



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

PRIORIZACIÓN DE VERTEDEROS A CIELO ABIERTO PARA UNA
PROPUESTA DE CIERRE Y REHABILITACIÓN RESPECTO AL POSIBLE
IMPACTO AMBIENTAL EN CUATRO PARROQUIAS RURALES DEL
NORTE DEL DMQ

AUTOR

Jessica Liliana Freire Andrade

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

PRIORIZACIÓN DE VERTEDEROS A CIELO ABIERTO PARA UNA PROPUESTA DE
CIERRE Y REHABILITACIÓN RESPECTO AL POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL EN
CUATRO PARROQUIAS RURALES DEL NORTE DEL DMQ.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para
optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y Remediación.

Profesor Guía

Msc. Daniel Hernán Hidalgo Villalba

Autora

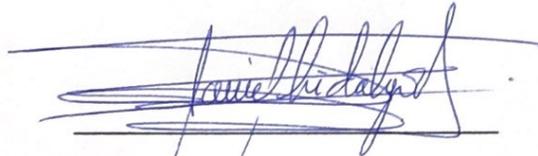
Jessica Liliana Freire Andrade

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido el trabajo, Priorización de vertederos a cielo abierto para una propuesta de cierre y rehabilitación respecto al posible impacto ambiental en cuatro parroquias rurales del norte del DMQ, a través de reuniones periódicas con la estudiante Jessica Liliana Freire Andrade, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Daniel Hernán Hidalgo Villalba

Magister en Ciencias, Especialización Ingeniería Ambiental

CC.: 1801914449

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, Priorización de vertederos a cielo abierto para una propuesta de cierre y rehabilitación respecto al posible impacto ambiental en cuatro parroquias rurales del norte del DMQ, de la estudiante Jessica Liliana Freire Andrade, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Marco Vinicio Briceño León

Master en Energías Renovables

CC.: 1715967319

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Jessica Liliana Freire Andrade

C.C.: 1726986746

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Papito Dios por haberme dado la vida, los recursos y la habilidad para culminar mi carrera, sin Él, los medios que me han traído hasta aquí no se hubieran dado, a mi padre por su esfuerzo día con día por darme siempre lo mejor, a mi familia en general la cual siempre estuvo apoyándome en este recorrido, los amo a todos.

Sin duda agradezco a mis profesores, quienes impartieron sus conocimientos logrando causar mucha inspiración para mi formación profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre, José Freire, no hay en este mundo una persona que se lo merezca más que él, hombre esforzado e invaluable para mí, gracias por sus oraciones en esos momentos difíciles que trajo mi carrera, a mi novio, Sebastián Saltos, quien vio en mí las habilidades que yo no y fue el promotor de este camino.

Resumen

La incorrecta disposición de residuos sólidos por falta de organización y asistencia por parte de las autoridades municipales ha desencadenado en una ubicación arbitraria, alterando sitios naturales que son potencialmente sensibles. La presente tesis tiene como objetivo la realización de un modelo de priorización para cierre y rehabilitación basado en un proceso de jerarquía analítica para analizar sitios que durante tiempo han sido usados de manera ilegal y anti técnica para el depósito de escombros. Esta priorización está desarrollada mediante la consideración de ocho factores propios de los sitios como la geología característica del terreno, la hidrología circundante de la zona, así como también factores sociales en cuanto a su cercanía a la población aledaña y el tiempo que ha permanecido al alcance de las personas, además factores técnicos en cuanto a operatividad del vertedero y alternativas de intervención por parte de las autoridades competentes, finalmente considerando factores físicos como su volumen y visibilidad. Cada factor está considerado de mayor a menor en orden de importancia según su interacción con el sitio y se otorga un peso de 8 a 1. Estos factores a los cuales los llamaremos atributos fueron clasificados según las cantidades o características encontradas para asignar un índice de sensibilidad a cada una de las clasificaciones puesto que esto permite la valoración total del atributo en cuanto a su interacción y su sensibilidad con el medio.

Palabras clave: jerarquía analítica, vertedero a cielo abierto, residuos sólidos, índice de sensibilidad al riesgo.

Abstract

The incorrect disposal of solid waste due to lack of organization and assistance by municipal authorities has triggered in an arbitrary location, altering natural sites that are potentially sensitive. The purpose of this test is to carry out a prioritization model for closure and rehabilitation based on a process of analytical hierarchy to analyze sites that have been used illegally and anti-technical for the deposit of rubble over time. This prioritization is developed through the specification of eight factors of the sites such as the characteristic geology of the land, the surrounding hydrology of the area, as well as social factors in terms of its proximity to the surrounding population and the time that has remained within reach of the people, in addition to the technical factors regarding the operation of the landfill and intervention alternatives by the competent authorities, finally the physical factors such as their volume and visibility. Each factor is considered from highest to lowest in order of importance according to its interaction with the site and a weight of 8 to 1 is given. These factors which we will call attributes were classified according to the quantities or characteristics found to assign a sensitivity index to each of the classifications since this allows the total assessment of the attribute in terms of its interaction and its sensitivity to the environment.

Keywords: analytical hierarchy, open pit, solid waste, risk sensitivity index.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
2. Objetivos.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. Alcance.....	2
4. Justificación.....	3
5. Marco Teórico	3
5.1. Tipología y clasificación de los residuos sólidos.....	3
5.2. Gestión de residuos sólidos.....	6
5.3. Marco normativo y legal a nivel nacional.....	8
5.3.1. Legislación nacional.....	8
5.4. Competencia del manejo de residuos sólidos.....	9
5.5. Problemática actual en torno a RRSS en el país	11
5.6. Manejo de los RRSS en el DMQ	11
5.6.1. Marco normativo local.....	12
5.6.2. Cobertura de recolección de RRSS	13
5.6.3. Transferencia.....	14
5.6.4. Disposición final.....	15
5.6.5. Disposición informal.....	15
5.7. Impactos ambientales	15
5.8. Técnica de decisión.....	16
6. Procedimiento - Metodología.....	16
6.1. Modelo de Priorización	16
6.2. Recolección de datos.....	17
6.2.1. Volumen de residuos en el sitio.....	18
6.2.2. Geología	19
6.2.3. Hidrología	20
6.2.4. Distancia a poblados.....	21

6.2.5. Presencia de alternativas.....	22
6.2.6. Visibilidad.....	22
6.2.7. Duración de la exposición.....	23
6.2.8. Estado.....	23
6.3. Grado de sensibilidad.....	23
6.4. Cálculo del Índice de Sensibilidad al Riesgo (RSI)	26
7. Resultados y discusión de resultados	26
8. Conclusiones y Recomendaciones.....	42
8.1. Conclusiones.....	42
8.2. Recomendaciones	43
Referencias.....	44
Anexos	48

1. Introducción

Las actividades humanas han desencadenado en una serie de problemáticas, como lo es la generación de desechos sólidos, y en los últimos años, una excesiva generación, y estos a su vez, da paso a otra problemática como lo es la incorrecta disposición. Algunos de los sitios no adecuados son ríos, fuentes hídricas, quebradas o lo más común botaderos a cielo abierto (Vega, 2015), que son cualquier terreno baldío en el que se haya decidido darle dicho uso sin ninguna medida de cuidado y prevención para la naturaleza y la sociedad. Además de depositar los residuos en lugares inadecuados, suelen ser incinerados (Chanchay, 2014), desencadenando contaminación ambiental directa y problemas a la salud.

Los residuos sólidos van desde domésticos (envases o embalajes y restos orgánicos de alimentos), hasta peligrosos (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos e inflamables).

Según un estudio de la OPS (2003), en América Latina y El Caribe la composición de los residuos domésticos están entre el 50 y 80%, mientras que los residuos peligrosos registran una generación de 0.5 a 1.5 kg por persona y por día (Organización Panamericana de la Salud, 2003).

1.2. Antecedentes

En Ecuador, la generación de residuos sólidos promedio es de 0.81 kg por habitante día, lo que registra un total de 61.117 toneladas a la semana, pero de esto el 80% es dispuesto en vertederos a cielo abierto, ríos, botaderos e incineradores (Soliz, 2011).

En Ecuador se creó el Programa Nacional Para La Gestión Integral De Desechos Sólidos (MAE-PNGIDS), por una iniciativa del Gobierno Nacional, a través el Ministerio del Ambiente en el año 2010, por la lucha contra la contaminación ambiental que causa la mala gestión de los residuos sólidos en el país. El Programa tenía como meta que para el 2017 el 70% de la población ecuatoriana cuente con rellenos sanitarios que funcionen técnicamente (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015).

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Desarrollar un modelo de priorización para cierre y rehabilitación de vertederos a cielo abierto de cuatro parroquias rurales del DMQ.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar un numero de botaderos a ser evaluados.
2. Categorizar las áreas de estudio.
3. Identificar vertederos con alto riesgo ambiental para cierre y rehabilitación.

3. Alcance

El presente estudio constará de un análisis de atributos cualitativos y cuantitativos, característicos de las zonas de estudio, desde una caracterización del ambiente físico natural hasta el ambiente social.

El trabajo se lo realizará con la ayuda de sistemas de información geográfica, georeferenciamiento y herramientas de análisis de riesgo, utilizando información geográfica secundaria con visitas previas de campo.

Al final del trabajo se espera obtener un mapa de priorización de vertederos que deberían ser intervenidos para cierre y rehabilitación, en base a una valoración de los diferentes atributos empleados.

4. Justificación

La importancia de desarrollar este estudio es que servirá como una herramienta de apoyo para el inicio de programas municipales de gestión de residuos, además de servir como guía previa a un cierre técnico ya que es una herramienta fácil y rápida de implementar (ELARD, 2017).

Con los resultados obtenidos de la priorización será posible la propuesta de medidas de control y mitigación al problema de la contaminación por los residuos, además de poder asentar propuestas para medidas de control y mitigación del impacto negativo y finalmente de un correcto manejo de la basura en el botadero, lo cual disminuirá tanto la contaminación ambiental como enfermedades (Cando, 2014).

5. Marco Teórico

5.1. Tipología y clasificación de los residuos sólidos.

La diversidad de los residuos hace necesaria una clasificación y tipología. La clasificación se divide por su composición, origen, peligrosidad, potencial de valorización y volumen.

Para ampliar la explicación en la diversidad de su clasificación se ilustra a continuación.

Tabla 1.

Tipología y clasificación de los residuos sólidos.

- Restos orgánicos

Composición	Orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> - Telas - Madera y residuos de jardín - Papel, cartón - Plástico
	Inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> - Metal - Vidrio - Tierra, cenizas
Origen	Municipales	Proveniente de comercio, oficinas y servicios
	Lodos de Depuradora	Proveniente del tratamiento de aguas residuales.
	Construcción y Demolición	Proveniente de la actividad constructiva y obras informales.
	Industriales	Provenientes de la actividad industrial y se diferencian entre: <ul style="list-style-type: none"> - Inertes - No peligrosos - Peligrosos
		Prevenientes de las fases de prospección,

Origen	Mineros	extracción y almacenamiento de la actividad minera Son residuos sólidos y líquidos
	Agrícolas, ganaderos y forestales	Provenientes de la actividad ganadera, agrícola, pesca y derivados de la industria alimenticia.
	Sanitarios	Provenientes de actividades médicas, investigación, etc.
	Radiactivos	Provenientes de centrales de energía nuclear, en ocasiones de aplicaciones médicas, industrias e investigación con límites de radiactividad mayor a lo establecido.
	Residuos peligrosos	Contenido de sustancias tóxicas, inflamables, corrosivas en concentraciones peligrosas.

Peligrosidad	Residuos inertes	No producen efectos ambientales apreciables en el medio ambiente en su interacción.
	Residuos peligrosos	No requiere un manejo especial por su nula peligrosidad
Potencial valorización	Valorizables	Se les puede dar un segundo uso: - Vidrio - Papel/ cartón - Latas - Chatarra
	No valorizables	Residuos que no se les puede dar segundos usos.
Volumen	Ordinarios	Provenientes de actividades domésticas.
	Voluminosos	Electrodomésticos, muebles, enseres.

Adaptado de (Bureau Veritas, 2008)

5.2. Gestión de residuos sólidos.

La gestión apropiada de los residuos sólidos debe contribuir a la prevención de impactos y daños ambientales y a la salud humana (Código Orgánico del Ambiente, Art. 229), de la cual mantiene la competencia entes públicos y privados como la Autoridad Ambiental Nacional, Gobiernos Autónomos

Descentralizados Municipales o Metropolitanos en su jurisdicción, generadores y gestores (Codigo Organico del Ambiente, Art. 231, 2018) .

La gestión de los residuos sólidos consta de seis etapas, las cuales son: generación del residuo, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesamiento y recuperación y por ultimo disposición final (Díaz & Guzman, 2011), pero mucho de este proceso depende del tipo de residuo, por lo cual su clasificación se ve influenciada por diferentes criterios como el estado, origen, tipo de tratamiento al que serán sometidos o potenciales efectos derivados del manejo.

Por su estado se dividen en sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos; *por su origen*, son domiciliarios, urbanos o municipales, industriales, agrícolas, ganaderos, forestales, mineros, hospitalarios, de construcción, portuarios y radiactivos; *por tipo de tratamiento son:* residuos asimilables a residuos urbanos y que por lo tanto se pueden disponer en forma conjunta, residuos para los cuales la incineración es el tratamiento idóneo, residuos que se deben disponer en rellenos de seguridad, residuos generados en grandes cantidades y que por lo que requieren tratamiento particular, residuos pasibles de ser sometidos a un proceso de valorización; *por los efectos potenciales derivados del manejo* se clasifican en residuos peligrosos, residuos peligrosos no reactivos, residuos inertes y residuos no peligrosos (Martinez, 2005).

La mayoría de estos residuos tienen como destino el vertedero, sitio de depósito de desperdicios que generalmente se lo usa para eliminación. Este concepto engloba dos términos: controlados e incontrolados, los cuales pueden ser autorizados o clandestinos. Un vertedero incontrolado es un botadero en el que no existen medidas protectoras para evitar un daño ambiental (Gonzalez, 1997), ni un lugar propicio, por lo que los residuos depositados que se vierten pueden provocar obstrucciones en ríos y quebradas, terrenos y vías públicas,

ocasionando así altos costos de restauración y mantenimiento ambiental y problemas a la salud humana.

Un botadero es un sitio para el depósito de desechos y/o residuos sólidos “sin preparación previa y sin parámetros técnicos o mediante técnicas muy rudimentarias y en el que no se ejerce un control adecuado” (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, 2017).

Por otro lado en un vertedero controlado se mantiene medidas de protección ambiental y técnicas de depuración de lixiviados (Gonzalez, 1997).

Los lixiviados son líquidos provenientes del percolado y escurrimiento de los depósitos de residuos que, por el arrastre y disolución, tienen fuerte carga orgánica, llevando a su paso elementos contaminantes característicos de la naturaleza del residuo (Nader Lutfi, 2003).

5.3. Marco normativo y legal a nivel nacional.

5.3.1. Legislación nacional.

A nivel fundamental, el primero en jerarquía normativa del Estado Ecuatoriano, la Constitución de la República del Ecuador en el Capítulo II del Título II Derechos del Buen Vivir, Artículo 14, dictamina que “la población tiene el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*, así mismo la preservación del ambiente [...], prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”. Mientras en el Capítulo Séptimo de los Derechos de la Naturaleza, Artículo 71, se establece el “...derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos...”. Además, en el artículo 73

dictamina la responsabilidad del Estado por aplicación de medidas precautivas por "...la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales". En el Capítulo 1, Título V, en el Artículo 238, de la Organización Territorial del Estado se acuerda la autonomía de los gobiernos autónomos descentralizados, "política, administrativa y financiera, y se regirán por los principios de solidaridad, subsidiariedad, equidad interterritorial, integración y participación ciudadana". Y constituye en el Capítulo II del Título VII, en el artículo 415, que "los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas [...] de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos" (Constitución del Ecuador, 2008).

En un nivel jerárquico más bajo, el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente en el Libro VI, Capítulo VI, de la Gestión Integral de Residuos Sólidos no Peligrosos y Desechos Peligrosos y/o Especiales, establece que el Estado declara como prioridad nacional e interés público y sometido a la tutela Estatal, la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos y desechos peligrosos y/o especiales [...] la asignación de la rectoría y la tutela a favor de la Autoridad Ambiental Nacional, para la emisión de las políticas sobre la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales [...] la responsabilidad extendida y compartida por toda la sociedad.

5.4. Competencia del manejo de residuos sólidos.

Según la Constitución del Ecuador, respecto a desechos sólidos, en el Artículo 55, dictamina la competencia exclusiva de los gobiernos municipales por la prestación de servicios públicos de "manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental", lo cual se encuentra ratificado en el Código Orgánico De Organización Territorial (COOTAD) en el Artículo 137. Además, deben mantener sistemas de gestión de desechos con el fin de eliminar "vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar", como menciona el Artículo 136.

A nivel nacional el Ministerio del Ambiente creó el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) en el 2010, es la entidad encargada del diseño e implementación bajo parámetros técnicos de servicios de aseo, aprovechamiento de residuos y disposición final, con el objetivo de impulsar la gestión en los municipios de todo el país (PNGIDS, 2019).

En el caso específico de Quito, hay empresas privadas y públicas encargadas de la basura generada. La entidad municipal del Distrito Metropolitano de Quito a cargo de los iniciales pasos para esta actividad es la Empresa Publica Metropolitana de Aseo (EMASEO) (Pozo, 2016).

En el DMQ los procesos en torno a la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU's) son i) barrido y recolección, ii) transporte, iii) transferencia y iv) disposición final. EMASEO está a cargo de barrido y recolección y transporte mientras que EMGIRS-EP a cargo de la transferencia y Disposición final (Haro, 2015) por Ordenanza Metropolitana.

Aunque EMGIRS-EP registre como la encargada de los dos últimos procesos (transferencia y disposición final) en lo que tiene que ver con la fiscalización de la operación de los residuos sólidos en Quito, el manejo técnico responsable del Relleno Sanitario, la mejora de los servicios y la prevención de afectaciones ambientales en aire, suelo y agua, esta empresa pública no es más que fiscalizadora de las Estaciones de Transferencia (ET) y del Relleno Sanitario y no posee capacidad de operación, para lo cual intervienen empresas privadas que operan estos procesos. La Fundación Sembrar Esperanza (Sembres) por ejemplo, es una ONG que opera las Estaciones de transferencia ETNORTE Y ETSUR, mientras que la empresa privada INTERASEO está a cargo del Relleno Sanitario desde 2012 (Mancheno, 2014).

5.5. Problemática actual en torno a RRSS en el país

Ecuador ha padecido siempre de una gobernanza ambiental y ejecución de políticas públicas ineficientes en torno al manejo de desechos.

La falta de creación de rellenos sanitarios sin un análisis ingenieril, social y crítico no ha permitido un manejo integral de los desechos, además de afectaciones al ambiente sobre suelo, aire, agua y poblaciones, debido a la presencia y cercanía de botaderos y rellenos sanitarios (Mancheno, 2014).

Todavía para el año 2011 las estadísticas sobre la disposición final de los residuos sólidos era una situación dramática, con un 85% de residuos sólidos que terminaban en quebradas, cuerpos de agua, botaderos ilegales y terrenos baldíos debido a la desarticulación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados. En el país no se ha realizado un cierre técnico a botaderos ilegales con una adecuada reparación integral, lo cual desencadena en pasivos ambientales (Solíz, 2010).

Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), se entiende como cierre técnico a "...la suspensión definitiva del depósito de desechos y/o residuos sólidos; esta actividad contempla acciones encaminadas a incorporar los mismos controles ambientales con que cuentan los rellenos sanitarios manejados adecuadamente, siendo la única forma de garantizar la calidad del suelo, del agua y del aire, así como la salud y la seguridad humana (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, 2017)".

5.6. Manejo de los RRSS en el DMQ

Existen diferentes servicios brindados por EMASEO del sistema de recolección que intervienen en el manejo general de los residuos sólidos, como, la recolección a pie de vereda y contenedores o sitios de acopio (Ordenanza

Metropolitana No. 41, 2015), barrido tradicional manual, barrido mecánico, servicio de recuperación y limpieza de puntos críticos, servicio de barrido pagado, servicio de cooperación ambiental (EMASEO, 2010).

El manejo de los residuos sólidos empieza con la recolección de la basura que cotidianamente y sin cuestiones, espera en la puerta de las casas de cada uno de los habitantes (recolección a pie de vereda), para continuar con el traslado a las estaciones de transferencia ubicados en puntos estratégicos, al norte la Estación de Transferencia Norte EMGIRS-EP y al sur la Estación de Transferencia Sur EMGIRS-EP, y luego el traslado a los alrededores de la ciudad. Este servicio municipal es cubierto por los ciudadanos, es un servicio cobrado por EMASEO en las planillas de electricidad como una tasa de impuesto y es un valor unificado independientemente del sector o cantidad y calidad de residuos (Pozo, 2016).

5.6.1. Marco normativo local

A nivel sub legal, la Ordenanza Metropolitana No. 332 en el Artículo 4, menciona como componentes funcionales del sistema de manejo integral de residuos sólidos:

“...1. Barrido y limpieza de vías, áreas y espacios públicos;

2. Recolección y Transporte de Residuos Sólidos;

3. Acopio y Transferencia de Residuos Sólidos;

4. Reducción, Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos; y,

5. Disposición final y/o eliminación de Residuos Sólidos”, lo cual es ratificado en

El Código Municipal Para El Distrito Metropolitano de Quito en el Artículo IV.3.4 del Libro IV.3 Título I De la Prevención y Control del Medio Ambiente

del ambiente, Capítulo I Del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Según Ordenanza Metropolitana No. 0041 los gobiernos autónomos descentralizados deben planificar el desarrollo de su jurisdicción para el orden de las acciones públicas en función de sus cualidades territoriales, lo cual se

encuentra reiterado en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, Artículo 295.

5.6.2. Cobertura de recolección de RRSS

Según el Censo de Población y Vivienda del año 2010, el 96.5% del DMQ estaba cubierto por el sistema de recolección de residuos generados realizado por EMASEO EP (Ordenanza Metropolitana No. 41, 2015).

En la actualidad existen parroquias rurales que cuentan con un sistema de recolección descentralizado mediante un subsidio cruzado del presupuesto, lo que permite mayor eficiencia.

La eficiencia paulatina de la recolección en puntos más alejados al relleno sanitario se debe a la capacitación para mejorar el sistema de recolección de basura, que desde 2017 han recibido las parroquias pertenecientes a estos sitios más lejanos, como lo son: Nono, Perucho , Chavezpamba, San Jose de Minas, Pacto, Atahualpa, Gualea, Nanegalito, Puéllaro y Calacalí (Merizalde, 2017).

“La cobertura de recolección de residuos domésticos y asimilables a domésticos urbanos” se la puede visualizar en el mapa a continuación.



Figura 1. Mapa de recogida de residuos.

Tomado de: (Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito, 2020)

5.6.3. Transferencia

Es la Empresa Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS) la encargada del transporte desde las ET norte y sur de la ciudad al Relleno Sanitario del Inga.

Además, en materia de residuos especiales, tales como escombros provenientes de procesos constructivos, existen las conocidas escombreras, las cuales no cuentan con un sistema de recolección, por lo que es el generador el encargado del traslado de los mismos. Las escombreras vigentes hasta la actualidad son: Escombrera El Troje IV, Escombrera Piedras Negras y Escombrera Oyacoto.

5.6.4. Disposición final

Se entiende como disposición final a la última etapa del proceso de la gestión de residuos sólidos, cuyo escenario es el relleno sanitario (Haro, 2015).

El Relleno Sanitario del Inga, en la ciudad Quito, funciona desde el año 2003 y en la actualidad se depositan 2200 toneladas de residuos comunes al día, trasladadas desde las Estaciones de Transferencia, las cuales tienen el propósito de ser tratadas técnica y controladamente para reducir el impacto ambiental y social (Knust & Polo, 2018).

5.6.5. Disposición informal.

En Quito existe una problemática en torno a la disposición de los residuos sólidos, empieza por la falta de valor que las quebradas tienen, lo que ha ocasionado que se vuelvan en un foco de contaminación ambiental, además de la limitada coordinación intersectorial e intergubernamental en la zonificación territorial, cumplimiento de normativas y responsabilidad por daño ambiental, a esto se suma la limitación en saneamiento ambiental, recolección de desechos, control y sanciones, el descontrol en la ocupación irregular del espacio público y trabajos de construcción y demolición informal de bajo costo (Egas & Ordoñez, n.d.) y muchos factores más han desencadenado en una disposición de desechos sólidos de todo tipo, sin control .

5.7. Impactos ambientales

La contaminación de aguas subterráneas es uno de los impactos que generan los residuos sólidos cuando han sido depositados de manera inadecuada.

Para el suelo, la principal fuente de contaminación es la disposición de residuos municipales, disposición ilegal y sitios con residuos peligrosos abandonados (Díaz & Guzman, 2011)

En un botadero ilegal se encuentran escombros de todo tipo desde materiales de construcción y demolición, partes de autos a electrodomésticos y desechos comunes, por lo cual los contaminantes presentes en los lixiviados de estos residuos serán varios y la mezcla de estos podría potenciar el impacto ambiental. El impacto ambiental que los lixiviados ocasionan al medio ambiente son contaminación del suelo, aguas superficiales y subterráneas.

5.8. Técnica de decisión

La toma de decisiones frente a diferentes factores, requiere de un proceso matemático que simplifiquen de manera abstracta la realidad, incorporando solo una parte de la misma, para esto se recurre al Proceso Analítico Jerárquico (AHP) el cual es una técnica multicriterio que consiste en un procedimiento analítico que permite determinar una óptima solución de un problema estructurado. Esta herramienta debe ser utilizada siguiendo un marco de racionalidad, realismo y flexibilidad que permita incorporar el factor tangible como lo intangible para determinar la mejor solución al problema. La toma de decisiones se basa en el binomio, información – razonamiento, esto es, la aplicación del método científico para la resolución de un problema (Moreno, n.d.)

6. Procedimiento- Metodología

6.1. Modelo de Priorización

Para la identificación de los vertederos existentes se realizó entrevistas a los funcionarios municipales. En el caso de falta de cooperación municipal, se establecerá contacto con los residentes locales.

Se obtuvieron las ubicaciones de los vertederos mediante la visualización de cartografía múltiple por medio de fotografía satelital con la ayuda del programa informático Google Earth, y mediante la búsqueda insitu.

Se generó un mapa con los puntos de ubicación de los sitios geográficos de los vertederos.

6.2. Recolección de datos

Se llenó un Formulario de Caracterización del Sitio (SCF), con la información que pudo ser recolectada en el sitio mismo y también con ayuda de los residentes consultados y otra información procedente de cartografía temática consultada. El formato del formulario utilizado se presenta en anexo 1 en la página 48.

Se seleccionaron 8 atributos indicativos del riesgo, para la evaluación de los vertederos, que guiarán el proceso de priorización.

A cada atributo se le otorgó un peso entre 1 y 8 según el método de jerarquía analítica (Kontos, Komilis, & Halvadakis, 2005).

Se le asignó un peso de 1 al atributo sin interacción con los procesos que ocurren en el vertedero, y de esta manera un peso mayor a los atributos que tuvieron mayor interacción, hasta llegar a 8 (Calvo, Moreno, Ramos, & Zamorano, 2007).

La lista de atributos con su peso respectivo, es la siguiente:

Tabla 2

Lista de atributos a ser evaluados en los sitios de análisis.

Atributo	Peso
Volumen de residuos en el sitio (m³)	8
Visibilidad	7
Hidrología	6
Distancia a áreas urbanas (m)	5
Presencia de alternativas	4
Estado	3
Geología	2
Duración de la exposición (años):	1

Tomado de ELARD, 2017

6.2.1. Volumen de residuos en el sitio (m³)

La estimación del volumen se realizó con ayuda de la herramienta *regla-polígono* de la aplicación Google Earth Pro para el cálculo del área ocupada por los escombros, la profundidad fue medida en el sitio en el caso de terrenos accesibles, en el caso de pendientes pronunciadas y terrenos sin acceso se estimó la profundidad de los escombros y luego fue verificada por un experto en residuos sólidos.

Los volúmenes de los vertederos identificados estuvieron entre 20 y 2000 m³ y se los dividió en 4 grupos.

Tabla 3.

Rangos de volumen de escombros encontrados.

< 100 m ³
100 – 300 m ³

Volumen	300 – 600 m ³
	> 600 m ³

6.2.2. Geología

Para este atributo se consideró litología y densidad de las fallas y lineamientos del terreno, para reflejar el impacto ambiental potencial en las aguas subterráneas.

Litología: Se obtuvieron archivos en formato shp que fueron provistas por el Instituto de Información Geológico y Energético, IIGE, de las formaciones litológicas y se anexaron con en el mapa de puntos. Según las formaciones litológicas se clasificó en función de la permeabilidad (Landini et al., 2007), de la siguiente manera:

Tabla 4.

Tipos de infiltración de los diferentes sitios.

Infiltración	Muy alta	Limolita, arcilla, arenisca, conglomerado, carbón, toba.
	Alta	Conglomerado volcánico arcilloso, flujos de lodo, materiales piroclásticos
	Moderada	Volcano sedimentos desordenados
	Moderada / baja	Volcano sedimentos, lava piroclásticos

Densidad de fallas y lineamientos: Se determinó este parámetro a partir de geoprocésamiento de información georreferenciada en archivo shp

proporcionada por el IIGE, para conocer como la densidad de fallas podría afectar en la tasa de infiltración. Se superpuso las capas de estructuras lineales y la capa de fallas con el mapa de ubicación de los vertederos.

Para conocer la influencia de fallas y lineamientos que se encuentran en los puntos de los vertederos, se usó la herramienta *Line Density* en el software ArcMap, la cual clasificó las diferentes densidades calculadas (ELARD, 2017). Se clasificó en cuatro clases:

Tabla 5.

Densidad de fallas y lineamientos característicos del sitio.

	< 1
Densidad de	1 – 1.5
fallas y	
lineamientos	1.5 – 2
	> 2

6.2.3. Hidrología

Se consideró tanto cercanía a la red hídrica como cercanía a quebradas.

Cercanía a quebradas: se extrajeron las quebradas del DMQ de mapas topográficos descargados del portal del Municipio de Quito, y se intersecaron con la distribución espacial de los vertederos para conocer la distancia a cada punto. Se usó el complemento NNJoin de QGis y se clasificó en cuatro clases:

Tabla 6.

Distancia del sitio del vertedero a quebradas.

> 200 m
200 – 100 m

Distancia a quebradas	100 – 50 m
	< 50 m

Se otorgó un 80% de importancia del peso del atributo.

Cercanía a la red hídrica (m): con la misma metodología anterior se calculó la cercanía a ríos y se clasificó en cuatro clases:

Tabla 7.

Distancia del vertedero a ríos.

	> 445 m
	300 - 445
Cercanía a río	m
	150 – 300
	m
	< 150 m

Se otorgó un 20% de importancia del peso del atributo.

6.2.4. Distancia a poblados

Se extrajeron los poblados en SIG desde el portal del Sistema Nacional de Información, SIN, y se establecieron las distancias a las áreas urbanas, se superpuso con la capa de ubicación de vertederos. La distancia se clasificó en 4 clases:

Tabla 8.

Distancia de la zona del vertedero a zonas pobladas.

	< 10 m
	10 – 20 m

Distancia a	20 – 30 m
Poblados	> 30 m

6.2.5. Presencia de alternativas

Se consultó a los municipios sobre el conocimiento de los sitios usados para la disposición de escombros y basura por lo que se establecieron 4 alternativas:

Tabla 9.

Alternativas de intervención de la zona del vertedero.

	Sin alternativas
Presencia de alternativas	Trabajando en soluciones alternativas y financiamiento
	Alternativas en construcción
	Alternativas operativas

6.2.6. Visibilidad

Se definió dos casos según las observaciones de campo y preguntas a moradores.

Tabla 10.

Visibilidad de la zona del vertedero.

	No es visible desde la carretera principal y áreas urbanas
Visibilidad	Claramente visible desde la carretera principal y las áreas urbanas

6.2.7. Duración de la exposición

Según los datos de encuesta realizada a los moradores se clasificó en cuatro clases:

Tabla 11.

Tiempo de existencia del vertedero.

Duración de	< 2 años
la	2 – 4 años
exposición	4 – 8 años
(años)	> 8 años

6.2.8. Estado

Según los datos de encuesta realizada a los presidentes de juntas parroquiales y moradores, se clasificó en cuatro clases:

Tabla 12.

Estado del vertedero.

	Removido
	Cubierto
Estado	No
	Operativo
	Operativo

6.3. Grado de sensibilidad

El grado de sensibilidad que se le asignó a cada atributo estuvo entre 0.0 a 1 respectivamente, relacionado con rangos de menor o mayor probabilidad de causar impacto negativo. El valor o cantidad de cada uno de los atributos

cuantitativos fue dividido en cuatro para poder asignar un índice de sensibilidad. En el caso de valores intermedios del grado de sensibilidad, se realizó una interpolación para la asignación de un valor preciso y para valores fuera del rango se realizó una extrapolación.

Interpolación:

$$x = x_2 - \frac{(y_2 - y) * (x_2 - x_1)}{(y_2 - y_1)}$$

Ecuación 1

Extrapolación:

$$x = x_2 + \frac{(y - y_2) * (x_2 - x_1)}{(y_z - y_1)}$$

Ecuación 2

Donde:

x_1 y x_2 = grados de sensibilidad que varían de 0 - 1

y_1 y y_2 = valores categóricos al grado de sensibilidad

y = valor objetivo

x = valor categórico intermedio

Por lo tanto, cada atributo con sus diferentes clasificaciones fue evaluados de la siguiente manera:

Tabla 13

Tabla de atributos de los vertederos.

Atributo	Facto				
	r de	0.0 – 0.25	0.25- 0.5	0.5 – 0.75	0.75 - 1
	Peso				

Volumen RS (m³)	8	< 100	100 – 300	300–600	> 600
Visibilidad	7	No es visible desde la carretera principal y áreas urbanas	Claramente visible desde la carretera principal y las áreas urbanas		
Hidrología	Distancia a quebradas (m) 80%	> 200	200-100	100-50	<50
	Cercanía a ríos (m) 20%	> 200	200-150	150-100	<100
Distancia a poblados (m)	5	>30	30-20	20-10	<10
Presencia de alternativas	4	Sin alternativas	Trabajando en soluciones alternativas y financiamiento	Alternativas en construcción	Alternativas en operación
Estado	3	Removido	Cubierto	No operativo	Operativo
Geología	Litología 70%	Volcano sedimentos, lava piroclásticos	Volcano sedimentos desordenados	Conglomerado volcánico arcilloso, flujos de lodo, materiales piroclásticos	Limolita, arcilla, arenisca, conglomerado, carbón, toba.
	Densidad de fallas y lineamientos 30%	< 1	1-1.5	1.5-2	>2
Duración de la exposición (años):	1	<2	2-4	4-8	>8

Adaptado de (ELARD, 2017)

6.4. Cálculo del Índice de Sensibilidad al Riesgo (RSI)

Se calculó un Índice de Sensibilidad al Riesgo por sus siglas en inglés RSI, para cada vertedero según los atributos asignados, el cual consiste en la consideración de las ponderaciones y el grado de sensibilidad.

El RSI consiste en la suma de la multiplicación de las variables antes mencionadas. Se lo explica a continuación:

$$\circ RSI = \sum w_i * s_i$$

Ecuación 3

RSI: variable del Índice de Sensibilidad al Riesgo que varía de Mínimo 0 a Máximo 55

Wi: es la ponderación de la variable i que varía de 1 a 8.

Si: índice sensible de la variable i que varía de 0-1

(ELARD, 2017)

7. Resultados y discusión de resultados

En el modelo de priorización se obtuvieron índices de sensibilidad para cada uno de los sitios de verteros en función del grado de sensibilidad de la variable en que se clasificó el atributo.

A continuación, se presentan los índices de sensibilidad de cada uno de los sitios.

Tabla 14

Atributo volumen con su respectivo Si

Parroquia	Volumen Peso 8	Si
Guayllabamba	61.5	0.20
Guayllabamba	174.4	0.34
Guayllabamba	400.0	0.58
Guayllabamba	1622.3	1.00

Parroquia	Volumen Peso 8	S _i
Guayllabamba	161.3	0.33
Guayllabamba	81.5	0.23
Calderón	23.2	0.15
Calderón	94.8	0.24
Calderón	78.6	0.22
Calderón	41.7	0.18
Calderón	631.2	0.78
Calderón	660.0	0.80
Calderón	180.7	0.35
Calderón	34.8	0.17
Calderón	82.2	0.23
Calderón	1799.3	1.00
Puellaro	270.0	0.46
Puellaro	67.2	0.21
Tumbaco	178.5	0.35
Tumbaco	227.2	0.41

Como se puede observar, los sitios en los que el s_i resulta ser 1, es decir, el valor máximo de grado de sensibilidad, son en las parroquias de Guayllabamba y Calderón, que tienen un mayor volumen en comparación con los demás sitios analizados, 1622 y 1799 m³ respectivamente. Por el contrario, el s_i con menor grado de sensibilidad es en Calderón, con un volumen de 23 m³.

Tabla 15

Atributo visibilidad con su respectivo S_i

Parroquia	Visibilidad Peso 7	S _i
Guayllabamba	No visible	0

Parroquia	Visibilidad <u>Peso 7</u>	S_i
Guayllabamba	Visible	1
Guayllabamba	Visible	1
Guayllabamba	No visible	0
Guayllabamba	Visible	1
Guayllabamba	No visible	0
Calderón	Visible	1
Puellaro	No visible	0
Puellaro	No visible	1
Tumbaco	Visible	1
Tumbaco	Visible	1

En el caso de visibilidad del vertedero, las variables son solo dos, por lo que el s_i resulta ser 1 o 0, si es claramente visible desde la carretera principal y áreas urbanas o no visible desde la carretera principal y áreas urbanas, respectivamente, son varios los sitios en los que son claramente visibles.

Tabla 16

Atributo "distancia a quebradas" con su respectivo Si

Parroquia	Distancia a quebradas	Si	Distancia a ríos	Si
	Hidrología			
<u>Peso 6</u>				
Guayllabamba	79.0	0.6	13.2	1.0
Guayllabamba	0.0	1.0	53.3	1.0
Guayllabamba	53.3	0.7	105.7	0.8
Guayllabamba	195.5	0.3	94.4	0.8
Guayllabamba	259.1	0.1	226.7	0.1
Guayllabamba	28.1	0.9	35.6	1.0
Calderón	0.0	1.0	29.9	1.0
Calderón	0.0	1.0	17.9	1.0
Calderón	0.0	1.0	25.7	1.0
Calderón	0.8	1.0	32.7	1.0
Calderón	0.0	1.0	571.3	0.0
Calderón	0.0	1.0	594.3	0.0
Calderón	1.4	1.0	225.8	0.1
Calderón	0.0	1.0	327.6	0.0
Calderón	7.0	1.0	271.3	0.0
Calderón	78.0	0.6	40.2	1.0
Puellaro	506.3	0.0	499.3	0.0
Puellaro	0.0	1.0	526.0	0.0
Tumbaco	0.0	1.0	6.8	1.0
Tumbaco	0.0	1.0	0.6	1.0

El atributo hidrología abarca la cercanía a quebradas y a ríos, por lo que cada uno tiene un índice de sensibilidad, en este caso podemos observar que la mayoría de vertederos están cercanos a quebradas que, a ríos, es así que

podemos darnos cuenta la vulnerabilidad de alteración de las quebradas del DMQ.

Tabla 17

Atributo "distancia a poblados" con su respectivo Si

Parroquia	Distancia a poblados <u>Peso 5</u>	S_i
Guayllabamba	23.2	0.4
Guayllabamba	24.6	0.4
Guayllabamba	25.7	0.4
Guayllabamba	11.6	0.7
Guayllabamba	10	0.8
Guayllabamba	24	0.4
Calderón	27	0.3
Calderón	28	0.3
Calderón	28	0.3
Calderón	27	0.3
Calderón	34	0.2
Calderón	34	0.2
Calderón	25	0.4
Calderón	22	0.5
Calderón	22	0.5
Calderón	11	0.7
Puellaro	5	0.9
Puellaro	16	0.6
Tumbaco	8.3	0.8
Tumbaco	7.8	0.8

En este atributo podemos darnos cuenta que los vertederos se encuentran más alejados de los poblados, el más cercano está a 5 m de distancia y el siguiente

Parroquia	Alternativas <u>Peso 4</u>	S _i
Puellaro	S/A	0.25
Puellaro	S/A	0.25
Tumbaco	S/A	0.25
Tumbaco	S/A	0.25

Para este atributo se consideraron 4 alternativas, Sin alternativas, trabajando en alternativas solución y financiación, alternativa en construcción y alternativa operativa. pero la que predominó para estos casos fue, *sin alternativas*, ya que son sitios que las autoridades encargadas de estas parroquias no tienen el conocimiento de su existencia o si la tienen no han pensado en una solución para retirar el vertedero. Se podría esperar que mientras un sitio no tenga alternativas de solución, tenga un grado de sensibilidad entre 0.75- 1, es decir, un valor alto, pero por el contrario a esta categoría se le asigna un grado de sensibilidad de 0 – 0.25, esto se debe a que si se empieza una rehabilitación del sitio, lo cual consta en el retiro de los residuos, los próximos desechos generados serán depositados en nuevos sitios debido a la ausencia de un sitio alternativo para su disposición (ELARD, 2017). Por esta razón todos los 20 sitios calificaron bajo en este atributo.

Tabla 19

Atributo "estado" con su respectivo Si

Parroquia	Estado <u>Peso 3</u>	S _i
Guayllabamba	No Operativo	0.75

Parroquia	Estado <u>Peso 3</u>	Si
Guayllabamba	No Operativo	0.75
Calderón	No Operativo	0.75
Puellaro	No Operativo	0.75
Puellaro	No Operativo	0.75

Parroquia	Estado <u>Peso 3</u>	Si
Tumbaco	No Operativo	0.75
Tumbaco	No Operativo	0.75

Este atributo se divide en las categorías de, removido, cubierto, no operativo y operativo, en este caso todos los 20 sitios fueron no operativos ya que no son botaderos reconocidos como para constar como un botadero operativo, su existencia es meramente ocasional, por lo que merecen un grado de sensibilidad de 0.5 – 0.75.

Tabla 20

Atributo "Infiltración y Densidad de fallas y lineamientos" con su respectivo Si

Parroquia	Infiltración <u>Peso 2</u>	Si	Densidad y lineamientos del terreno	Si
	Geología			
Guayllabamba	Muy Alta	1	0.1	0.0
Guayllabamba	Muy Alta	1	0.3	0.1
Guayllabamba	Muy Alta	1	0.69	0.2
Guayllabamba	Moderada	0.5	0.69	0.2
Guayllabamba	Moderada	0.5	0.35	0.1
Guayllabamba	Moderada a baja	0.25	0.35	0.1
Calderón	Moderada a baja	0.25	0.15	0.0
Calderón	Moderada a baja	0.25	0.35	0.1

Calderón	Moderada a baja	0.25	0.29	0.1
Calderón	Moderada a baja	0.25	0.2	0.0
Calderón	Moderada a baja	0.25	0.35	0.1
Calderón	Moderada a baja	0.25	0.2	0.0
Calderón	Moderada a baja	0.25	0.35	0.1
Calderón	Moderada a baja	0.25	0.3	0.1
Calderón	Moderada a baja	0.25	0.35	0.1
Calderón	Moderada	0.5	2.76	1.0
Puellaro	Moderada	0.5	0.35	0.1
Puellaro	Moderada	0.5	1.72	0.6
Tumbaco	Muy Alta	1	0.3	0.1
Tumbaco	Muy Alta	1	1.48	0.5

Este atributo abarca tanto, la infiltración en función de la litología del sitio, como la densidad de fallas y lineamientos del terreno. Podemos observar que hay 3 sitios en los que la infiltración es muy alta en la parroquia de Guayllabamba con densidades entre 0.1 y 0.69 y 1 en Tumbaco con una densidad de 1.48. Los 3 primeros sitios nos hacen pensar que hay una relación entre infiltración y densidad, es decir mientras más alta la infiltración, más baja la densidad, pero para el sitio de Tumbaco con infiltración muy alta su densidad es una de las más altas (1.48), por lo que pensar de esta manera podría ser un poco apresurado sin considerar otros factores, por el momento podemos decir que son variables independientes que reflejan las características del terreno.

Tabla 21

Atributo "Duración de la exposición" con su respectivo Si

Parroquia	Duración de la exposición <u>Peso 1</u>	Si
Guayllabamba	3	0.38
Guayllabamba	2	0.25
Guayllabamba	1	0.00
Guayllabamba	4	0.50
Guayllabamba	3	0.38
Guayllabamba	3	0.38
Calderón	2	0.25
Calderón	3	0.38
Calderón	3	0.38
Calderón	2	0.25
Calderón	2	0.25
Calderón	2	0.25
Calderón	21	1.00
Puellaro	1	0.00
Puellaro	3	0.38
Tumbaco	3	0.38
Tumbaco	1	0.00

El atributo *duración de la exposición* responde al tiempo en que el vertedero ha pasado en exposición, para este caso se encontró que existe uno que ha permanecido más de 20 años en la parroquia de calderón en la comuna San Miguel del Común según el testimonio de un morador, mientras que para el resto de vertederos se los puede considerar nuevos en contraste, estando entre 1 y 4 años.

Una vez realizado el modelo de priorización, se clasificaron los vertederos según los quintiles del Índice de Sensibilidad al Riesgo RSI calculado en función del índice de sensibilidad y el peso del atributo, y su ubicación en mapa georreferenciado para una apreciación espacial.

Tabla 22.

Número de vertederos de RCD por rango de RSI

Rango RSI	Número de vertederos	%
12.1 – 15.3	3	15%
15.3 – 18.6	2	10%
18.6 – 21.8	8	40%
21.8 – 25.1	5	25%
25.1 - 28.3	2	10%
Total	20	100%

El total de los 20 sitios analizados, se clasificaron en diferentes rangos de RSI. El rango de RSI que tuvo mayor porcentaje de vertederos fue de 18.6 – 21.8. Dentro de este rango se encuentran vertederos pertenecientes a las parroquias de Calderón y Puellaro, mientras que el mayor RSI representa el 10 % lo que indica prioridad de intervención.

Dichos sitios con prioridad de intervención pertenecen a las parroquias de Tumbaco y Calderón, por lo que se puede decir que tanto por las condiciones ambientales, sociales y físicas, son los sitios que revisten mayor riesgo que los demás.

Cabe señalar que los resultados obtenidos dentro del *Plan maestro actualizado para cierre y rehabilitación de vertederos no controlados en todo el país del Líbano* (ELARD, 2017), reflejan sitios con valores de RSI menores a 10 y mayores a 20, mientras que los valores encontrados en este estudio no bajan de un aproximado de 12, obviamente los factores ambientales y sociales valorados dentro de la metodología, varían entre el país del Líbano y la zona estudiada del DMQ, de aquí la diferencia en los rangos obtenidos.

Los 20 vertederos analizados fueron representados en el mapa espacial de la figura, en el cual se clasificaron dentro de los cinco rangos de RSI considerados.

Es así como esta metodología permite la toma de decisiones sobre una intervención.

MAPA DE ILUSTRACION DE RSI

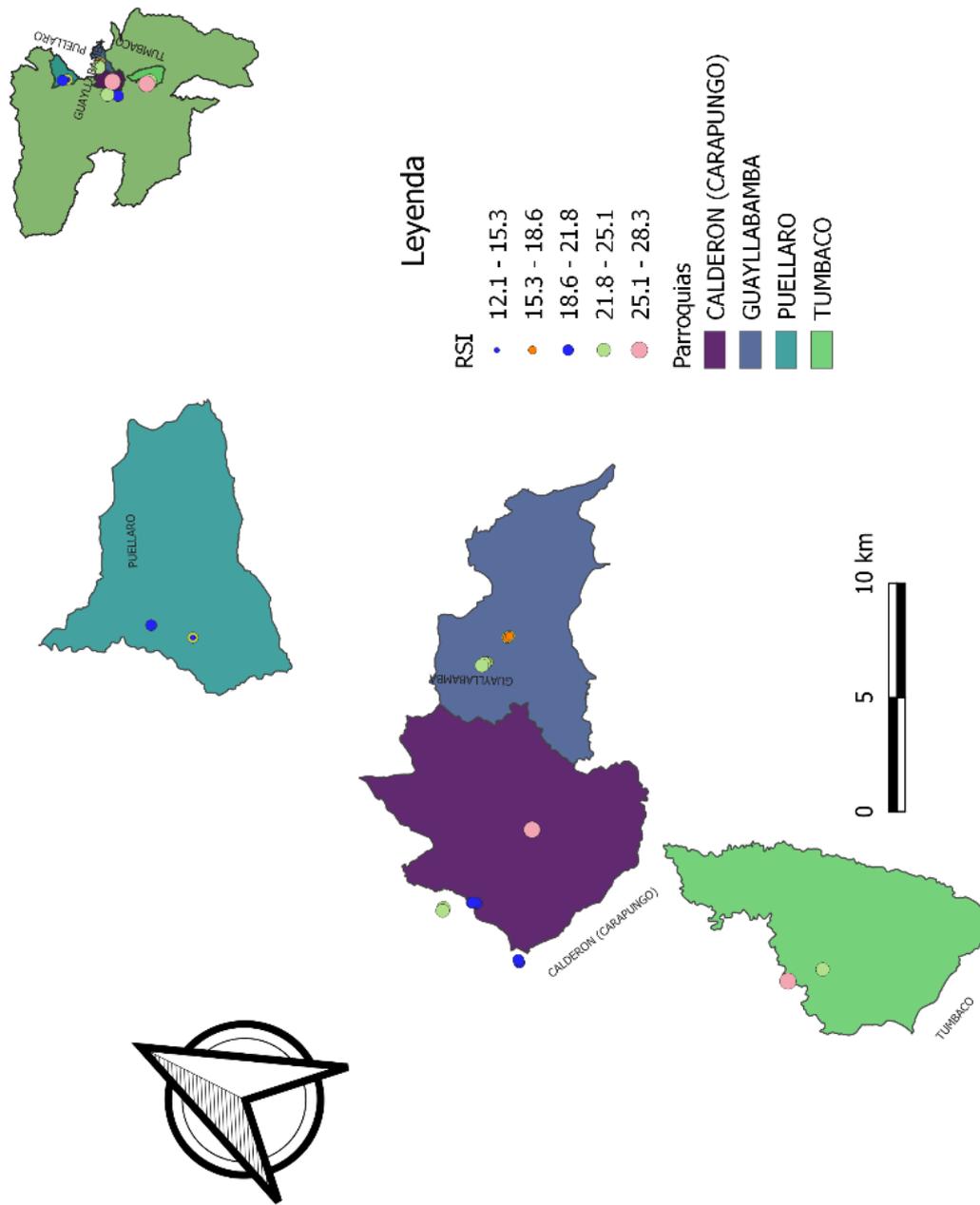


Figura 2. Mapa RSI

Tabla 23

Sitios prioritarios de RCD

Rango	Parroquia	Puntuación RSI
1	Calderón	28.30
2	Tumbaco	25.24
3	Tumbaco	24.80
4	Calderón	22.94
5	Calderón	22.77
6	Guayllabamba	22.71
7	Guayllabamba	22.58
8	Puéllaro	21.16
9	Calderón	20.48
10	Calderón	20.33
11	Calderón	20.16
12	Calderón	19.88
13	Calderón	19.71
14	Calderón	19.59
15	Calderón	19.28
16	Guayllabamba	18.36
17	Guayllabamba	18.28
18	Guayllabamba	13.15
19	Guayllabamba	12.84
20	Puéllaro	12.06

El *Plan Maestro Actualizado (2017)* realizó un top 20 de los vertederos cuyo volumen en conjunto significaban el mayor porcentaje de volumen de residuos, lo cual no se pudo realizar para este proyecto debido a que el área de estudio es más reducida y el total de vertederos llega solamente a 20, por lo tanto, realizar un top resulta innecesario.

Por otro lado, el máximo RSI calculado fue 28.3, de un máximo posible de 36 y un mínimo de 12.06, de un mínimo posible de 0.

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

Se encontró que estos 20 sitios de estudio se encuentran en su mayoría frente a zonas rurales donde la afluencia de la gente es menor y desprevenida, la mayoría de estos se encuentran junto a quebradas.

La mayoría de los sitios consistían en sitios relativamente nuevos, respecto al tiempo que llevan siendo utilizados clandestinamente.

Además, al encontrarse estos sitios en zonas rurales, el impacto social y ambiental aumentan, ya que se encuentran relleno zonas naturales, y al no poder ser visualizados con normalidad se han convertido en relleno de material voluminoso y de desechos comunes como la materia orgánica, lo que ha desencadenado en proliferación de vectores de enfermedades, como se pudo visualizar en la parroquia de Guayllabamba.

La información georreferenciada ayuda en el reconocimiento de la influencia de las variables sociales, ambientales y físicas del lugar.

Mientras más alto el grado de sensibilidad del sitio indica mayor potencial de impacto ambiental.

Los atributos relacionados con aspectos ambientales como la hidrología y geología, contribuyen a una transmisión del impacto más allá de lo visible ya que la infiltración que puede caracterizar a un tipo de suelo junto con características tectónicas, como fallas y lineamientos, incrementarán esa tasa de infiltración que resulta ser potencialmente peligrosa. Por esta razón una categorización se vuelve una valiosa herramienta de evaluación para el impacto ambiental.

El estudio permitió concluir que de los 20 sitios estudiados y, según la categorización realizada, 2 de ellos llegan a una puntuación alta en el RSI en

comparación con la mayoría analizada, por lo que se podría decir que serían los más apropiados para intervenir en un programa de cierre y rehabilitación de un vertedero. La metodología determina un orden en la prioridad de intervención, por lo que el RSI nos dice cual vertedero es tratado primero, empezando desde el valor mayor hasta el menor, mas no solo los de mayor valoración deben ser intervenidos.

Se puede también concluir que, aunque el orden de los atributos mantenido a lo largo de la metodología refleja un mayor impacto potencial, no es determinante para un mayor valor en el RSI, sino que todo el conjunto de atributos es esencial valorar, tal es el caso del sitio de Calderón con un volumen de 1799 m³, Guayllabamba de 1622 m³ y Tumbaco de 227 m³, cuyos resultados parecían ser obvios, sin embargo hubieron atributos como la densidad de fallas, la duración de la exposición, etc que hicieron dar un giro a los resultados.

8.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar una búsqueda de vertederos más amplia, que pueda superar el número analizado para esta ocasión, considerando que solo se tuvo un alcance para parroquias del norte del DMQ.

Se recomienda realizar un segundo análisis del volumen después de un mes de haber sido levantados los datos.

Se recomienda aplicar la metodología en las zonas costeras del país, donde el problema de la gestión de residuos suele ser más notoria y en general son residuos orgánicos de origen doméstico.

Se recomienda complementar la metodología con una propuesta de cierre y rehabilitación de las zonas para un análisis de costos.

Referencias

- Bureau Veritas. (2008). *Manual para la Formación en Medio Ambiente*. España: Lex Nova.
- Calvo, F., Moreno, B., Ramos, Á., & Zamorano, M. (2007). *Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process*, 11, 98–115. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.12.003>
- Chanchay, N. P. (2014). *Cierre Técnico Y Saneamiento De Las Áreas Afectadas Por El Botadero De Residuos Sólidos Del Cantón San Lorenzo Del Pailón*. Provincia De Esmeraldas. Diciembre 2014. Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 22 de diciembre del 2019 de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7683/1/T-UCE-0012-364.pdf>
- Código Orgánico del Ambiente (2018). Art. 231.
- Constitución del Ecuador. (2008). Recuperado el 15 de octubre del 2019 de https://www.oas.org/juridico/mla/sp/ecu/sp_ecu-int-text-const.pdf.
- Díaz, J. A., & Guzmán, J. E. (2011). *Ingeniería ambiental* (Primera ed). México D.F: Alfaomega. Recuperado el 20 de diciembre de 2019 de https://www.academia.edu/39202967/Ingeniería_ambiental?email_work_card=view-paper
- Egas, J., & Ordoñez, J. (n.d.). *Plan de Intervención Ambiental Integral en las Quebradas de Quito*. Quito. Recuperado el 13 de noviembre del 2019 de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/patrimonio_natural/quebradas/plan_de_intervencion.pdf
- ELARD. (2017). *Updated master plan for the closure and rehabilitation of uncontrolled dumpsites throughout the country of Lebanon*, Volume A.
- EMASEO. (2010). *Plan de Servicio de Aseo*, Administración Zonal Calderón.

Quito. Recuperado el 10 de octubre de 2019 de http://www.emaseo.gob.ec/documentos/planes_aseo/plandeaseocalderon.pdf

Gonzalez, S. M. (1997). Producción Y Recuperación Del Biogás En Vertederos Controlados De Residuos Sólidos Urbanos: Análisis De Variables Y Modelización. Universidad de Oviedo.

Haro, J. (2015). Modelo Administrativo Para Realizar La Gestión Integral De Los Residuos Sólidos Urbanos En El Distrito Metropolitano de Quito. Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 10 de agosto de 2019 de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10378/3/CD-6177.pdf>

Knust, T., & Polo, G. (2018). Manual Quito a Reciclar, Recuperación de residuos reciclables con Inclusión Social. Quito. Recuperado el 13 de septiembre de 2019 de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Quitoa_Reciclar/Manual_Quito_a_Reciclar_1.pdf

Kontos, T. D., Komilis, D. P., & Halvadakis, C. P. (2005). *Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology*. *Science Direct*, 25, 818–832. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.04.002>

Landini, A. N. A. M., Martínez, D., Días, H., Soza, E., Agnes, D., & Sainato, C. (2007). Modelos de infiltración y funciones de pedotransferencia aplicados a suelos de distinta textura infiltration models and pedotransfer functions applied, 123–131. Recuperado el 10 de agosto de 2019 de http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_25n2/25_2_landini_123_131.pdf

Mancheno, M. G. (2014). El Habitus Ciudadano en la Relacion con la Basura: Estudio de Dos Barrios en Quito. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador. Recuperado el 5 de junio de 2019 de

<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/7515/2/TFLA-CSO-2014MGMP.pdf>

- Martinez, J. (2005). Guia para la Gestion Integral de Residuos Peligrosos. Montevideo. Recuperado el 30 de septiembre de 2019 de https://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia_para_la_gestion_integral_residuos/gestion_respel01_fundamentos.pdf
- Merizalde, M. B. (2017). 10 parroquias se capacitan en recolección de la basura. *EL COMERCIO*. Recuperado el 12 de noviembre de 2019 de <https://www.elcomercio.com/actualidad/parroquias-recoleccion-basura-competencia-gad.html>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015). Programa Nacional De Gestión Integral De Desechos Sólidos. *The Effects of Brief Mindfulness Intervention on Acute Pain Experience: An Examination of Individual Difference*, 1, 1–7. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Moreno, J. M. (s.f.). El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, Metodología Y Aplicaciones. Recuperado el 3 de enero de 2020 de [https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP\(ve_rpaginas11-16\).pdf](https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP(ve_rpaginas11-16).pdf)
- Nader Lutfi, M. (2003). Investigación Relativa a la Minimización de Lixiviados en Vertederos y su Depuración. Universidad Politécnica de Madrid.
- Organización Panamericana de la Salud. (2003). Gestión De Residuos Sólidos En Situaciones De Desastre. Serie salud ambiental y desastres, 1, 1–201. Recuperado el 10 de agosto de 2019 de http://www.bvsde.paho.org/cursoa_mrsm/e/fulltext/GRS-Desastres.pdf
- Ordenanza Metropolitana No. 41. (2015). Quito. Recuperado el 12 de diciembre de 2019 de <http://www.aeropuertoquito.com/transparencia/anexos/planOrdenamientoTerritorial/files/assets/basic-html/page2.html>
- PNGIDS. (2019). Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos

Sólidos. Recuperado el 10 de agosto de 2019 de <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

Pozo, M. R. (2016). Análisis de los beneficios de una adecuada gestión de manejo de residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado el 12 de septiembre de 2019 de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12628/TesisMauricioPozo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito. (2020). Secretaria de Ambiente. Recuperado el 14 de agosto de 2019 de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/residuos-solidos/mapas-recoleccion>

Soliz, M. F. (2011). Análisis del impacto en salud ocasionado por basurales en Ecuador . Informe 1 : botadero a cielo abierto del cantón Lago Agrio. *Alerta Naranja*, 4(abril 2011), 1–49. Recuperado el 14 de noviembre de 2019 de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4971/1/Soliz%2CF-CON032-AnalisisLagoAgrio.pdf>

Solíz, M. F. (2010). El problema de los desechos constituyen quizás el mejor ejemplo de la operación de Fuerzas Tecnológicas Destructivas., 3–6. Recuperado el 14 de noviembre de 2019 de http://www.accionecologica.org/images/stories/desechos/boletines/crisis_basura.pdf

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. (2017).

ANEXOS

Tabla 24

Formato para encuesta realizada en campo

Columna	Título de la columna	Lista desplegable asociada
1	Identificación del sitio	
2	# de fotografías	
3	Fecha de la visita	
4	Pueblo	
5	Propiedad de la tierra	
6	Nombre del propietario de la tierra	
7	Estado	Operacional No operativa
8	Tipo de basurero	Cantera excavada/superficie bajo tierra Colina o pila elaborada Basurero en valle o canales estacionales de agua. Vertedero que bordea el principal canal del río Vertedero en el acantilado de la carretera o pendiente pronunciada
9	Área total del vertedero	
10	Altura (punto más alto)	
11	Altura media	

12	Tamaño respecto a la parcela asignada.	
13	Año en que se desperdiciaron desechos	
14	Año en que los desechos dejaron de ser botados.	
15	Cantidad de residuos vertidos por día.	
16	Tipos de residuos depositados	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos Sólidos Municipales (MSW) - Residuos Peligrosos (HW) - Residuos Industriales (IW) - Residuos Médicos (MW) - Residuos de Matadero (SW) - Residuos de construcción y demolición / escombros (CDW) - Múltiple
17	Si hay varios tipos de residuos, especifique aquí.	
18	Nivel de compactación	Compactación Sin compactación
19	Configuración de gestión	Gobierno central Federación de Municipios, Acceso Controlado Federación de Municipios, Sin Control Municipio, Acceso Controlado

		Municipio, Sin Control Contratado por Municipio, Gestionado por Privado. Sector privado sin supervisión Sin gestión
20	Vía de acceso	N / A Pavimentado Sin pavimentar
21	Residuos procedentes de	
22	Visibilidad	- SI - NO
23	Formación geológica	-
24	Estructura geológica	- SI - NO
25	Fracturas Kársticas	- SI - NO
26	Quema a cielo abierto	- SI - NO
27	Frecuencia de la quema a cielo abierto	
28	Generación de Lixiviados	- Visible - No visible
29	Generación de biogás	- Visible - No visible
30	Presencia de carroñeros	- Sí - No

31	Uso del suelo de la zona	<ul style="list-style-type: none"> - Residencial - Agrícola - Industrial - Turístico - Religioso - Propiedad del rio - Otro
32	Dirección predominante del viento	
33	Presencia de hospitales en la zona.	<ul style="list-style-type: none"> - S (en caso afirmativo, pregunte cómo desechan sus desechos médicos) - N
34	Presencia de instalaciones industriales en la zona	<ul style="list-style-type: none"> - S (en caso afirmativo, preguntar cómo disponen sus residuos industriales) - N
35	Proximidad a zonas residenciales	
36	La proximidad a la casa más cercana / edificio	
37	Presencia de establecimiento informal	<ul style="list-style-type: none"> s (en caso afirmativo, pregunte cuándo se establecieron aquí) N
38	Observaciones	

Anexo 1

Ilustración 1 Foto demostrativa del hallazgo en campo en la parroquia de Guayllabamba

Anexo 2



Ilustración 2 Foto demostrativa del hallazgo en campo en la parroquia de Puellaro

Anexo 3



Ilustración 3 Foto demostrativa del hallazgo en campo junto a un río en la parroquia de Tumbaco

Anexo 4



Ilustración 4 Foto demostrativa del hallazgo en campo en la parroquia de Puellaro

Anexo 5



Ilustración 5 Foto demostrativa del hallazgo en campo en la parroquia de Guayllabamba

Anexo 6



Ilustración 6 Foto demostrativa del hallazgo en campo en la Parroquia de Calderón - San Miguel del Común

Anexo 7



Ilustración 7 Foto demostrativa del hallazgo en campo en la parroquia de Guayllabamba

