



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

SEDE  
ESMERALDAS

# **ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

## **TESIS DE GRADO**

**PROPUESTA DE SITIOS POTENCIALES PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN  
EL CANTÓN ESMERALDAS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**AGUSTÍN ALEXANDER ATIENCIA ROBLES**

**ASESORA:**

**Mgt. LUCÍA VERNAZA QUIÑÓNEZ**

**Esmeraldas – Noviembre, 2018**

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCE - Esmeraldas previo a la obtención del título de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Mgt. Felipe Carrera Villacrés  
**Presidente Tribunal de Graduación**

Mgt. Felipe Carrera Villacrés  
**Lector 1**

Mgt. Estefanía Sánchez Flores  
**Lector 2**

PhD. Jorge Velazco Vargas  
**Director de la Escuela de Gestión Ambiental**

Mgt. Lucía Vernaza Quiñónez  
**Directora de Tesis**

Esmeraldas, ..... de ..... de 2018

## **AUTORÍA**

Yo, Agustín Alexander Atiencia Robles, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtico y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCE-Esmeraldas.

FIRMA: \_\_\_\_\_

AGUSTÍN ALEXANDER ATIENCIA ROBLES

C.I. 172290249-9

## **DEDICATORIA**

*A mi familia.*

*Con mucho amor.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios y a mi familia, por el apoyo incondicional para lograr todos mis objetivos.*

*A Andrea Benítez Barro, el amor de mi vida, por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera.*

*A Mgt. Lucía Vernaza Quiñonez, mi directora de tesis, por la atención prestada y colaboración.*

*A Mgt. Estefanía Sánchez Flores y Mgt. Felipe Carrera Villacrés, mis lectores, por su delicada amabilidad al momento de contestar todas las dudas respecto al presente trabajo.*

*A Ing. Germán Sánchez, mi profesor, por su tiempo de calidad invertido en ayudarme con dudas en la presente investigación.*

*A Mgt. Elvis Bastidas, mi profesor, por su predisposición desinteresada en la dotación de información requerida para el desarrollo de la presente investigación.*

## ÍNDICE

AUTORÍA .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ABREVIATURAS.....	viii
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	ix
LISTA DE TABLAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
Presentación del tema de investigación .....	1
Planteamiento del problema.....	3
Justificación .....	3
Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos. ....	4
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	5
Bases teórico - científicas .....	5
Antecedentes.....	8
Marco Legal.....	11
CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	13

Área de estudio .....	13
Metodología .....	15
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	22
CAPITULO IV: DISCUSIÓN .....	34
CAPITULO V: CONCLUSIONES .....	37
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.....	38
REFERENCIAS.....	39
ANEXOS .....	43

## ABREVIATURAS

<b>RSU:</b>	Residuos Sólidos Urbanos
<b>EPA:</b>	Agencia de Protección Ambiental
<b>COA:</b>	Código Orgánico del Ambiente
<b>COOTAD:</b>	Código Orgánico de Ordenamiento Territorial
<b>SENPLADES.</b>	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
<b>TULSMA:</b>	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
<b>IGM:</b>	Instituto Geográfico Militar
<b>INOCAR:</b>	Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador
<b>MAE:</b>	Ministerio del Ambiente
<b>IEE:</b>	Instituto Espacial Ecuatoriano
<b>SIG:</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>QGIS:</b>	Quantum GIS
<b>PPc:</b>	Producción por habitante por día
<b>PPc prom:</b>	Producción per cápita promedio
<b>Dsd:</b>	Cantidad de RSM producidos por día
<b>V:</b>	Volumen
<b>VRS:</b>	Volumen del relleno sanitario
<b>At:</b>	Área total
<b>Ha:</b>	Hectárea
<b>Pf:</b>	Población futura

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Figura 1.</b> Área de estudio: Cantón Esmeraldas. Fuente: Instituto Geográfico Militar...	13
<b>Figura 2.</b> Zona de estudio: Tres sitios potenciales del cantón Esmeraldas. Fuente: MAE.....	14
<b>Figura 3.</b> Sitios alternativos. Fuente: Instituto Geográfico Militar.....	29
<b>Figura 4.</b> Sitio 1 Botadero Municipal de Esmeraldas. Fuente: Instituto Geográfico Militar. ....	31
<b>Figura 5.</b> Sitio 2 Sur de la ciudad de Esmeraldas. Fuente: Instituto Geográfico Militar. ....	32
<b>Figura 6.</b> Sitio 3 Parroquia San Mateo. Fuente: Instituto Geográfico Militar. ....	33

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Componentes y criterios para la selección del sitio para un relleno sanitario.....	8
<b>Tabla 2.</b> Variables escogidas como criterios de selección para la selección del sitio....	17
<b>Tabla 3.</b> Detalle de la caracterización de los residuos en el cantón Esmeraldas. ....	23
<b>Tabla 4.</b> Cálculo del volumen de la basura que se generará en 10 años. ....	25
<b>Tabla 5.</b> Sitios alternativos para la ubicación del relleno sanitario.....	27
<b>Tabla 6.</b> Calificación o puntaje de los sitios alternativos.....	28
<b>Tabla 7.</b> Orden de mérito de los sitios alternativos.....	29

## RESUMEN

Conforme pasan los años, aumenta la población y por ende incrementa el consumismo, lo cual conlleva a una mayor generación de residuos sólidos. La misma que debe tener una adecuada disposición final, siendo los rellenos sanitarios una buena alternativa, debido a que este proporciona un adecuado manejo a los residuos y presenta un mejor control manejando gases, lixiviados y minimizando la contaminación. Por lo tanto, el presente estudio se centró en proponer sitios adecuados para la instalación de un relleno sanitario en el cantón Esmeraldas mediante el diagnóstico de la composición y generación de los residuos y el análisis de criterios técnicos, sociales y ambientales para la posterior elaboración de mapas temáticos mediante los sistemas de información geográfica. Resultando una composición de 51% de residuos orgánicos, una generación per cápita de 0,69 kg/hab/día para el presente año y 0,76 kg/hab/día para el año 2028, para lo cual se estableció de los tres sitios analizados, al sitio 3 como el más óptimo para la implementación del relleno sanitario con una vida útil de 10 años. Por ende, resulta importante velar por el aprovechamiento máximo de los residuos sólidos antes de ser llevados al relleno sanitario, aplicando técnicas de compostaje, reutilización y reciclaje.

**Palabras claves:** Sitios, relleno sanitario, residuos sólidos, QGis, SIG.

## ABSTRACT

As the years progress, population increases and thus increases consumerism, which leads to increased solid waste generation. It must have adequate final disposal landfills being the good alternative, since this provides adequate management of waste and has better control driving gases, leachate and minimizing contamination. Therefore, the present study focused on proposing an appropriate site for the installation of a landfill in the canton Esmeraldas by diagnosing the composition and waste generation and analysis of technical, social and environmental criteria for further processing thematic maps using geographic information systems. Resulting in a composition of 51% organic waste, a generation per cápita of 0.69 kg / inhabitant / day for the present year and 0.76 kg / inhabitant / day for the year 2028, for which it was established from the three sites analyzed, to site 3 as the most optimal for the implementation of the sanitary landfill with a useful life of 10 years. Therefore, it is essential to ensure maximum utilization of solid waste before being taken to the landfill, using composting techniques, reuse and recycling.

**Key words:** Sites, landfill, solid waste, QGis, SIG.

# INTRODUCCIÓN

## Presentación del tema de investigación

A partir del desarrollo industrial se ha dado un incremento significativo en la generación de los residuos sólidos. A esto se le suma el crecimiento acelerado de la población, el cual conlleva a un aumento del consumismo, que juntos, han sido en gran parte las causas del incremento en la cantidad de residuos sólidos (Jaramillo, Cepeda, & Ops, 2002).

Las actividades (industriales, económicas, productivas, ocio, etc...) que las personas realizan diariamente, sin importar del tipo que estas sean, generan preocupantes cantidades de desechos que se degradan lentamente, especialmente cuando no se escoge la manera adecuada para su disposición final (Grésely, 2017).

En la gestión integral de residuos sólidos urbanos (RSU), la disposición final es el último eslabón del proceso y por lo tanto no el más idóneo, ya que se prevé antes de llegar a este la valorización y recuperación de los residuos. Debido a que a la disposición final llegan únicamente los desechos que ya no pueden ser aprovechados de ninguna forma, los impactos que generan la instalación y mantenimiento de un botadero y relleno sanitario afectan tanto a ciudades grandes y pequeñas, de zonas rurales y urbanas (Flores, Fernández, & Spanu, 2014). Dentro de los efectos negativos se consideran el deterioro del paisaje, contaminación del suelo y agua si no existe un sistema de aislamiento o geomembrana que contenga a los residuos; a la atmosfera si los gases no son retenidos; incluso efectos negativos en la salud (Girón, Mateus, & Méndez, 2009).

Cabe mencionar, que los rellenos sanitarios son considerados como una buena alternativa para la disposición final de los residuos sólidos generados diariamente, debido a que este proporciona un adecuado manejo a los residuos, y presenta un mejor control manejando gases, lixiviados y minimizando la contaminación (Armas & Yaselga, 2005).

A nivel mundial la producción de residuos sólidos está en aumento ya que, se estima que esta es mayor a un kilogramo diario por persona, lo cual es preocupante debido al constante incremento de la población (Sáez & Urdaneta, 2014). En América Latina, el 45% de los residuos que generan no cuentan con una adecuada disposición final, es decir, que no presentan un relleno sanitario y por lo tanto terminan en un botadero a cielo abierto (BID, 2015).

En Ecuador, hay 221 municipios de los cuales 72 han implementado rellenos sanitarios, donde destacan los de las ciudades de Loja, Cuenca, Guayaquil y Quito, mientras que el resto presentan botaderos a cielo abierto (Ministerio del Ambiente [MAE], 2013).

La ciudad Esmeraldas cuenta con un botadero a cielo abierto, “El Jardín”, que al no cumplir con las normas técnicas y de calidad ambiental emitidas en el informe técnico N 0040-MEA-DPE-UCA-2016 (GADMCE, 2017) y con las condiciones adecuadas para su funcionamiento, genera contaminación al ambiente y malestar a la población (Ceballo, 2016).

La construcción de un relleno sanitario para el cantón es de vital importancia, no solo para que se traten los residuos de los esmeraldeños, sino también se controlen los lixiviados y gases que se generan, para así reducir y evitar la creciente contaminación al ambiente que genera hoy en día un botadero a cielo abierto (Colmenares & Santos, 2008).

Por lo que, resultó sustancial la realización de este estudio que tuvo como propósito, la selección del sitio apropiado para la instalación de un relleno sanitario que cumpla con todos los parámetros necesarios para darle solución a la problemática anteriormente mencionada.

## **Planteamiento del problema**

El planteamiento del problema es esencialmente la gestión inadecuada de la disposición final de los residuos sólidos en el cantón Esmeraldas, debido a la falta de iniciativa por parte de las autoridades responsables del mismo.

Todo esto se debe al actual funcionamiento del botadero a cielo abierto “El Jardín”, el cual no cuenta con los requerimientos técnicos y ambientales necesarios para un correcto funcionamiento, lo cual repercute en el medio ambiente y en la comunidad esmeraldeña, provocando olores desagradables, promulgación de enfermedades, deterioro del suelo, del paisaje, entre otros (La Hora, 2013).

En atención a la problemática expuesta, se torna indispensable la búsqueda de un sitio adecuado, que cumpla los criterios ambientales, sociales y económicos correspondientes para el posterior asentamiento de un relleno sanitario.

## **Justificación**

Los residuos sólidos en el cantón Esmeraldas se han vuelto un problema con el pasar de los años, puesto que, no se les da una adecuada disposición final, lo cual, hace indispensable buscar una mejor opción para la misma. Siendo esta, la implementación de un relleno sanitario, para controlar los vectores contaminantes que afectan a la población de Esmeraldas (La Hora, 2013). Además, de la necesidad de cumplir con la meta planteada por el Programa Nacional para la Gestión Integral de desechos sólidos (PNGIDS ECUADOR), el cual establece que al cabo del 2017 se cierren todos los botaderos a cielo abierto en el país (MAE, 2013).

Los residuos que se depositan en el botadero municipal a cielo abierto “El Jardín” generan innumerables consecuencias e impactos negativos al ambiente y a la población. Debido a los olores que emana este vertedero, la propagación de vectores, contaminación del suelo, agua y aire, hace necesario el cambio de técnica de disposición

final de los residuos, un cambio por la implementación de un relleno sanitario que se encuentre en una correcta ubicación (Ceballo, 2016).

La construcción de un relleno sanitario para el cantón es de vital importancia, no solo para que se traten los residuos de los esmeraldeños, sino también se controlen los lixiviados y los gases que se generan, para así reducir y evitar la creciente contaminación al ambiente que genera hoy en día un vertedero a cielo abierto (Colmenares & Santos, 2008).

Para ello la selección del sitio se convierte en un punto o criterio de suma importancia, debido a que debe estar encaminada en todos los posibles impactos que se puedan generar en los ámbitos: social, ambiental y económico (Giménez Vera & Cardozo Carrera, 2012).

## **Objetivos**

### **Objetivo General.**

Proponer un sitio adecuado para la instalación del relleno sanitario del cantón Esmeraldas.

### **Objetivos Específicos.**

1. Diagnosticar la composición y generación de los residuos del cantón Esmeraldas.
2. Identificar las condiciones técnicas, sociales y ambientales de los sitios potenciales.
3. Cartografiar los sitios en función de los criterios para la selección del sitio.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## **Bases teórico - científicas**

### **Aspectos de la generación de residuos.**

Los residuos son cualquier producto, sustancia o materia que se deriva de las actividades antropogénicas, las cuales ya no tienen un valor funcional para mencionada actividad o para el ser humano. Estos, son provenientes de los hogares, edificios administrativos, industrias, hoteles, locales comerciales como restaurantes, entre otros (Vesco, 2006).

Por su procedencia, los residuos se clasifican en urbanos, agrarios, clínicos, radioactivos, industriales, especiales, tóxicos y peligrosos. Donde dentro de los residuos urbanos se encuentran los domiciliarios, especiales, comerciales, de servicios, de red diaria y dentro de los residuos agrarios se encuentran, los agrícolas, forestales, ganaderos e industrias agrarias (Gómez, 1995).

Por otro lado, también existe otra manera de clasificar a los residuos, según su origen, residuos domiciliarios (resto de comida, madera, papel, plástico, residuos de jardín, entre otros), residuos voluminosas (muebles, colchones, electrodomésticos y demás), residuos comerciales (papel, cartón, plástico, vidrios, restos de comida, entre otros), residuos sanitarios (material de cura, yeso, material contaminado, entre otros), residuos de construcción y demolición (madera, hormigón, escombros, etc.), residuos institucionales (papel, vidrio, restos de comida y demás), residuos de servicios municipales (producto del barrido de las calles, residuos de poda, animales muertos, entre otros), residuos industriales (metales, plásticos, chatarra, etc.), residuos universales (pilas, baterías, cartuchos de impresora), residuos agrícolas (fertilizantes, residuos de cultivo, productos agro sanitarios) (Bertolino, Fogwill, Chidiak, Cinquangelis, & Forgione, 2009).

Además, existe una clasificación de los residuos según su composición química, clasificándose así en residuos orgánicos, tales como residuos de cocina, residuos de jardines y de poda. Y los residuos inorgánicos, en los cuales se encuentran los metales, papel, cartón, vidrio, materiales textiles e inertes (Bertolino et al., 2009).

La gestión de residuos es el proceso mediante el cual actores públicos o privados logran resolver la presencia de los residuos sólidos en la naturaleza con la finalidad de evitar la acumulación de los mismos y conservar el medio ambiente (Bertolino et al., 2009).

La última etapa del ciclo de residuos o de la gestión de residuos, es la disposición final de los residuos, el cual es llevado a cabo cuando estos ya han sido previamente sometidos a separación y reducción de volumen de los mismos, el cual se efectúa en los vertederos a cielo abierto y en los rellenos sanitarios, siendo esta última la más idónea (Institucional, Integral, & Nacional, 2017).

### **Características de los rellenos sanitarios.**

Un relleno sanitario, es un sitio apropiado que cuenta con todas las condiciones técnicas y ambientales para la adecuada disposición final de los residuos sólidos, el cual proporciona una correcta y controlada degradación de los desechos evitando así los daños ambientales y la promulgación de un sinnúmero de enfermedades y conflictos sociales (Zanello, 2017).

En lo que respecta a la selección del sitio para el asentamiento de un relleno sanitario, es imprescindible analizar un sitio que presente las condiciones y criterios adecuados para la ubicación e implementación de un relleno sanitario. Aspectos tales como se muestran en la siguiente tabla (Umaña, 2016).

**Tabla 1***Componentes y criterios para la selección del sitio para un relleno sanitario (GADMCS, 2015).*

<b>Componentes y criterios para la selección del sitio para un relleno sanitario</b>		
<b>Factores económicos</b>	<b>Factores ambientales</b>	<b>Factores técnicos</b>
Distancia del área de procedencia de los desechos.	Protección de las aguas superficiales (existencia de fuentes superficiales o subsuperficiales, nacimientos de agua, etc.).	Morfología del terreno: Se prefiere la construcción en terreno plano o ligeramente inclinado; entre 3 - 12 %.
Distancia de otra infraestructura relevante (ej. lombricultura).	Valor ecológico del terreno en cuestión.	Condiciones sísmicas.
Propiedad del terreno en cuestión (valor, propiedad municipal o privada).	Proximidad a áreas habitadas.	Presencia de fallas geológicas.
Dimensiones del terreno.	Barreras naturales (taludes, bosques).	Estructura y composición del suelo (se prefieren suelos con alto porcentaje de arcilla para asegurar baja permeabilidad).
Posibilidad de extensión del relleno.	Morfología del terreno (posibilidad de evacuar las aguas lixiviadas con pendiente natural).	Vida útil del sitio.
Caminos de acceso.	Existencia de áreas protegidas	Existencia de material apropiado para la cobertura
	Nivel de las capas freáticas; se prefiere una profundidad mayor a 3 m durante todo el año.	Volumen de basura
	Climatológicas (Viento predominante, precipitación).	

Un instrumento ideal para la búsqueda del sitio más apropiado para la ubicación de un relleno sanitario, es un SIG, el cual, es una herramienta de información geográfica que permite y facilita el análisis, procesamiento y transformación de imágenes satelitales. El cual también sirve para efectuar estudios ambientales de una manera más práctica y eficiente (Sarria, 2006).

## **Antecedentes**

Con el pasar de los años, se han venido realizando varios estudios acerca de la selección de la ubicación de rellenos sanitarios, entre los cuales se destacan los siguientes:

En el año 2007, se llevó a cabo una propuesta de un sistema de gestión de residuos sólidos urbanos y la posterior ubicación del relleno sanitario en Lucre – Huacarpay en Perú. Estudio realizado por Parareda, Espada, Llena y Cerdán, los cuales se establecieron como objetivo principal, proponer un relleno sanitario que conlleve a una adecuada disposición de los residuos que se generan en la zona. La metodología usada fue básicamente la búsqueda bibliográfica, el establecimiento de criterios para selección y el análisis cartográfico de los criterios de las opciones de sitios, para así posteriormente establecer la ubicación para el nuevo relleno sanitario, el cual sea más amigable con el ambiente y que vele por el bienestar y la calidad de vida de la población (Parareda, Espada, Anna, & Cerdán, 2007).

En el año 2009, en Michoacán, México se llevó a cabo un estudio sobre los criterios ambientales y geológicos básicos para la propuesta de un relleno sanitario, donde primeramente se realizó recopilación de información para establecer la cantidad de residuos sólidos que se generan en la zona, posterior a esto se ejecutó la descripción física del lugar propuesto mediante el seguimiento de los criterios que mencionan la legislación mexicana, lo cual es indispensable para determinar la ubicación más apta para el relleno sanitario (Sánchez-Núñez et al., 2009).

Mariela Vera y Carlos Cardozo, en el año 2012, realizaron un estudio en el Área Metropolitana Alto Paraná en Paraguay sobre la localización óptima de un relleno sanitario usando técnicas multicriterio en Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde tomaron en cuenta la legislación vigente, y los criterios más adecuados para la selección de la ubicación del relleno sanitario, los cuales permitieron descartar aquellas alternativas que no cumplieran con lo anteriormente mencionado y realizar mapas temáticos. Por consiguiente, queda demostrado que la utilización de SIG y análisis multicriterio, son buenas herramientas para proponer la ubicación para la

implementación de un nuevo relleno sanitario (Giménez Veraa & Cardozo Carrera, 2012).

En Ecuador, no existen muchos estudios referentes a propuestas para la ubicación de rellenos sanitarios, sin embargo, a continuación se detallan estudios realizados en Guayaquil, Imbabura y Santo Domingo – El Carmen – La Concordia.

En el año 2008, en el Municipio de Balao ubicado en la ciudad de Guayaquil, se llevó a cabo un estudio sobre el “Manejo integral de residuos sólidos y relleno sanitario”, el cual fue incentivado por el Programa de Manejo de Recursos Pesqueros. Donde se realizó una identificación previa de opciones de sitios que pueden ser usados para la posterior implementación de un relleno, siendo así el sitio seleccionado, un terreno ubicado en el km 12 vía a San Carlos, el cual cuenta con los criterios y condiciones adecuadas para el asentamiento del relleno (De la Torre, 2008).

Posteriormente, en el año 2012 se llevó a cabo un estudio sobre factibilidad para la ubicación de un relleno sanitario regional, el cual abarcó los cantones de Santo Domingo, El Carmen y La Concordia, el cual menciona que es prioritario analizar detalladamente los lugares para la ubicación del nuevo relleno, de acuerdo a la normativa vigente, a pesar de que esta no cuenta con una legislación única y específica para el establecimiento de rellenos sanitarios en el país. Donde, el autor destaca que la implementación del mismo reducirá considerablemente los costos de la disposición final de los residuos sólidos generados en los cantones mencionados anteriormente (Benítez, 2012).

Al año siguiente, 2013, en la provincia de Imbabura se efectuó una propuesta de alternativas para la ubicación de un relleno sanitario mediante un modelo espacial, el cual se enfocó en la recopilación de información de fuentes de instituciones públicas y en el método de los criterios restrictivos, los cuales permitieron definir si determinada área era apta o no para la implementación de un relleno mediante los criterios establecidos por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente – TULSMA y por la Agencia de Protección Ambiental – EPA.

Adicionalmente, se usó el programa ARCGIS 9.3 para la creación de mapas temáticos que faciliten la selección de la ubicación del nuevo relleno sanitario (Paz, Jácome, & Cruz, 2013).

En el cantón Esmeraldas, no existen estudios significativos referentes al tema del presente proyecto de investigación, sin embargo existe uno en la Parroquia Camarones. Mencionado estudio, fue realizado en el año 2017 por Grésely, donde se definió la composición y la generación de residuos sólidos que se generan en la parroquia en conjunto con una proyección de la misma. Luego, se realizaron mapas temáticos que hicieron más fácil la búsqueda del sitio más apropiado para la ubicación del relleno sanitario. Cabe mencionar, que el asentamiento de un relleno en la parroquia Camarones, es la mejor respuesta ambiental para controlar la generación de residuos y que su ubicación debe ser tomando en cuenta los criterios que se encuentran en la legislación vigente (Grésely, 2017).

## **Marco Legal**

El presente estudio que trata sobre una propuesta de sitios potenciales para la implementación del nuevo relleno sanitario del cantón Esmeraldas se rigió de la siguiente legislación ecuatoriana.

Una de ellas es la **Constitución de la República del Ecuador**, el cual en su artículo 14 menciona que todos los ecuatorianos tienen el derecho a vivir en un ambiente sano, procurando la minimización y prevención de cualquier daño ambiental que atente contra el medio ambiente. Asimismo, el artículo 264 indica que todos los Gobiernos Municipales del país, tiene dentro de sus competencias pertinentes, el manejo de los desechos sólidos con el fin de evitar la contaminación y conservar el ambiente. Más adelante, en el artículo 397 se explica que es indispensable definir mecanismos que promuevan el control de la contaminación ambiental y la posterior prevención de los bienes y servicios ecosistémicos que nos brinda el medio ambiente. Adicionalmente, la Constitución de la República en su artículo 415, destaca que es obligación de los gobiernos descentralizados, la constante realización de programas de reciclaje y que se socialice y sensibilice a la ciudadanía sobre el correcto manejo de residuos (Constitución, 2008).

Adicionalmente, se encuentra el **Código Orgánico del Ambiente – COA**, en el cual se destaca el artículo 1 que hace referencia a la necesidad de garantizar a las personas el derecho de una vida en un ambiente sano protegiendo los derechos del buen vivir. El artículo 27, que indica en sus literales 6 y 7 la competencia de los Gobiernos Autónomos Descentralizados en temas referentes a la disposición final de los residuos o desechos sólidos y a la creación de normas y procedimientos para el mismo. También, se incluye el artículo 226 del Título V – Gestión Integral de residuos y desechos del Libro Tercero de la Calidad Ambiental, el cual menciona que la disposición final se llevará a cabo con los desechos que ya no tengan valor alguno y que ya no tengan ningún uso ni aprovechamiento y que esta se realice en las condiciones ambientales adecuadas y factibles (Asamblea Nacional, 2017).

Además, se hace referencia al **Código Orgánico de Ordenamiento Territorial – COOTAD**, el cual hace referencia en su artículo 4, la competencia que tienen los gobiernos autónomos descentralizados sobre la preservación y la restauración de la naturaleza con el fin de mantener la sustentabilidad del medio ambiente. Donde también se incluye el artículo 55, que contiene las demás competencias de los gobiernos autónomos, recalcando el manejo adecuado de los desechos sólidos y su disposición final (COOTAD, 2010).

Por otro lado, se incluye también al **Acuerdo No. 061-** Reforma del Libro VI del TULSMA, donde los artículos 55 y 57 tratan sobre las disposiciones a acatar para una adecuada gestión integral de residuos, la cual debe ser enfocada en una vista técnica, socioeconómica y ambiental. Por consiguiente, los artículos 75, 124 y 125 expresan como debe darse una disposición final de los residuos sólidos, donde es imprescindible destacar que la selección del sitio es un punto clave e importante para la disposición final debido a que estos son elegidos bajo condiciones controladas para evitar deterioro al ambiente (Ministerio del Ambiente, 2015).

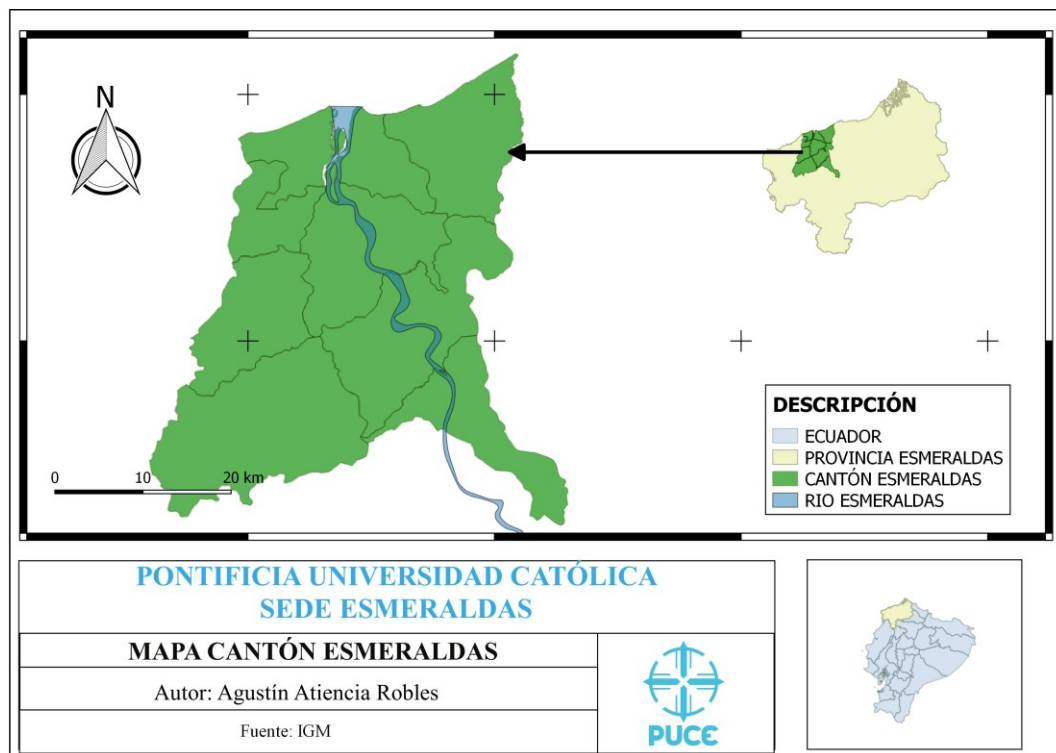
También, se encuentran las ordenanzas municipales, incluyendo la **Ordenanza de Gestión Ambiental y Control de la Contaminación para Esmeraldas**, que en su artículo 3 se refiere a la prevención y control de la contaminación por residuos líquidos los cuales afectan significativamente al medio ambiente del cantón. Y en el artículo 4, destaca las funciones y obligaciones de la Dirección General Ambiental, donde se incluye el manejo sustentable de los recursos y la prevención del ecosistema (GADMCE, 2008).

Finalmente, se encuentra el **Plan Nacional de Desarrollo “Toda una vida”**. En el cual hace referencia en su objetivo tres, la importancia de velar por los derechos de la naturaleza para las presentes y futuras generaciones, donde en las políticas 3.4 y 3.5 hace énfasis en la necesidad de incentivar a la población a que adopten buenas prácticas ambientales que ayuden a la conservación del medio ambiente, dentro de la cual se encuentra la meta de aumentar significativamente la disposición final adecuada de los residuos sólidos no peligrosos en el país para los próximos años.

## CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El cantón Esmeraldas se encuentra dentro de la provincia de Esmeraldas, Ecuador, justamente en la parte central de la provincia, la cual tiene una extensión de  $1.331 \text{ km}^2$ , que se encuentran distribuidos en las siguientes parroquias: Esmeraldas, Luis Tello, 5 de Agosto, Bartolomé Ruiz, Simón Plata Torres, Camarones, Carlos Concha, Chinca, Majua, San Mateo, Tabiazo, Tachina y Vuelta Larga (AME, 2010). Cabe destacar que, el cantón Esmeraldas, representa aproximadamente el 8.5% del total del territorio de la provincia de Esmeraldas, tal como se muestra en la figura 1.



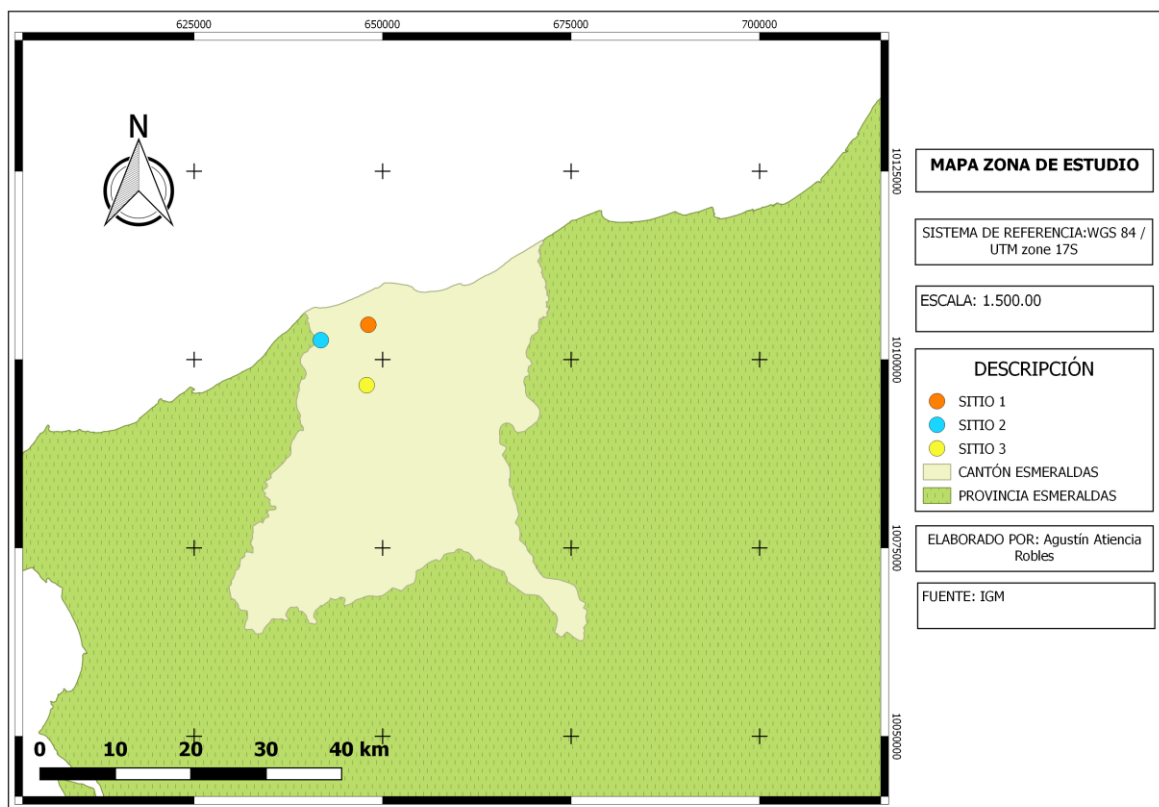
**Figura 1.** Área de estudio: Cantón Esmeraldas. **Fuente:** Instituto Geográfico Militar.

Para realizar este estudio se analizaron tres sitios dentro del cantón Esmeraldas, los mismos que se detallan a continuación (figura 2):

**Sitio 1.** Botadero municipal de la ciudad “El Jardín”.- se encuentra ubicado en la parroquia 5 de Agosto, en el km 2 de la vía que conduce desde el barrio Esmeraldas Libre hasta el redondel de Codesa, precisamente en la vía alterna que une los barrios del sur con el centro de la ciudad. Y cuenta con una extensión aproximada de 6 ha.

**Sitio 2.** Se encuentra ubicado en la parroquia Vuelta Larga, al sur de la ciudad de Esmeraldas, en la vía a los tanques de la OCP – Oleoducto de Crudos Pesados, por la entrada de la Hostería “La Pradera” (lado izquierdo).

**Sitio 3.** Se encuentra ubicado en la parroquia San Mateo, precisamente a 15 minutos de la ciudad de Esmeraldas que cuenta con un centro urbano y con 19 recintos distribuidos a lo largo de la parroquia.



**Figura 2.** Zona de estudio: Tres sitios potenciales del cantón Esmeraldas. **Fuente:** MAE

## **Metodología**

Para el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente en el estudio, se planteó la siguiente metodología.

### **Diagnóstico de la composición y generación de los residuos del cantón Esmeraldas.**

Para el cumplimiento del primer objetivo planteado se estableció la metodología sugerida por Organización Panamericana de la Salud & Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente en la Guía para caracterización de residuos sólidos domiciliarios, 2004 (OPS, 2004).

En el cual para diagnosticar la composición y generación de los residuos se realizó una revisión de información secundaria proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Esmeraldas, para así poder determinar la generación per cápita por día y la producción de residuos con la utilización de la siguiente fórmula.

- **Producción de residuos.**

$$DSd = Pob \times ppc$$

Donde: **DSd** = Cantidad de RSM producidos por día (kg/día)

**Pob** = Población total (habitantes)

**ppc** = Producción per cápita (kg/hab-día)

## **Identificación de las condiciones técnicas, sociales y ambientales mediante los criterios de selección para la ubicación de un relleno sanitario.**

Para conseguir el segundo objetivo planteado en el presente proyecto de investigación se utilizó la metodología sugerida por Morales & Rodríguez, 2016 (Morales-Soto & Rodríguez-Infante, 2016).

La cual consistió en la identificación en los criterios de selección que permitió la elección de los sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario donde se establecieron áreas no favorables y se enlistaron las áreas favorables que fueron evaluadas posteriormente, para lo cual también se tomó en cuenta el sitio donde se encuentra ubicado actualmente el vertedero “El Jardín” y dos lugares más diferentes al mismo.

Por lo tanto, se definieron 13 variables de campo (Tabla 2), tomando en cuenta los parámetros nacionales como internacionales que generalmente son usados para la selección de sitios para relleno sanitario, donde destacan los criterios establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2012, por la Organización Panamericana de la Salud y los criterios de localización señalados en el Acuerdo 061 de la reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente – TULSMA.

**Tabla 2.***Variables escogidas como criterios de selección para la selección del sitio.*

ÍTEM	Variables		Herramienta de evaluación
	Criterios de selección	Descripción	
1	Distancia a la población más cercana	Mínimo 2 km – 12 km máximo	QGIS – Regla de medición.
2	Distancia a aeropuertos	3 km	QGIS – Regla de medición.
3	Propiedad del terreno	(Público/Privado)	Registro de propiedad, Catastro municipal.
4	Caminos de acceso	Presencia de caminos de acceso a corta distancia de la mancha urbana	QGIS, recorridos en campo.
5	Pendiente del terreno	No mayor a 30%	QGIS, recorridos en campo.
6	Disponibilidad del material de cobertura	Suficiente para abastecer.	QGIS, recorridos en campo.
7	Distancia a fuentes de aguas superficiales	Lo más lejos posible de aguas superficiales, mayor a 200 m.	QGIS – Regla de medición
8	Permeabilidad del suelo	Suelo areno-arcilloso, poco permeable.	QGIS, Recorridos en campo, información secundaria, IEE.
9	Opinión pública	Favorable	Recorridos en campo, entrevistas.
10	Área natural protegida del estado	No encontrarse dentro de áreas protegidas	QGIS, Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
11	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana	Datos de estación meteorológica INOCAR.
12	Interés arqueológico	Sin interés arqueológico	QGIS, Instituto Nacional de Patrimonio Cultural
13	Presencia de fallas geológicas	Sin fallas geológicas o a 60m de una.	QGIS, Instituto Geográfico Militar

Para cada una de las variables analizadas, se determinó una herramienta de evaluación. Siendo la principal el sistema de información geográfica Quantum GIS 2.18.

Para el análisis del ítem 1, 2 y 7, se empleó la regla de medición de QGIS, la cual permitió establecer la distancia de los sitios hacia la población más cercana, aeropuertos y aguas superficiales.

El ítem 3, se lo analizó con el registro de propiedad y el catastro de la ciudad proporcionado por el Municipio de Esmeraldas, el cual permitió determinar si el terreno de los sitios seleccionados era público o privado.

Para el análisis del ítem 4, 5 y 6, se hizo uso de QGIS y se realizaron recorridos en campo.

Por otro lado, para el ítem 8, se empleó QGIS para analizar la capa de textura de suelos del cantón Esmeraldas adquirida del IEE - Instituto Espacial Ecuatoriano (Anexo 1,2 y 3), adicionalmente se realizó búsqueda bibliográfica o información secundaria y recorridos en campo para verificar lo encontrado.

Para establecer la posición de la población frente a la ubicación del nuevo relleno sanitario en los tres sitios estratégicos (ítem 9), se utilizó la técnica de investigación de entrevista, la misma que se realizó a 79 viviendas de la población más cercana. Tomando en cuenta al 10% de cada población, donde se entrevistó a 25 de 245 viviendas del Barrio “15 de Marzo” (Población más cercana del sitio 1) (Anexo 4), a 26 de 263 viviendas del Barrio “La Cananga” (Población más cercana del sitio 2) (Anexo 5), y a 28 de 277 viviendas del Recinto “Winchele” (Población más cercana del sitio 3) (Anexo 6).

En lo que respecta al ítem 10, se tomó en cuenta el SNAP – Sistema Nacional de Áreas Protegidas y el uso de las capas de áreas protegidas en QGIS para analizar la intersección de los tres sitios con las áreas protegidas del cantón. (Anexo 7)

Además, se solicitó datos desde el año 2000 al 2015 de la estación meteorológica del INOCAR – Instituto Oceanográfico de la Armada facilitado por el técnico oceanográfico, Mgt. Elvis Bastidas (Anexo 8), para la elaboración de la rosa de los

vientos (Anexo 9) que determinó la dirección predominante del viento usando el programa Microsoft Excel (ítem 11).

Finalmente, para analizar los dos últimos ítems, 12 y 13, se hizo uso de la herramienta de evaluación QGIS, y de datos del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural para el interés arqueológico e Instituto Geográfico Militar para el análisis de la presencia de fallas geológicas respectivamente.

Adicionalmente, para determinar la capacidad o el volumen del relleno sanitario, se calculó la proyección de la población (10 años) mediante la metodología empleada por Grésely, 2017 (Gresely, 2017), sustentada en la Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales de Jaramillo, 2017 (Jaramillo et al., 2002), la cual consistió en la utilización de las fórmulas para el cálculo de las mismas y el área requerida, total y tasa de crecimiento anual.

- **Volumen de residuos sólidos.**

$$V \text{ diario} = DSd / Drsm$$

$$V \text{ anual compactado} = V \text{ diario} \times 365$$

Donde: **V diario** = Volumen RS por disponer en un día (m<sup>3</sup> /día).

**V anual** = Volumen de RSM en un año (m<sup>3</sup> /año).

**DSd** = Cantidad de RSM producidos (kg/día).

**365** = Equivalente a un año (días).

**Drsm** = Densidad de los RSM recién compactados.

- **Volumen del relleno sanitario.**

$$VRS = V \text{ anual estabilizado} + m. c$$

Donde: **VRS** = volumen del relleno sanitario (m<sup>3</sup> / año).

**m. c.** = material de cobertura (20 a 25% del volumen recién compactado de RS).

- **Volumen total que ocupará el relleno durante su vida útil.**

$$VRS_{vu} = \sum_{i=1}^n VRS$$

Donde: **VRS vu** = volumen relleno sanitario durante la vida útil (m3).  
**n** = número de años.

- **Área requerida**

$$ARS = VRS / hrs$$

Donde: **VRS** = Volumen de relleno sanitario (m3 /año).  
**ARS** = área por rellenar sucesivamente (m2).  
**hrs** = altura o profundidad media del relleno sanitario (m).

- **Área total.**

$$At = F \times ARS$$

Donde: **At** = Área total requerida (m2).  
**F** = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro de linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Esto es entre 20-40% del área que se deberá rellenar.

## **Sitios potenciales en función de los criterios para la selección del sitio mediante los Sistemas de Información Geográfica.**

Para lograr el último objetivo propuesto, se utilizó la metodología empleada por Paz, Jácome & Cruz en el año 2013.

El cuál consistió en la recopilación de datos para la realización de una revisión previa junto con un análisis de la información que se encontró disponible y de libre acceso en las instituciones públicas, tales como Instituto Geográfico Militar (IGM), Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE), Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y adicionalmente de los Gobiernos Autónomos Descentralizados de la provincia y del cantón Esmeraldas.

Posteriormente se estandarizó toda la información adquirida en un único sistema de referencia y se procedió a la creación de mapas de los sitios potenciales mediante el programa Quantum GIS 2.18 (QGIS), los cuales facilitaron la identificación del lugar más idóneo para la disposición final de los residuos sólidos urbanos del cantón.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### **Diagnóstico de la composición y generación de los residuos del cantón Esmeraldas.**

#### **Composición de los residuos**

La población del cantón Esmeraldas para el año 2018 según la proyección establecida por Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, es de 214.975 habitantes. Por consiguiente; según el estudio realizado en el mismo año por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Esmeraldas (GADMCE, 2018), la composición de los residuos del cantón Esmeraldas, se encuentra liderado por los residuos orgánicos con un 51%, seguido de los residuos inorgánicos (plástico, papel, cartón) con un 49%, el mismo que se detalla específicamente en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Detalle de la caracterización de los residuos en el cantón Esmeraldas.*

<b>Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del cantón Esmeraldas</b>	
<b>Tipo de residuo</b>	<b>%</b>
Residuo alimento	19
Vegetal y fruta	21
Residuo animal	6
Papel	4
Cartón	4
Botella plástica	7
Funda plástica	3
Vidrio transparente	5
Metal	4
Madera	3
Residuos sanitarios	14
Lata	3
Trapo	4
Cabello	3
Residuos electrónicos	0
Residuos hospitalarios	0
<b>Total:</b>	<b>100</b>

**Nota:** % = porcentaje

### **Generación de los residuos**

Según el estudio realizado en el año 2018 por el GADMCE (GADMCE, 2018), la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios del cantón Esmeraldas, es de 0,69 Kg/Hab/día. La misma que aumenta el 1% anual según la Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios (Jaramillo et al., 2002).

Adicionalmente, se determinó la producción de residuos, tomando en cuenta la proyección de la población del cantón Esmeraldas de Instituto Nacional de Estadísticas y Censo - INEC, 2018. Resultando un valor de: 148.332,75 kg/día. Donde el desarrollo de la fórmula empleada se encuentra a continuación.

$$\begin{aligned}DSd &= Pob \times ppc \\DSd &= 214.975 \times 0,69 \\DSd &= \mathbf{148.332,75 \text{ kg / día}}\end{aligned}$$

### **Identificación de las condiciones técnicas, sociales y ambientales mediante los criterios de selección para la ubicación de un relleno sanitario.**

Para la identificación de las condiciones técnicas sociales y ambientales se seleccionaron 13 criterios de selección sugeridos por Morales y Rodríguez en el año 2016 (Morales-Soto & Rodríguez-Infante, 2016), los cuales abarcan aspectos desde la distancia a la población más cercana hasta la identificación de la presencia de fallas geológicas, tal como se detalla en la tabla 2.

El volumen de los residuos sólidos diario, resultó un valor de **385,05 m<sup>3</sup>** y el volumen anual estabilizado, **98.590,64 m<sup>3</sup>** . Siendo el volumen del relleno sanitario **126.699,46 m<sup>3</sup>**.

Además, el volumen total que ocupará el relleno durante su vida útil con una proyección de 10 años (año 2028) de la población según el INEC, 2010 (237.637 hab) es de: **1'339.853 m<sup>3</sup>**

El criterio de selección “área del terreno”, resultó un valor de **34,84 ha** para el área exclusiva del relleno y un área total de **41,81 ha** requerida.

Todos los valores mencionados anteriormente se encuentran reflejados en la tabla 4.

**Tabla 4.**

*Cálculo del volumen de la basura que se generará en 10 años.*

Volumen y área requerida para el relleno sanitario													
Año	Población (hab)	Ppc kg/hab/día	Cantidad de residuos sólidos		Volumen						Área requerida (ha)		
			Diaria (kg/día)	Anual (t/año)	Residuos sólidos compactados (m³)		Material de cobertura (20%) (m³)		Residuos sólidos estabilizados (anual) (m³)	Relleno sanitario (m³)		Relleno	Total
					Diaria	Anual	Diaria	Anual		Anual	Acumulada		
0	214.975	0,69	148332,75	54141,45	370,83	135353,63	74,17	27070,73	90235,76	117306,48	117306,48	2,93	3,52
1	216.901	0,70	151158,31	55172,78	374,15	136566,29	74,83	27313,26	91954,64	119267,90	236574,38	5,91	7,10
2	218.727	0,70	153955,15	56193,63	377,30	137715,99	75,46	27543,2	93656,05	121199,25	357773,63	8,94	10,73
3	220.463	0,71	156728,84	57206,03	380,30	138809,02	76,06	27761,8	95343,38	123105,18	480878,81	12,02	14,43
4	222.109	0,72	159477,99	58209,46	383,14	139845,38	76,63	27969,08	97015,77	124984,85	605863,66	15,15	18,18
5	223.664	0,73	162200,45	59203,16	385,82	140824,45	77,16	28164,89	98671,94	126836,83	732700,49	18,32	21,98
6	225.129	0,73	164895,49	60186,85	388,35	141746,85	77,67	28349,37	100311,42	128660,79	861361,28	21,53	25,84
7	226.510	0,74	167566,07	61161,62	390,73	142616,36	78,15	28523,27	101936,03	130459,30	991820,58	24,80	29,75
8	227.803	0,75	170207,82	62125,86	392,96	143430,46	78,59	28686,09	103543,09	132229,19	1124049,76	28,10	33,72
9	229.007	0,75	172818,49	63078,75	395,04	144188,53	79,01	28837,71	105131,25	133968,96	1258018,72	31,45	37,74
10	230.118	0,76	175393,47	64018,62	396,95	144888,05	79,39	28977,61	106697,69	135675,30	<b>1393694,02</b>	34,84	<b>41,81</b>

La descripción de los sitios alternativos en función de los 13 criterios se muestra detalladamente en la tabla 5, la calificación o puntaje de los mismos en la tabla 6 y el orden de mérito para la selección del sitio idóneo en la tabla 7.

**Tabla 5.***Sitios alternativos para la ubicación del relleno sanitario.*

Ítem	Criterio de selección	SITIOS ALTERNATIVOS (Calificación)		
		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
1	Distancia a la población más cercana	0,46 km	2,63 km	2,5 km
2	Distancia a aeropuertos	5 1/2 km	10 km	11 km
3	Propiedad del terreno	Pública	Privada	Privada
4	Caminos de acceso	0 km	3 km	0 km
5	Pendiente del terreno	5% - 10%	10% - 20%	15% - 25%
6	Posibilidad del material de cobertura	Buena	Muy buena	Muy buena
7	Distancia a fuentes de aguas superficiales	2 km	3,1 km	1,95 km
8	Permeabilidad del suelo	Semipermeable Franco arcilloso	Semipermeable Franco arcilloso	Semipermeable Areno arcilloso
9	Opinión pública	No favorable	Favorable	Favorable
10	Área natural protegida del estado	No se encuentra dentro de áreas naturales protegidas por el estado	No se encuentra dentro de áreas naturales protegidas por el estado	No se encuentra dentro de áreas naturales protegidas por el estado
11	Dirección predominante del viento	SO	SO	SO
12	Interés arqueológico	No incluyen áreas de interés arqueológico	No incluyen áreas de interés arqueológico	No incluyen áreas de interés arqueológico
13	Presencia de fallas geológicas	No	No	No

**Tabla 6.***Calificación o puntaje de los sitios alternativos*

Item	Criterio de selección	PUNTAJE		
		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
1	Distancia a la población más cercana	1	4	4
2	Distancia a aeropuertos	5	5	5
3	Propiedad del terreno	5	3	3
4	Camino de acceso	4	4	5
5	Pendiente del terreno	4	4	5
6	Posibilidad del material de cobertura	4	5	5
7	Distancia a fuentes de aguas superficiales	5	5	5
8	Permeabilidad del suelo	4	4	5
9	Opinión pública	1	4	4
10	Área natural protegida del estado	5	5	5
11	Dirección predominante del viento	3	4	4
12	Interés arqueológico	5	5	5
13	Presencia de fallas geológicas	5	5	5
<b>TOTAL</b>		51	58	60

Calificación	Puntaje
Muy malo	1
Malo	2
Regular	3
Bueno	4
Muy bueno	5

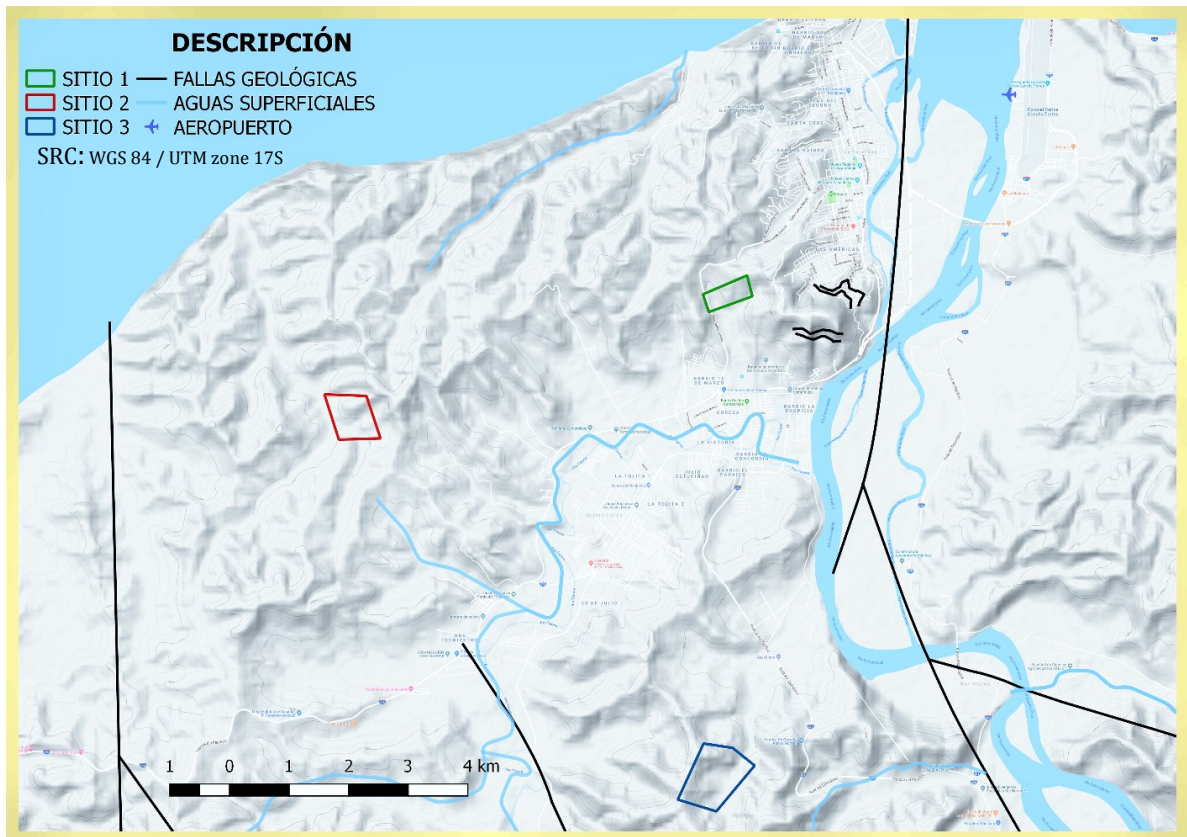
**Tabla 7.**

*Orden de mérito de los sitios alternativos*

Orden de mérito	Nombre del área	Puntaje total
1	Sitio 3	60
2	Sitio 2	58
3	Sitio 1	51

**Sitios potenciales en función de los criterios para la selección del sitio mediante los sistemas de información geográfica.**

Los tres sitios potenciales (Fig 3) que fueron analizados para la ubicación del relleno sanitario en el cantón Esmeraldas son los siguientes:



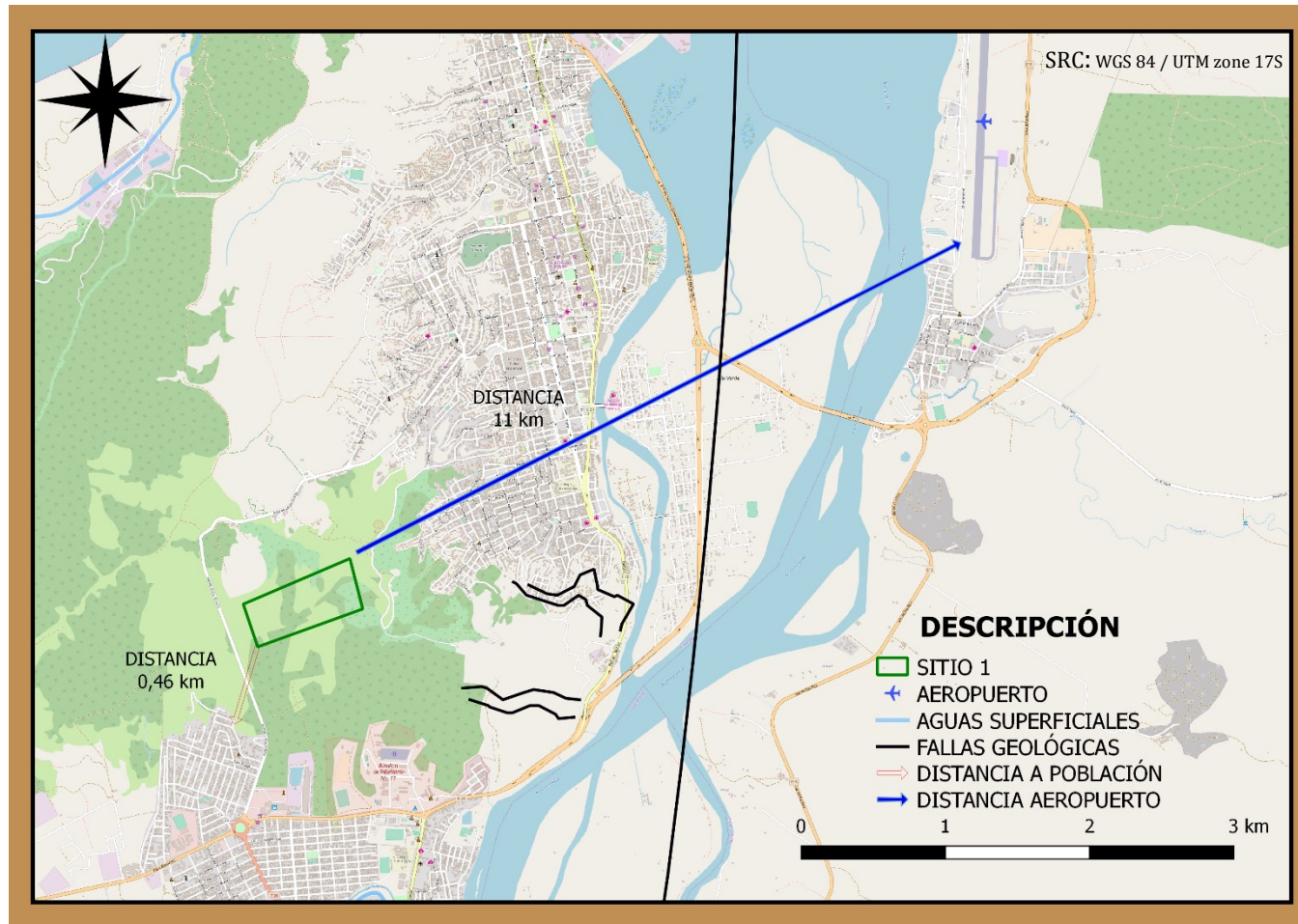
**Figura 3. Sitios alternativos. Fuente: Instituto Geográfico Militar.**

**Sitio 1.** Botadero municipal de la ciudad.

**Sitio 2.** Vía los tanques OCP, entrada de la Hostería “La Pradera” (izquierda).

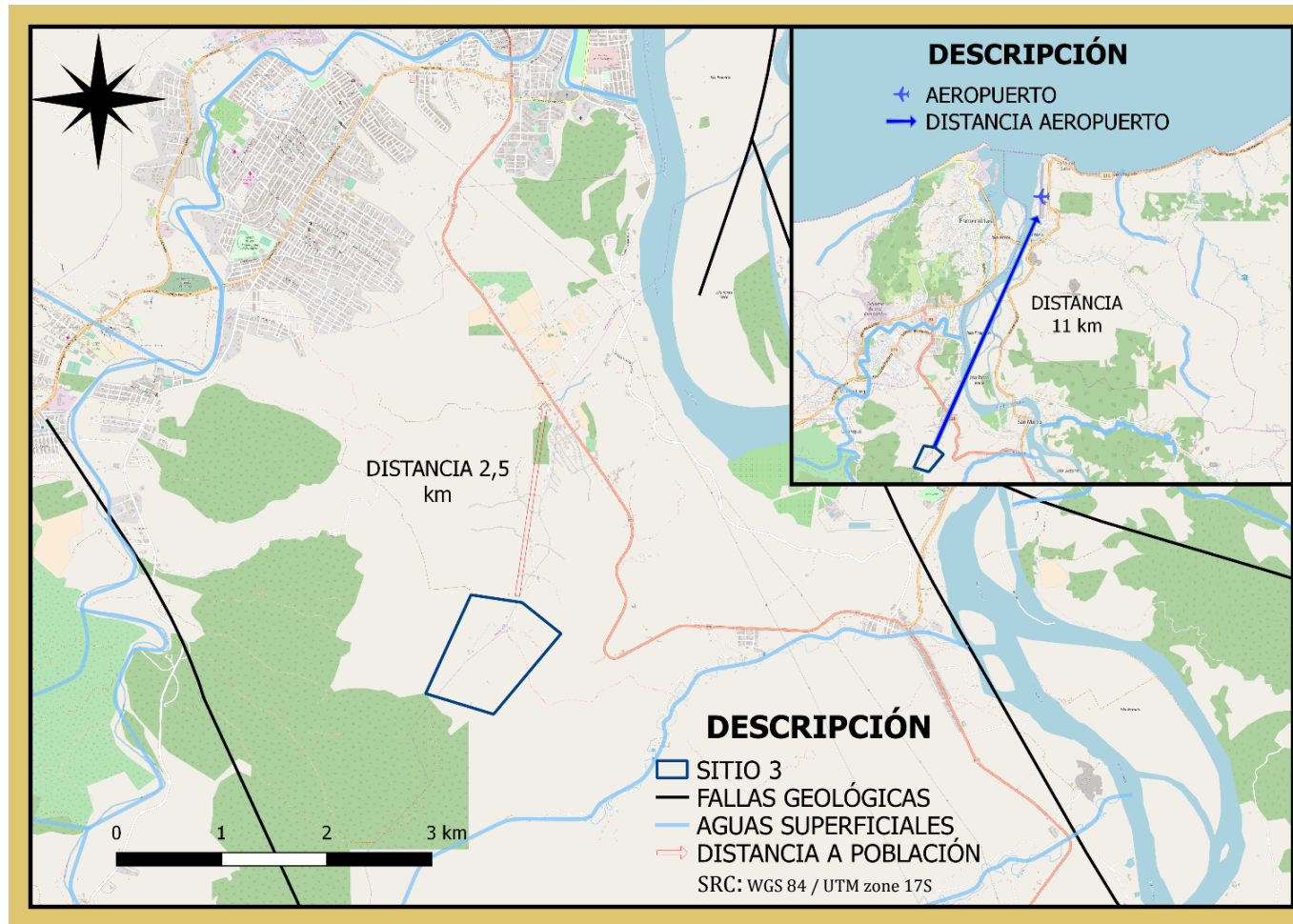
**Sitio 3.** En la parroquia San Mateo.

Los mismos que se muestran en la Figura 4, 5 y 6.



**Figura 4.** Sitio 1 Botadero Municipal de Esmeraldas. Fuente: Instituto Geográfico Militar.





**Figura 6.** Sitio 3 Parroquia San Mateo. **Fuente:** Instituto Geográfico Militar.

## CAPITULO IV: DISCUSIÓN

En Ecuador, la generación de residuos anualmente es de 4'139.512 toneladas métricas, lo mismo que se refleja en una generación per cápita diaria promedio de 0.74 kg. Donde, del total de la generación de residuos en el país, el 65% terminan en botaderos a cielos abiertos de los diferentes cantones de Ecuador y apenas el 35% de los mismos termina en rellenos sanitarios, esto debido a que lastimosamente no todos los cantones del país cuentan con una adecuada disposición de los desechos, por lo cual resulta estrictamente necesario que se vele por una adecuada gestión integral de los residuos en general (MAE, 2015).

Por consiguiente, una vez realizado el presente estudio, se logró proponer un sitio adecuado para la instalación de un relleno sanitario en el cantón Esmeraldas mediante el diagnóstico de la composición y generación de los residuos y la elaboración de mapas temáticos en base a los criterios establecidos para su selección.

Donde, para un total de 214.975 habitantes esmeraldeños, la producción de residuos del cantón es de 148.332,75 kg/día dentro de los cuales el 51% es de residuos orgánicos y 49% pertenece a residuos inorgánicos; cantón que cuenta con una generación per cápita de 0,69 kg/hab/día.

Resultados que se asemejan a los publicados por Andrea Charpentier en el año 2014, en el cual mediante la creación de una propuesta de un plan de gestión integral de residuos sólidos para la ciudad de Esmeraldas, donde indica que mediante la realización de encuestas se determinó que los residuos del cantón están caracterizados por residuos orgánicos en un 58,8%, por residuos inorgánicos en un 39,4% y de residuos peligrosos en un 1,4%, lo cual indica que con el paso de los años la caracterización de los residuos en el cantón siguen liderados por los de tipo orgánico, por lo tanto; resulta imprescindible que se implementen estrategias para tratar estos residuos, como la elaboración de compostaje para reutilizarlos y minimizar la cantidad de estos en el botadero del cantón (Charpentier & Tusó, 2014).

Además, en el año 2016, Ariana Acosta realizó un análisis ambiental del relleno sanitario del cantón Quijos de la provincia de Napo, en el mismo que la composición o caracterización de los residuos indicó que el 40% de los mismos son de tipo orgánico, 19% de plásticos, 16% de pañales, 8% cartón, 6% latas 5% papel y 3% de textiles. Resultados que de cierta forma son similares a los reflejados en el cantón Esmeraldas, donde existe una concordancia en que el mayor porcentaje de residuos corresponde a los residuos orgánicos, esto debido precisamente a que el cantón pertenece al país Ecuador, el cual se encuentra en vía de desarrollo, donde estos se caracterizan por generar en mayor cantidad residuos orgánicos que inorgánicos (MAE, 2015).

Por otro lado, al comparar los resultados con una ciudad más grande, el Distrito Metropolitano de Quito, se puede observar que el aumento en la generación per cápita de un lugar a otro es significativo, ya que Esmeraldas tiene una generación per cápita de 0.69 kg/hab/día y Quito posee una generación per cápita de 0.84 kg/hab/día, resultados que se deben exclusivamente a la mayor cantidad de habitantes y por ende, al mayor consumismo que se presenta en la ciudad. Sin embargo, a pesar de esta diferencia significativa es notable que la composición de los residuos es similar, ya que Quito presenta en su caracterización de los residuos, un 61% de tipo orgánico, resultado muy parecido al porcentaje de residuos orgánicos en Esmeraldas, 51% (GADDMQ, 2008).

Así mismo, el cantón Machala de la provincia de El Oro en comparación con el cantón Esmeraldas de la provincia Esmeraldas, en cuanto a la producción de residuos existe una diferencia significativa; ya que, en Machala se generan 179.559,56 Kg/día y en Esmeraldas, 148.332,75 kg/día. Esto debido a que la población machaleña es de 241,606 hab y la población esmeraldeña es de 214.975 hab, por lo tanto la cantidad de la población es un factor importante dentro de la cantidad mayor o menor de la generación de residuos. Para lo cual, es necesario que se tome en cuenta para la implementación de una gestión integral de los residuos la proyección de la población y de la generación para una adecuada disposición final de los desechos, preferiblemente en rellenos sanitarios (Alcivar, 2015).

Por otra parte, lo que refiere a la metodología implementada en el presente estudio en cuanto a la selección del sitio para la implementación de un relleno sanitario en el cantón, Jorge Benítez en el año 2012, realizó un estudio de factibilidad para la ubicación de un relleno en el cantón Santo Domingo, El Carmen y la Concordia, en el cual para una población total de 368.013 habitantes y con una generación per cápita promedio de 0.84 kg/hab/día estableció 14 criterios para la selección del sitio; dentro de los cuales se encuentran: distancia al centro de producción, accesibilidad al sitio, área del sitio, uso actual del sitio, pendiente, profundidad hasta la roca dura, posibilidad de material de cobertura, profundidad a tabla de agua, efecto ambiental, densidad poblacional, permeabilidad, efecto de congestión vehicular, impacto del tráfico automotor y el rechazo de la comunidad (Benítez, 2012). Criterios que se asemejan a los establecidos en el presente proyecto de investigación, tales como accesibilidad al sitio, área, pendiente, posibilidad de material de cobertura, textura del suelo y el rechazo de la comunidad o percepción social, lo cual refleja que estos criterios son de suma importancia al momento de selección un sitio adecuado para la implementación de un relleno sanitario.

En lo que respecta a los tres sitios analizados para la implementación de un relleno sanitario en el cantón Esmeraldas, el sitio 1 resultó menos óptimo en comparación con los demás sitios, por su proximidad a la población y dirección desfavorable del viento, lo mismo que ocasiona una percepción social negativa para la ubicación de un relleno en el sitio. A diferencia de los sitios 2 y 3, los cuales tienen aceptación formidable por parte de la población más cercana debido precisamente a su distancia considerable de los sitios propuestos a los poblados más cercanos, los mismos que adicionalmente cuentan con el terreno requerido y necesario para el establecimiento de un relleno sanitario y la posibilidad de incluir un área específica para la realización de compostaje para tratar los residuos orgánicos.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES**

En lo que respecta a la composición de los residuos sólidos, los orgánicos sobresalen significativamente frente a los demás tipos. Lo cual, se convierte en una oportunidad para generar ingresos económicos a través del compostaje.

La generación per cápita sufrirá un leve incremento durante los próximos 10 años debido a que aumentará el 1% anual.

Las variables identificadas permitieron determinar las aptitudes de cada uno de los sitios analizados para establecer el sitio más idóneo para la implementación del relleno sanitario.

Se determinó que los sitios 2 y 3 se encuentran aptos para la implementación de un relleno sanitario dado de que cumplen con los criterios técnicos, sociales y ambientales analizados. Donde la opinión pública no sería impedimento alguno para la ubicación de un relleno sanitario en ambos sitios.

## **CAPITULO VI: RECOMENDACIONES**

Promover la educación ambiental mediante capacitaciones, campañas y talleres informativos que tengan como objetivo concientizar a toda la población en temas de manejo de residuos sólidos (clasificación) para que en un futuro se genere menor cantidad de residuos en el cantón.

Priorizar dentro del relleno sanitario, la captación de gases que promueva el aprovechamiento energético (producción de energía) y la protección del medio ambiente y a su vez permita reducir la propagación de malos olores para evitar posibles conflictos socioambientales con las poblaciones aledañas.

Buscar alianzas para llevar a cabo la construcción de un centro de tratamiento de residuos sólidos que permita la valorización y recuperación de los residuos, a través de una planta de reciclaje, elaboración de compost como una opción para utilizar el residuo orgánico y autoclaves para el tratamiento de residuos hospitalarios; adicionalmente un sistema compactador para todos los desechos que posteriormente terminarán en el relleno sanitario. Idea que contribuirá significativamente al sector económico, social y ambiental ya que, mencionado centro convertirá los residuos en materia prima con baja huella ecológica (material reciclado con demanda comercial), además se generarán fuentes de empleo y se extenderá la vida útil del relleno sanitario para preservar el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- Alcivar, E. (2015). Manejo de los desechos sólidos en la provincia de El Oro y su impacto ambiental en los ecosistemas., *I*.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- AME. (2010). Cantón Esmeraldas.
- Armas, Y., & Yaselga, G. (2005). Estudio de la evaluación de impactos ambientales que generará la construcción del relleno sanitario de San Miguel de Ibarra, en el sector Las Tolas de Socapamba, 1–28.
- Benítez, J. (2012). Estudio de factibilidad técnica de ubicación de un relleno sanitario regional para los cantones de Santo Domingo de los Tsáchilas, El Carmen y La Concordia, 1–12.
- Bertolino, R., Fogwill, E., Chidiak, M., Cinquangelis, S., & Forgione, M. N. (2009). Participación ciudadana y gestión integral de residuos. *Ecoclubes*, *1*, 137. Retrieved from <https://www.unicef.org/argentina/spanish/EcoclubesbajaWEB.pdf>
- BID. (2015). Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Bid*, *3*. Retrieved from [https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7177/Situacion\\_de\\_la\\_gestion\\_de\\_residuos\\_solidos\\_en\\_America\\_Latina\\_y\\_el\\_Caribe.pdf?sequence=1](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7177/Situacion_de_la_gestion_de_residuos_solidos_en_America_Latina_y_el_Caribe.pdf?sequence=1)
- Ceballo, V. (2016). *Enfermedades prevalentes en los recicladores del botadero de basura El Jardín de la ciudad de Esmeraldas durante el periodo septiembre 2015 a enero 2016*.
- Charpentier, A., & Tusó, L. (2014). Propuesta de un plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos para la ciudad de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, Ecuador mediante un modelo espacial.
- Colmenares, W., & Santos, K. (2008). Generación y manejo de gases en sitios de disposición final. *IngenieriaQuimica.org*, 1–33. Retrieved from <http://www.ingenieriaquimica.org/system/files/relleno-sanitario.pdf>
- Constitución. (2008). Constitución De La Republica Del Ecuador.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- COOTAD. (2010). Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización. *Registro Oficial Suplemento 303 de 19-Oct-2010*, 174.

- Retrieved from [http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_org.pdf](http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf)
- De la Torre, F. (2008). Manejo integral de residuos sólidos y relleno sanitario de Balao.
- Flores, P., Fernández, A., & Spanu, V. (2014). Origen , repercusiones y posibles soluciones para los basurales en Buenos Aires de la actualidad .
- GADDMQ. (2008). Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito. Manejo de residuos sólidos del Distrito Metropolitano de Quito., 1, 16. Retrieved from [http://www.usfq.edu.ec/programas\\_academicos/colegios/cociba/quitoambiente/temas\\_ambientales/gestion\\_ambiental/Documents/atlas\\_ambiental\\_dmq\\_manejo\\_de\\_residuos\\_solidos.pdf](http://www.usfq.edu.ec/programas_academicos/colegios/cociba/quitoambiente/temas_ambientales/gestion_ambiental/Documents/atlas_ambiental_dmq_manejo_de_residuos_solidos.pdf)
- GADMCE. (2008). Ordenanza de Gestión Ambiental y control de la contaminación para Esmeraldas.
- GADMCE. (2017). INFORME DE NECESIDAD PARA LA CONTRATACION DE CONSULTORIA AMBIENTAL PARA CIERRE TECNICO DEL BOTADERO MUNICIPAL “EL JARDIN” DEL CANTON ESMERALDAS.
- GADMCE. (2018). Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de esmeraldas., 0–48.
- GADMCS. (2015). Estudio De Impacto Ambiental, De La Construcción Y Operación Del Relleno Sanitario Del Canton Samborondón Provincia Del Guayas. Retrieved from <http://www.samborondon.gob.ec/pdf/EIA/EIAConstruccionYOperacionDelRellenoSanitarioDelCantonSamborondon.pdf>
- Giménez Veraa, M., & Cardozo Carrera, C. (2012). Localización óptima de relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) en el área metropolitana del Alto Paraná. *VII Congreso de Medio Ambiente*, 20.
- Girón, S., Mateus, J., & Méndez, F. (2009). Impacto de un botadero a cielo abierto en el desarrollo de síntomas respiratorios y en costos familiares de atención en salud de niños entre 1 y 5 años en Cali, Colombia. *Biomédica*, (29), 392–402. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v29i3.11>
- Gómez, M. (1995). El estudio de los residuos: definiciones, tipologías, gestión y tratamiento. *Serie Geografía*, (5), 21–42. Retrieved from [http://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/1037/El\\_Estudio\\_de\\_los\\_Residuos\\_Definiciones\\_Tipologías\\_Gestión\\_y\\_Tratamiento.pdf?sequence=1](http://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/1037/El_Estudio_de_los_Residuos_Definiciones_Tipologías_Gestión_y_Tratamiento.pdf?sequence=1)
- Gresely, I. (2017). *Estudio de factibilidad para la implementación de un relleno*

*sanitario en la parroquia Camarones.*

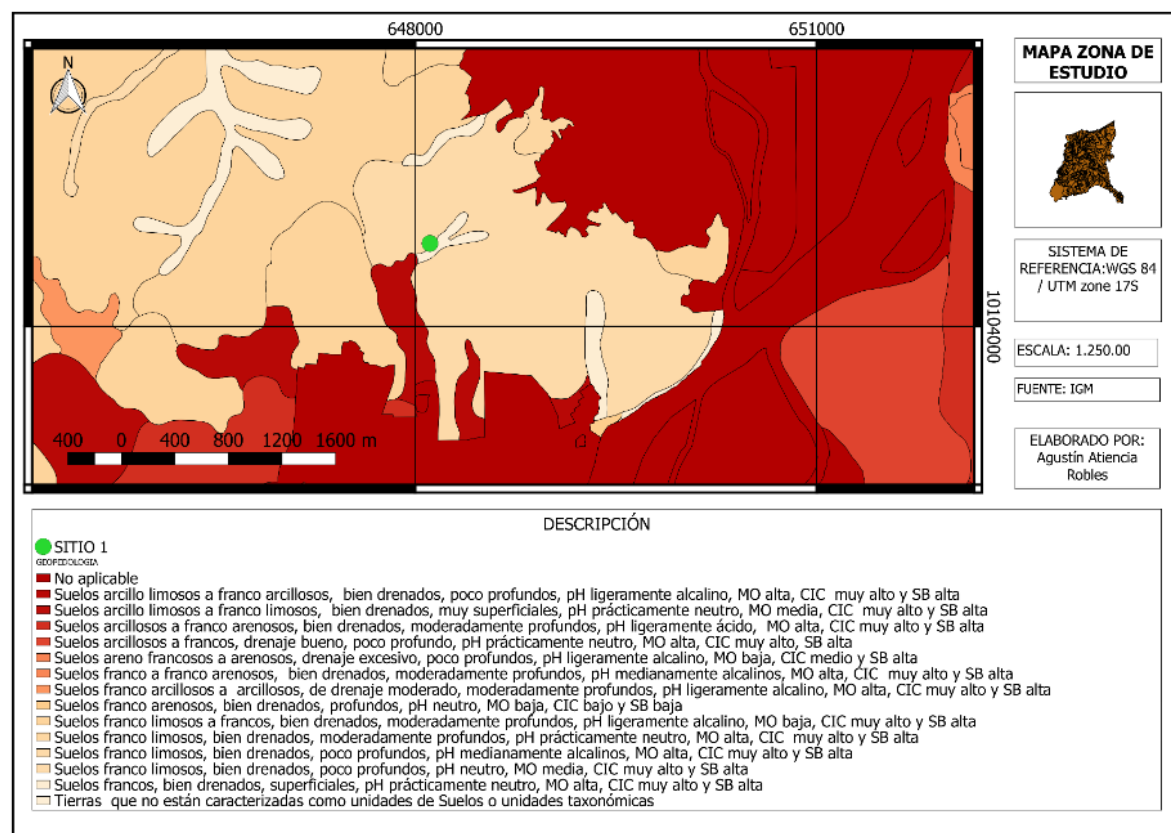
- Grésely, I. (2017). Estudio de factibilidad para la implementación de un relleno sanitario en la Parroquia Camarones.
- Hora, L. (2013). Más basura menos relleno sanitario.
- Institucional, C., Integral, M., & Nacional, N. (2017). Manual Sobre Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales.
- Jaramillo, J., Cepeda, F., & Ops. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 10. Retrieved from <http://cdam.minam.gob.pe:8080/handle/123456789/294>
- MAE. (2013). Informe De Gestión Mae-Pngids 2010-2013. 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>
- MAE. (2015). Diagnóstico de la Cadena de Gestión Integral de Desechos Sólidos-Reciclaje, (Senplades 2013), 85. Retrieved from <http://www.vicepresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2015/08/Resumen-Cadena-de-Gestion-de-Residuos-Sólidos.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria. *Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria*, 80. Retrieved from <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>
- Morales-Soto, S. E., & Rodríguez-Infante, A. (2016). Evaluación geológica ambiental para ubicar un relleno sanitario manual en la parroquia Mene de Mauroa, Venezuela. *Environmental and Geologic Assessment to Locate a Manual Sanitary Refill in the Mene de Mauroa Church, Venezuela.*, 32(2), 87–101. Retrieved from <http://cyber.usask.ca/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=117094669&site=ehost-live>
- Nacional, A. (2017). Código orgánico del ambiente, 1–92.
- OPS. (2004). Guía Para Caracterización De Residuos Sólidos Domiciliarios, 59–71. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/evaluacion/anexo2.pdf>
- Parareda, M., Espada, A., Anna, Ll., & Cerdán, M. (2007). Propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos urbanos y ubicación del relleno sanitario en Lucre -

- Huacarpay, Perú.
- Paz, G., Jácome, W., & Cruz, M. (2013). *Infraestructura para la disposición de residuos sólidos en la Mancomunidad de la Provincia de Imbabura*.
- Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia Año*, 20(3), 121–135.
- Sánchez-Núñez, J. M., Serna, J. V., Serrano Flores, M. E., Treviño, A. R., Vázquez, A. B., & Rodríguez, R. Q. (2009). Criterios ambientales y geológicos básicos para la propuesta de un relleno sanitario. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 61(3), 305–324.
- Sarria, F. A. (2006). Sistemas de Información Geográfica. *Universidad de Murcia*, 239.
- Umaña, J. G. (2016). Método Para La Evaluación Y Selección De Sitios Para Relleno Sanitario, 7.
- Vesco, L. P. (2006). Residuos Sólidos Urbanos : Su gestión integral en Argentina, 157. Retrieved from <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC071962.pdf>
- Zanello, C. M. Z. S. A. (2017). Disposición final de residuos sólidos municipales (RSM).

# ANEXOS

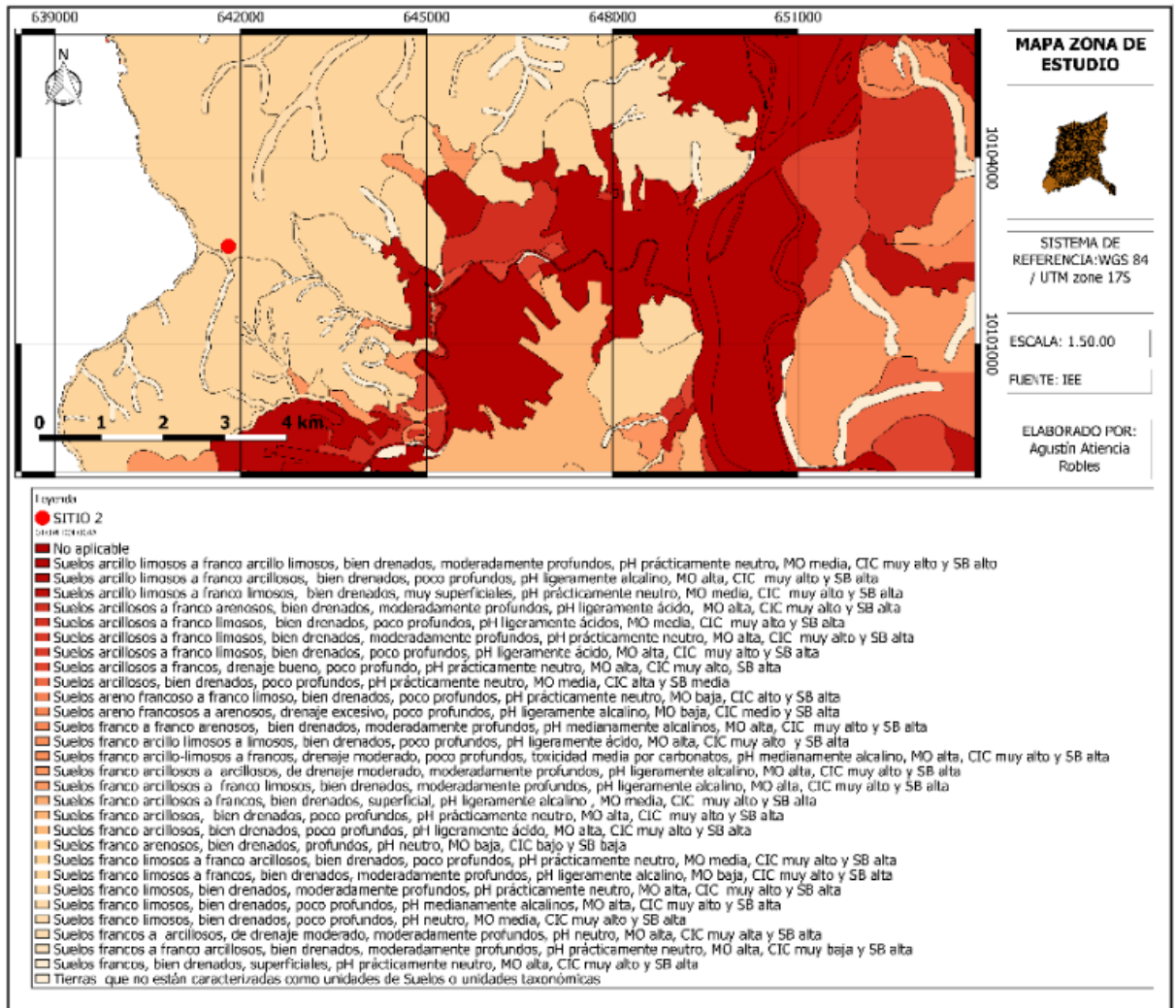
## Anexo 1

Mapa de textura de suelo del sitio 1. Fuente: IEE



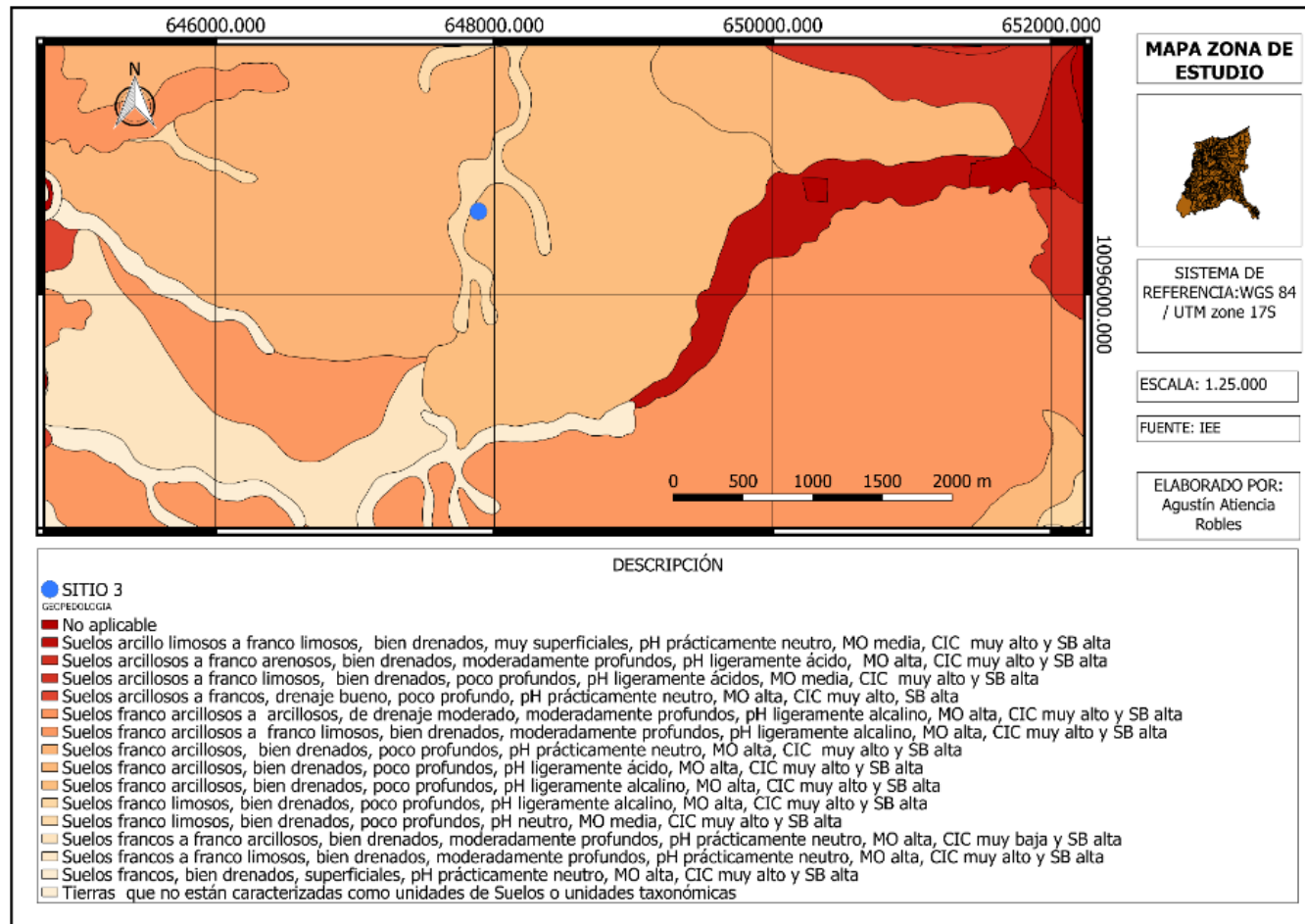
## Anexo 2

Mapa de textura de suelo del sitio 2. Fuente: IEE



### Anexo 3

Mapa de textura de suelo del sitio 3. Fuente: IEE



## Anexo 4

Entrevista a moradores de la población más cercana al sitio 1 – Barrio 15 de Marzo.



## Anexo 5

Entrevista a moradores de la población más cercana al sitio 2 – Barrio La Cananga.



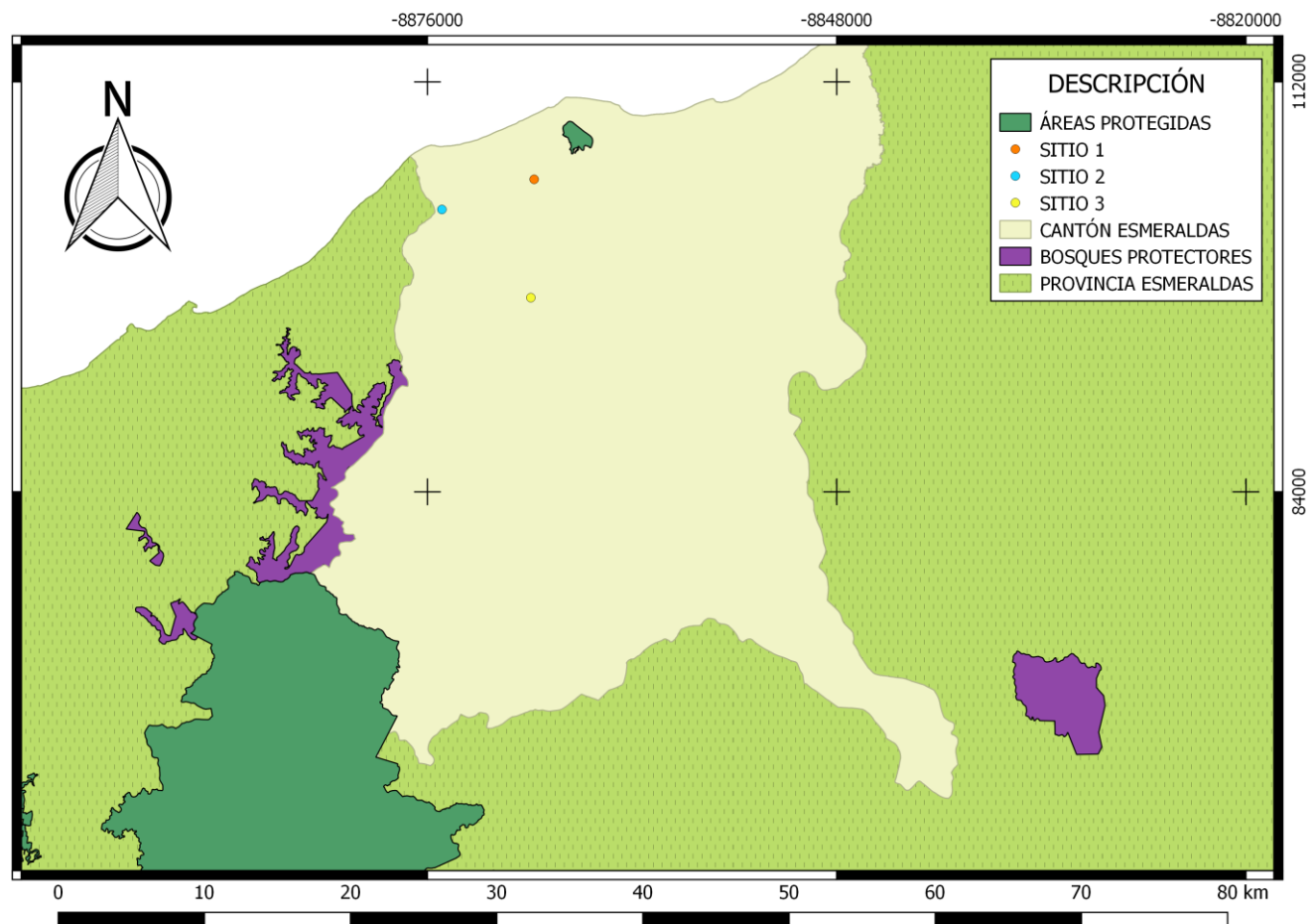
## Anexo 6

Entrevista a moradores de la población más cercana al sitio 3 – Recinto Wínchele.



## Anexo 7

Mapa de intersección de las áreas protegidas y los tres sitios potenciales.



## Anexo 8

Datos meteorológicos desde el año 2000 al 2015 de Esmeraldas. Fuente: INOCAR

<b>AÑO</b>	<b>DIRECCIÓN DEL VIENTO</b>	<b>VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)</b>
2000	SO	4,9
2001	SO	5,4
2002	SO	5
2003	SO	4,75
2004	SO	5,25
2005	SO	5,3
2006	SO	4,8
2007	SO	4,5
2008	SO	5
2009	O	6,3
2010	NO	6,4
2011	NO	5,8
2012	O	5,5
2013	NO	5,3
2014	O	4,8
2015	SO	4,17

## Anexo 9

Rosa de los vientos. Elaborado en: Microsoft Excel

