

Cuadro 5. Ficha de descripción del Vertedero

Datos generales sobre el punto de vertido	
Nombre del vertedero:	Valmore Rodríguez
Fecha de visita:	10/08/2017
Municipio donde se ubica:	Valmore Rodríguez
Coordenada Este:	271.690,44
Coordenada Norte:	1.101.887,68
Ubicación del vertedero en el municipio	
	
Población vertedora	Municipios Servidos
Valmore Rodríguez	Valmore Rodríguez
Población servida	Habitantes
Bachaquero, 23 de Enero, Los Teques, Curva de Machango, Cieneguita, Zipayare, El Remolino, Curva del Indio, Chipororo, entre otra del municipio.	56.846 (INE, 2011)
Superficie del vertido	Superficie afectada por el vertido
9,88 Ha.	Aproximadamente 8 Ha.
Propietario del terreno	PDVSA
Explotación pública/privada (empresa)	Pública; Coordinado por la Alcaldía del Municipio
Edad del vertedero	No se dispone
Situación actual en la que se encuentra el vertedero	En funcionamiento
¿Tiene proyecto?	No
¿Ha sido sometido a Evaluación de Impacto Ambiental?	No

Capacidad del vertedero

Cantidad diaria de residuos: No se dispone **Cantidad anual de residuos:** No se dispone

Calificación del suelo: Urbano

Descripción del punto de vertido

Acceso al vertedero

No existe caseta de vigilancia, ni cadenas, cerca perimetrales, entre otros.

Solo se observa la presencia de una persona (chequeador), que viene en las unidades compactadoras de la Alcaldía, que verifica que el camión llegó al vertedero y luego se retira con ellas.



Caminos internos del vertedero

Camino perimetral de tierra compactada y material petrolizado (arena-asfalto), con ancho promedio de 6 m, en muy mal estado, ausencia de cunetas.

Se aprecia la existencia de materiales particulados en los laterales de los caminos.



Señalizaciones

Ausencia de señalización externa e interna.



Operaciones en el vertedero

En ninguna de las visitas realizadas se observaron maquinarias que realizaran la labor de nivelación y compactación de residuos sólidos, así como mantenimiento de áreas perimetrales ni de acceso al vertedero. Tampoco se observó personal administrativo, ni de operación permanente en el sitio, solo un trabajador que anota la llegada de los camiones recolectores (chequeador) de la alcaldía y luego se retira con las unidades. No se controla la cantidad, tipo, ni lugar de generación de los residuos que ingresan.

Taludes

No existen taludes en el vertedero

Material de cobertura

No se evidencia material de cobertura, los residuos son simplemente vertidos en el suelo desnudo sin ningún tipo de tratamiento ni segregación.

Lixiviado

No existen drenajes superficiales en el vertedero, este se encuentra ubicado muy cerca del cauce de una quebrada.



Sistema de recogida de gases

No existe sistema de recogida de gases.



Poblaciones afectadas por los olores
Solo se ven afectados las granjas cercanas.
Residuos tóxicos y peligrosos

Envases de pintura, lubricantes, aparatos electrónicos y desechos hospitalarios, entre otros.



Voluminosos y neumáticos

Existen gran cantidad de neumáticos, simplemente colocados sin control, dispersos por todas las zonas de vertido.



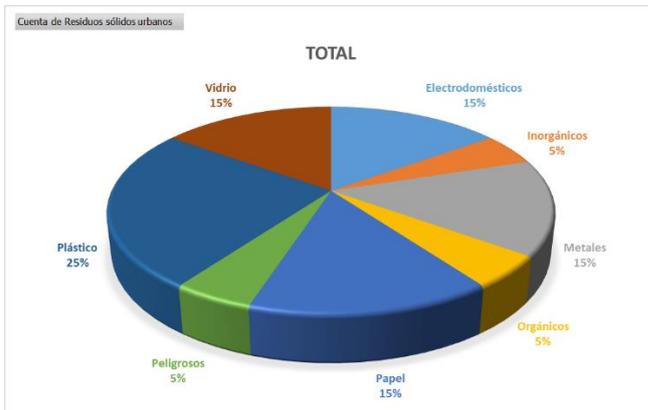
Residuos de construcción y demolición

Existen residuos de construcción como, escombros, tuberías PVC, cabillas y alambres.



Tipos de residuos

Materia Org.	Papel cartón	Vidrio	Plástico	Metales	Otros
5 %	15 %	15 %	25 %	15%	25 %



Clasificación de los residuos que se disponen en el sitio

Formal: Trabajadores de la alcaldía del municipio Valmore Rodríguez

Informal: Personas que llegan a buscar en la basura algo que les permita obtener algún beneficio económico. Público en general.

Vegetación

El área de estudio se caracteriza por presentar escasa vegetación de porte alto prevaleciendo especies como los arbustos, hierbas y lianas leñosas. Son bosques de tipo deciduo, ya que se caracterizan porque al menos 75 % de los individuos arbóreos pierden su follaje durante la época de sequía y climáticamente son tropófilos (estacionales).



Fauna

En el recorrido realizado en el área del vertedero se observó que la fauna local se encuentra predominantemente representada por aves, mamíferos, reptiles e insectos, entre otros. También se apreciaron organismos nocivos a la salud del ser humano conocidos como fauna nociva, la cual con ciertas condiciones ambientales pueden incrementar su número convirtiéndose en un peligro para la integridad de los habitantes del municipio.



Circunstancia singulares del vertido

Cauchos	Residuos industriales	Bombillos fluorescentes	Residuos peligrosos	Residuos hospitalarios	Otros
---------	-----------------------	-------------------------	---------------------	------------------------	-------

Observaciones: Trapos y guantes impregnados con hidrocarburos, residuos hospitalarios, residuos provenientes de actividades vinculadas a la industria petrolera y animales muertos, entre otros.



Tratamiento actual

Recuperación
Recubrimiento
Quema
Vertido de residuos de manera incontrolada
Sin tratamiento
Comercialización
Abandono
Otros

Observaciones: Vertido a cielo abierto y suelo desnudo.



Impactos evidentes

Lixiviados
Cauchos quemados
Humo
Malos olores
Trabajadores informales
Afectaciones a la salud
Otros



Factores ambientales y sociopolíticos

Los factores ambientales y sociopolíticos encontrados en el vertedero de basura ubicado en el municipio Valmore Rodríguez del estado Zulia, son presentados en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Factores Ambientales y Sociopolíticos

Factores ambientales			
Geología	Formaciones geológicas	El origen de todas las tierras que rodean al Lago de Maracaibo está vinculado, geológicamente, a los procesos morfogénicos que dieron origen a la depresión zuliana o cuenca del Lago de Maracaibo. Esto quiere decir que su configuración definitiva la adquieren en el Cenozoico - Terciario, de acuerdo a esto los principales afloramientos del municipio se corresponden con materiales pertenecientes al terciario (períodos mioceno, oligoceno y eoceno) y especialmente a las formaciones Quebradón y El Milagro. Estos afloramientos se ubican hacia el pie de monte de la Sierra de Siruma y también hacia las partes más elevadas de esta sierra, concretamente hacia la parte norte de la Parroquia Raúl Cuenca.	
	Características	Estudios previos reportan que se encuentran muy extendidas áreas recubiertas por sedimentos cuaternarios que son el producto de la fuerte erosión que tuvo y tiene lugar en las partes elevadas del municipio.	
	Distancias a Fallas	Aproximadamente a 28 km de la Falla de Zipayare	
	Riesgo sísmico	El vertedero, se encuentra dentro de la zona sísmica 3 (coeficiente de aceleración horizontal, $A_0 = 0,20$ g.)	
Geomorfología	Unidades Morfológicas	Topografía General Depresión	Topografía Local Planicie de explayamiento
	Topografía Carta Pendientes	Pendientes Pendientes moderadas, aproximadamente del 2 %	
Hidrológica Superficial	Presencia de Aguas Superficiales	Distancia a Cuerpos de agua Lago de Maracaibo ≈ 6 km. Emb. Pueblo Viejo ≈ 24 km. Emb. Machango ≈ 19 km.	Distancias a Ríos o quebradas El río Machango pasa de manera paralela aprox. a 4,4 km del vertedero.
	Riesgo de Inundación	No existe riesgo de inundación histórica	
	Área de Escorrentía	El drenaje tiene sentido Este a Oeste y aguas abajo se constituye en afluente de la Cuenca del Lago de Maracaibo	
Hidrológica Subterránea	Pozos	Existen pozos de agua en las fincas cercanas al vertedero. No se pudo obtener información relativa a las caracterizaciones de este tipo de aguas.	
	Permeabilidad del Sustrato Importancia Hidrogeológica	Rocas calcáreas clásticas bien cementadas o argiláceas interestratificadas de permeabilidad muy baja a media Cercano al punto de vertido, los acuíferos son locales o discontinuos, de muy bajo rendimiento (Quebradas)	

Factores ambientales

Clima	Clima tropical de sabana por presentar altas temperaturas todo el año. Precipitación promedio anual entre 1.000 y 1.100 mm. La temperatura media anual 24,5 °C y la evaporación media anual entre 2.250 y 2.330 mm. Las lluvias de este municipio están concentradas en ocho meses (abril - noviembre)
Vientos	Dirección Sur-Noreste con una intensidad de 15,48 km/h.
Capacidad de uso de la Tierras (propiedades agrícolas)	Suelos de clase VII, las características más relevantes, son: Presencia de pedregosidad en abundancia, baja retención de humedad, fertilidad baja, presencia de salinidad o alcalinidad. Suelos susceptibles a la erosión. Son además suelos xerosoles, suelos secos con un régimen de humedad endémicamente deficitaria y provienen de calizas, esquistos, depósitos aluviales y sedimentos marinos. La textura es en general fina.
Vegetación	Formaciones vegetales arbustivas, además de bosque seco tropical (bs-T), compuestos principalmente de selvas tropófitas o de transición las cuales están asociadas a sabanas y a los bosques de galerías que bordean a los ríos. Vegetación semidesidua.
Fauna	Las aves por lo general son granívoras y depredadoras de insectos y reptiles. Los mamíferos son seres frugales los más comúnmente observados son los perros, vacas y cerdos. Los reptiles terrestres más fácilmente observados son los del grupo lacertilia como las lagartijas e iguanas, y los del grupo ofidia, entre las cuales se encuentran algunas serpientes como las del grupo crotalinos (cascabeles) y micruridas (corales).

Factores Socio – Políticos

Áreas de administración especial	La zona donde se encuentra ubicado el vertedero no corresponde a un área de Administración Especial o espacio natural protegido
Usos del suelo	No existe zonificación por ser terrenos propiedad de PDVSA.
Ubicación relativa: distancia a núcleos poblados, infraestructuras y sitios de interés	El vertedero se encuentra ubicado aproximadamente a 2,5 km. de la población de Bachaquero. La vía Bachaquero - El Venado, se encuentra a aprox. 1,5 km. Existe una Estación de Flujo (QQ-81), aprox. a 1,5 km.



Determinación del Índice de Riesgo de Contaminación (IRC_i)

Para poder determinar los índices de Riesgo de Contaminación (IRC_i), para cada elemento del medio, primero se categorizó cada una de las variables en la metodología propuesta. De la caracterización, para la relación con la variable **Asentamiento de la masa de residuos**, su condición fue considerada como muy alta, correspondiéndole una condición de muy alta con un valor de cinco (5), ya que no existen controles para la aceleración de la degradación de la masa de residuos ni controles geotécnicos. Así mismo, no se observan sistemas de drenaje superficial, ni se detecta compactación de los residuos. Para la **Cobertura diaria**, su condición es inadecuada, con clasificación muy alta, valor cinco (5), debido a que los residuos no son cubiertos diariamente. No existe maquinaria permanente en el sitio de disposición.

En relación con la **Cobertura final**, su condición fue establecida como inexistente y su clasificación considerada como muy alta, con valor de cinco (5), porque sobre las zonas de vertido de los residuos sólidos que han finalizado su vida útil, no existe ningún tipo de tratamiento. Con respecto a la variable **Compactación**, su condición fue nula y su clasificación considerada como muy alta (5), entre otras razones, porque existen diversos frentes de vertido con residuos sin extender, además de no evidenciarse la presencia de maquinarias en el sitio de vertido, tampoco se evidencia material de cobertura. Se observa la presencia de neumáticos, lo que no favorecería la compactación. Los **Controles de gases**, como sistemas de ventilación o tratamiento de los mismos son inexistentes, por lo cual su condición se consideró como nula, con clasificación muy alta (5).

En cuanto al **Control de lixiviados**, su condición fue nula, con clasificación muy alta (5), ya que no existen zanjas de canalización, ni tuberías para el transporte de los lixiviados, como tampoco capa de drenaje ni balsa de almacenamiento. En cuanto a la condición de la variable **Edad del vertedero**, se consideró como muy viejo, clasificación muy bajo (1), porque el vertedero tiene una edad superior a los 20 años.

Por otra parte, la variable **Estado de caminos internos**, se consideró con condición inadecuada, con clasificación muy alta (5), ya que las vías de comunicación internas del vertedero cuentan con cobertura de asfaltado. Estos caminos están cubiertos con material petrolizado (arena-asfalto). Esto genera polvo por los vehículos que ingresan al vertedero. En la vía que conduce al vertedero se observan residuos y materiales particulados. No existen pantallas de protección ni canales para drenaje superficial. En cuanto a la **Impermeabilización del punto de vertido**, su condición se estableció como muy baja, con clasificación muy alta (5), porque no hay registros de la existencia de impermeabilización en el fondo del vaso de vertido ni en los laterales.

Con relación a la variable **Seguridad y vectores contaminantes**, se consideró su condición como muy baja, clasificación muy alta (5), ya que en el vertedero no existen instalaciones, ni se observa personal encargado de la disposición de los residuos sólidos. Existe la presencia de rebuscadores (trabajadores informales) y animales. Los rebuscadores no utilizan ningún tipo de equipo de protección personal (EPP). La variable **Sistema de drenaje superficial**, se considera muy deficiente, correspondiéndole la clasificación muy alta

(5), debido a que en el vertedero no se evidencia ningún tipo de sistema para el drenaje superficial.

Con respecto a la variable **Taludes**, se puede mencionar que su condición se consideró como pendiente no adecuada y su clasificación como muy alta, con valor cinco (5), porque en el sitio se evidenció una inadecuada disposición de los residuos sólidos. Se observan acumulaciones de residuos con taludes superiores a 1, 5:1.

Al no contar con un registro detallado de los residuos sólidos que son depositados en el vertedero, se recurrió a fuentes bibliográficas, destacando que la cantidad de residuos dispuestos en el vertedero es de aproximadamente 26.280 Ton/año (INE, 2011), permitiendo asignarle la condición capacidad media y clasificación media (3) a la variable

Tamaño del vertedero.

Para la variable **Tipo de residuos**, su condición fue considerada como poder contaminante alto, clasificación alto (4), ya que la composición de los residuos sólidos vertidos, refleja un porcentaje de materia orgánica. Igualmente se observa la presencia de algunos residuos peligrosos e inertes, además de residuos hospitalarios.

La variable **Vulnerabilidad de las aguas subterráneas**, se analizó utilizando el método GOD (*Groundwater occurrence, Overall aquifer class y Depth*), asignándole la condición de GOD ($0,3 \leq IV < 0,5$) – Medio, con clasificación medio (3), la revisión de fuentes bibliográficas permitió determinar que el Índice de Vulnerabilidad ($IV = 0,6 \times 0,7 \times 0,8 = 0,336$).

La **Distancia a infraestructuras** presenta una condición con baja afección, clasificación bajo (2), porque existe una estación de flujo propiedad de PDVSA (EF-

QQ-81), ubicada aproximadamente a 1,5 km del vertedero. La vía de comunicación Bachaquero-El Venado, se encuentra aproximadamente a 1,5 km. A la variable **Distancia a núcleos poblados**, le correspondió la condición de media, clasificación media (3), ya que la población de Bachaquero se encuentra aproximadamente a 2,5 km en línea recta. Por otra parte, la variable **Distancia a masas de aguas superficiales**, con condición muy alta, se le asignó la clasificación de muy bajo, con valor unitario (1), porque la distancia a los cuerpos de agua superficiales (Lago de Maracaibo, Embalse Machango y Embalse Burro Negro o Pueblo Viejo), se encuentran ubicados a más de 1000 m. La variable **Erosión** se considera con condición muy baja, clasificación muy baja (1).

Para la condición de la variable **Fallas** se consideró que éstas no existen, y su clasificación es muy baja, valor unitario (1), ya que las fallas conocidas en el sector se encuentran ubicadas a más de 60 m. del vertedero. La falla Zipayare está aproximadamente a 28 km.

Variable **Morfología a cauces superficiales**, condición baja y clasificación apropiada, valor dos (2), porque la topografía general del sitio cuenta con pendientes aproximadas del 2 %, es decir el vertedero se sitúa en una zona relativamente llana.

Para la **Pluviometría**, la condición y clasificación se consideró como muy alta y su valor es cinco (5) porque la revisión de la literatura permitió confirmar que la precipitación promedio anual fluctúa entre los 1000 y 1100 mm (Garrido, 1995). Con relación a la variable **Punto situado en área inundable**, la condición fue riesgo de inundación muy bajo y clasificación muy

baja (1), ya que los registros históricos reflejan que no existe riesgo de inundación en la zona.

Al **Riesgo sísmico**, le correspondió la condición y clasificación de medio, con valor tres (3), ya que el vertedero, se encuentra dentro de la zona sísmica 3 (coeficiente de aceleración horizontal, $A_o = 0,20$ g (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, 2002).

Para el **Viento**, la condición fue establecida como zona idónea de ubicación con respecto al viento, con clasificación baja (2), porque el mismo sopla en el sentido sur-

noreste, con una velocidad aproximada de 15,48 km/h.

La variable **Visibilidad** presenta condición y clasificación muy baja, con valor unitario (1), debido a que el vertedero no es visible desde zonas urbanas ni rurales, así como tampoco desde carreteras.

Una vez determinados los valores para cada una de variables de cada elemento del medio, se calculó el Índice de Riesgo de Contaminación (IRC_j) de cada variable (j), mediante la ecuación 1 y los resultados se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados del Índice de Riesgo de Contaminación (IRC_j)

Variable (j)	Condición	Clasificación (C_j)	$IRC_j = C_j \times P_j$						
			Agua superficial	Agua subterránea	Atmósfera	Suelo	Salud y sociedad		
Explotación y diseño (c)	Asentamiento de la masa de residuos	Muy alto	Muy alta	5	5	5	5	10	5
	Cobertura diaria	Inadecuada	Muy alta	5	10	10	10	10	10
	Cobertura final	Inexistente	Muy alta	5	10	10	10	10	10
	Compactación	Nula	Muy alta	5	10	10	10	10	10
	Control de gases	Nula	Muy alta	5	0	5	10	5	5
	Control de lixiviados	Nula	Muy alta	5	10	10	0	10	10
	Edad del vertedero	Muy viejo	Muy bajo	1	1	1	1	1	1
	Estado de caminos internos	Inadecuado	Muy alta	5	5	0	5	5	5
	Impermeabilización del punto de vertido	Muy Baja	Muy alta	5	10	10	0	5	0
	Seguridad y vectores contaminantes	Muy baja	Muy alta	5	0	0	0	0	10
	Sistema de drenaje superficial	Muy deficiente	Muy alta	5	10	10	0	0	0
	Taludes	Pendiente no adecuada	Muy alta	5	5	5	5	10	5
	Tamaño del vertedero	Capacidad media (10.000 - 30.000 Ton/Año)	Medio	3	6	6	6	6	6
	Tipo de residuos	Poder contaminante alto	Alto	4	8	8	8	8	8

Variable (j)	Condición	Clasificación (C _j)	IRC _j = C _j x P _j						
			Agua superficial	Agua subterránea	Atmósfera	Suelo	Salud y sociedad		
Ubicación (u)	Vulnerabilidad de las aguas subterráneas	GOD (0,3 ≤ IV < 0,5) - Medio	Medio	3	0	6	0	0	0
	Distancia a infraestructuras	Infraestructuras con baja afección - Bajo	Bajo	2	0	0	0	0	4
	Distancia a núcleos poblados	Media	Medio	3	0	0	0	0	6
	Distancia a masas de aguas superficiales	Muy alta	Muy bajo	1	2	0	0	0	0
	Erosión	Muy baja	Muy baja	1	0	0	0	2	0
	Fallas	No existen	Muy bajo	1	0	1	0	0	0
	Morfología a cauces superficiales	Baja	Apropiada	2	4	0	0	0	0
	Pluviometría	Muy alta	Muy alta	5	10	10	10	10	10
	Punto situado en área inundable	Riesgo inundación muy bajo	Muy baja	1	2	2	0	2	0
	Riesgo sísmico	Medio	Media	3	3	3	3	3	3
	Viento	Zona idónea de ubicación con respecto al viento	Bajo	2	2	0	4	2	2
	Visibilidad	Muy baja	Muy baja	1	0	0	0	0	2
Σ IRC_j =				113	112	87	109	112	
Σ IRC_{jo} =				90	90	70	90	85	
Σ IRC_{ju} =				23	22	17	19	27	

Determinación de los descriptores ambientales

Los resultados obtenidos con respecto a los Descriptores Ambientales, se muestran en el Cuadro 8 y sus valores oscilan entre 1 y 5.

Cuadro 8. Determinación de los descriptores ambientales

Elemento del medio (<i>i</i>)		Descriptor Ambiental	Cuantificación Condición	Valor
Aguas superficiales	A_1	Usos del agua	Otros: Aguas tipo 7	1
	A_2	Tipo de curso de agua superficial	Canales, acequias y estanques	1
	A_3	Presencia de especies animales o vegetales asociadas: calidad de las aguas	Aguas en estado aceptable	2
Aguas subterráneas	B_1	Usos del agua	Sin uso para el hombre	1
	B_2	Calidad de las aguas subterráneas	Aguas en buen estado	4
Atmósfera	C_1	Calidad del aire	Calidad del aire regular	3
Suelo	D_1	Usos del suelo	No urbanizable	1
	D_2	Tipo de vegetación	Formación arbustiva y herbácea sin arbolado o cultivos de secano	2
	D_3	Cobertura Vegetal	6-25 %	2
Salud y sociedad				5

Probabilidades de contaminación (Pbc_i , Pbc_o y Pbc_u), Valor ambiental (Va_i), Índice de Riesgo de Afectación Ambiental (IRA_i) e Índice de Interacción Medio-Vertedero (IMV)AI

Aplicar la ecuación 2 y determinar las probabilidades de contaminación, se observa que la Pbc_i fluctúa entre 0,69 y 1,08, clasificándose como alta para casi todos los elementos del medio; la Pbc_o varía desde 0,84 hasta 1,16, catalogándose con clasificación muy alta para todos los elementos del medio; y la Pbc_u oscila entre 0,33 y 0,85, reflejando clasificaciones bajas, medias, altas y muy altas. Con respecto al valor ambiental (Va_i), después de emplear las ecuaciones 3, 4, 5 y 6, los

valores se ubican entre 1,33 y 5, lo cual evidencia que van desde muy bajos hasta muy altos. En cuanto al Índice de Riesgo de Afectación Ambiental (IRA_i), la aplicación de la ecuación 7 reflejó valores entre 0,92 y 3,58 consistentes con clasificaciones que varían entre muy bajas y altas (Cuadro 9).

Los resultados obtenidos permitieron determinar que el vertedero de basura ubicado en el municipio Valmore Rodríguez del estado Zulia, presenta un nivel de Interacción Medio Vertedero con una clasificación de medio ($IMV = 10,78$), a pesar de no aplicar controles para el tratamiento de los residuos sólidos que ingresan, ni para los gases y aguas superficiales, entre otros aspectos.

Cuadro 9. Probabilidades de contaminación (Pbc_i , Pbc_o y Pbc_u), Valor ambiental (Va_i), Índice de Riesgo de Afectación Ambiental (IRA_i) e Índice de Interacción Medio-Vertedero (IMV)

Elemento del medio (<i>i</i>)	Pbc_i		Pbc_o		Pbc_u		Va_i		IRA_i		IMV
Agua superficial	0,69	Alta	0,88	Muy alta	0,33	Baja	1,33	Muy bajo	0,92	Muy bajo	
Agua subterránea	1,08	Muy alta	1,16	Muy alta	0,85	Muy alta	2,50	Bajo	2,71	Medio	
Atmósfera	0,79	Alta	0,84	Muy alta	0,60	Alta	3,00	Medio	2,36	Medio	10,78
Suelo	0,72	Alta	0,88	Muy alta	0,34	Baja	1,67	Muy bajo	1,21	Bajo	
Salud y sociedad	0,72	Alta	0,87	Muy alta	0,43	Media	5,00	Muy alto	3,58	Alto	
											Medio

El Índice de Medio Vertedero (IMV) es ligeramente inferior al reportado por Valderrama (2018) al realizar la evaluación ambiental del Botadero de Haquira, distrito de Santiago-Cusco (Perú), mediante la metodología EVIAVE, pues obtuvo un valor de 11,00 para este parámetro. No obstante, la aplicación de la metodología EVIAVE ajustada al marco legal de Perú, permitió establecer el impacto global generado a través del IMV con un puntaje de 15,30, clasificando el resultado como alto, permitiendo cuantificar así la problemática ambiental existente.

En otro estudio realizado en Perú con la metodología EVIAVE ajustada a su legislación, también se pudo determinar un IMV superior al reportado en el presente estudio; pues el botadero municipal de residuos sólidos Juli presenta un IMV de 15,19, el cual se clasifica con un riesgo alto, evidenciando que el punto de vertido tiene graves problemas de explotación y ubicación con respecto a los elementos seleccionados, tal y como lo reporta Hualpa (2019).

Con respecto a vertederos evaluados en Venezuela con esta misma metodología, se observa que el IMV del estudio presente es similar al reportado por Paolini (2007) para los vertederos La Paragüita, estado Carabobo (10,99), Tapa La Lucha, estado Yaracuy (10,12), La Jabonera, estado Mérida (10,99); además, el IMV resulta inferior a la mayoría de los vertederos estudiados por la autora.

Esta situación puede atribuirse a que la ubicación del vertedero favorece la interacción del mismo con el medio que lo rodea, ya que se encuentra a una distancia considerable de los centros poblados, existen pocas infraestructuras cercanas al mismo (tendidos eléctricos, líneas de distribución de agua potable, fabricas, comercios y vías de comunicación, entre otras), los cuerpos de agua superficiales están alejados y la impermeabilización del suelo contribuye a la no infiltración de los lixiviados en los cuerpos de agua subterráneos. Además, la dirección del viento es contraria a los centros poblados, se presentan altas temperaturas y niveles elevados de evaporación.

CONCLUSIONES

La situación ambiental del vertedero ubicado en el municipio Valmore Rodríguez del estado Zulia, diagnosticada de forma cualitativa y cuantitativa mediante la metodología EVIAVE, permite concluir que el Índice Medio Vertedero obtenido (**10,78**), se clasifica como medio, al considerar de forma conjunta las diferentes afecciones del vertedero a cada elemento del medio (agua superficial, agua subterránea, atmósfera, suelo, salud y sociedad); por lo cual, aún se puede elaborar un plan para gestionarlo adecuadamente.

REFERENCIAS

- Asamblea Nacional (2010). Ley de Gestión Integral de la Basura. Gaceta Oficial N° 6.017 (Extraordinario). Caracas, Venezuela
- Banco Mundial (2018). Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. **Washington:** <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report> (Recuperado el 18 de febrero de 2020)
- Calvo, F., Moreno, B., Zamorano, M., Szanto, M. (2005). Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills. **Waste Management**, 25(8), 768-779. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.02.019>
- Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) (2002). Mapa de Zonificación Sísmica con Fines de Ingeniería. Norma COVENIN 1756-1:2001, Caracas, Venezuela
- Garrido, D. (1995). **Municipio Valmore Rodríguez**. Bachaquero, Venezuela
- Hualpa, P. (2019). Diagnóstico ambiental del Botadero de residuos sólidos del Distrito de Juli para determinar su clausura o conversión a relleno sanitario (Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Altiplano, Perú)
- Instituto Nacional de Estadística (2011). **Censo de Población y Vivienda**. [En línea].
- Paolini, A. (2007). Validación de metodología EVIAVE en vertederos en Venezuela. Análisis y propuesta de soluciones (Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, España)

- Sarría, F. (2010). **Introducción a los Sistemas de Información Geográfica**. Universidad de Murcia, España
- Valderrama, J. (2018). Evaluación ambiental del Botadero de Haqira, Distrito de Santiago-Cusco, mediante la metodología EVIAVE (Tesis para Título Profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú)
- Zamorano, M., Paolini A., Ramos A., Rodríguez M. L. (2009). Adapting EVIAVE methodology as a planning and decision-making tool in Venezuela. **Journal of Hazardous Materials**, 172(2-3):93-1006.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.07.090>