



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO  
EN EL CANTÓN ARENILLAS MEDIANTE EL ANÁLISIS  
MULTICRITERIO

IÑIGUEZ MARTINEZ ALEX ENRIQUE  
LICENCIADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

PORRAS CUN AARON ALBERTO  
LICENCIADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO  
SANITARIO EN EL CANTÓN ARENILLAS MEDIANTE EL  
ANÁLISIS MULTICRITERIO

IÑIGUEZ MARTINEZ ALEX ENRIQUE  
LICENCIADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

PORRAS CUN AARON ALBERTO  
LICENCIADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TRABAJO TITULACIÓN  
PROYECTO INTEGRADOR

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO EN EL  
CANTÓN ARENILLAS MEDIANTE EL ANÁLISIS MULTICRITERIO

IÑIGUEZ MARTINEZ ALEX ENRIQUE  
LICENCIADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

PORRAS CUN AARON ALBERTO  
LICENCIADO EN GESTIÓN AMBIENTAL

MAZA JAIME ENRIQUE

MACHALA, 23 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA  
2020

# ZONIFICACION DE ÁREAS POTENCIALES PARA UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN ARENILLAS, MEDIANTE UN ANÁLISIS DE MULTICRITERIO, APLICANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[www.planetariodebogota.gov.co](http://www.planetariodebogota.gov.co)

Fuente de Internet

<1%

2

[worldwidescience.org](http://worldwidescience.org)

Fuente de Internet

<1%

3

[www.safariclubcat.es](http://www.safariclubcat.es)

Fuente de Internet

<1%

4

[repositorio.uladech.edu.pe](http://repositorio.uladech.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, INÍGUEZ MARTINEZ ALEX ENRIQUE y PORRAS CUN AARON ALBERTO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado ZONIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN ARENILLAS MEDIANTE EL ANÁLISIS MULTICRITERIO, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

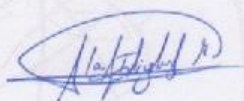
Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 23 de diciembre de 2020



INÍGUEZ MARTINEZ ALEX ENRIQUE  
0704409341



PORRAS CUN AARON ALBERTO  
0704713437

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo académico a Dios primero, por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para salir adelante y cumplir las metas y objetivos que me he trazado, a mis padres por apoyarme en el camino de la vida, por sus palabras de aliento y sus consejos, a mis hermanas por ser ejemplo de dedicación, esfuerzo y superación al alcanzar ya algunos logros importantes en sus vidas.

*Alex Enrique Iñiguez Martinez*

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico principalmente a mi madre por ser parte fundamental en mi vida y además que con su ejemplo forma parte de mi inspiración para seguir estudiando. A mi tío Fangio que por circunstancias de la vida ya no está conmigo durante este proceso académico y donde quiera que esté, que sepa que lo logré. A mi tío Víctor que con sus valores y principios morales me ha encaminado durante el transcurso de mi vida. Así como también a mis demás familiares cercanos a mí.

*Aaron Alberto Porras Cun*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primordialmente a Dios, por guiar cada uno de mis pasos y permitirme llegar hasta donde he llegado, gracias a Él por su gracia y por darme la fortaleza para enfrentar cada obstáculo presente en mi camino. A mis padres por su apoyo incondicional, especialmente a mi madre por su esfuerzo y sacrificio diario para ayudarme a culminar mi carrera, muestra de su amor infinito. A mis hermanas por impulsarme con sus palabras a conseguir mis logros.

Agradezco también a la Universidad Técnica de Machala por abrirme las puertas en la carrera que escogí, y finalmente agradezco a los docentes, que han dedicado tiempo y esmero impartiendo sus conocimientos, especialmente al Ing. Jaime Maza, tutor de tesis y amigo, quien con su apoyo y ejemplo formó parte importante para alcanzar mi objetivo profesional.

*Alex Enrique Iñiguez Martinez*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica de Machala, por haberme aceptado ser parte de ella y estudiar la carrera Gestión Ambiental en la Unidad Académica de Ciencias Sociales; así como también a todos los docentes que fueron parte de mi formación académica.

De la misma manera a mi tutor de tesis Ing. Jaime Maza por haberme compartido parte de sus conocimientos, siendo un apoyo fundamental para la elaboración de este trabajo.

*Aaron Alberto Porras Cun*

## RESUMEN

Los lugares para la disposición de desechos sólidos tienen gran importancia dentro de los procesos de gestión ambiental y planificación territorial de los municipios debido a las implicaciones, sociales, económicas y ambientales. El crecimiento demográfico conlleva al progreso de las ciudades y el desarrollo de actividades económicas, pero también ocasiona un aumento en la generación de desechos, los cuales deben ser destinados en sitios con varias especificaciones. La disposición final de los residuos sólidos resulta un problema común para los países en vías de desarrollo, este problema resulta aún más complejo en ciudades pequeñas y en zonas rurales que no cuentan con suficientes recursos, lo que deriva en la creación de botaderos a cielo abierto, arrendamiento de rellenos en otras ciudades, o la improvisación de lugares sin ningún estudio técnico para tal fin.

El cantón Arenillas actualmente cuenta con un botadero a cielo abierto que cumplió con su tiempo de vida útil y no se ha realizado un estudio que cumpla con los criterios establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana, por ello, se propuso una zonificación de áreas óptimas para el emplazamiento de un relleno sanitario en el cantón, a través de un análisis multicriterio, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Por consiguiente, se ha diseñado el presente proyecto integrador a través de la siguiente estructura: en el capítulo uno se utilizó dos matrices, una para la verificación del cumplimiento de la normativa ambiental ecuatoriana de la disposición de residuos sólidos en botaderos a cielo abierto, y otra matriz de causa – efecto para la identificación posibles impactos ambientales. Con base en el análisis de las matrices se pudo constatar varios problemas como el incumplimiento de la normativa en varios criterios considerados y la identificación de impactos negativos que ocasionan afectaciones sobre la parte social y sobre los recursos aire, agua y suelo, esto a causa principalmente de la mala ubicación del actual botadero.

En el capítulo dos se procedió a establecer la propuesta integradora, la cual busca dar solución a la problemática a través de una zonificación de áreas óptimas para la implementación de un relleno sanitario en el cantón Arenillas, mediante el análisis multicriterio. Los resultados se obtuvieron considerando los criterios establecidos en la normativa del Libro VI, Anexo VI



del TULSMA y el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Así mismo, se consideró tres criterios de restricción, la distancia a áreas naturales protegidas, fallas geológicas y zonas susceptibles a inundación. Por último, se efectuó una reclasificación de zonas en base a la densidad poblacional proyectada 22 años y una reclasificación más, considerando el lugar con mayor procedencia de desechos sólidos.

Finalmente, en el capítulo tres se realizó el análisis de factibilidad de la propuesta integradora mediante la utilización de herramientas, cuyo resultado demostró la viabilidad en sus cuatro dimensiones: técnico, social económico y ambiental.

En conclusión, el análisis multicriterio permitió determinar los componentes, los cuales fueron ponderados y calificados de acuerdo a los requerimientos que establece la normativa ambiental para la ubicación óptima de un relleno sanitario de tipo mecanizado, y que se podría implementar en el cantón Arenillas, con el propósito de mejorar la calidad de vida de la población y preservar el medio ambiente.

**Palabras clave:**

Desechos sólidos, relleno sanitario, SIG, botadero, normativa ambiental

## ABSTRACT

Places for the disposal of solid waste are of great importance within the environmental management and territorial planning processes of municipalities due to the social, economic and environmental implications. Population growth leads to the progress of cities and the development of economic activities, but it also leads to an increase in waste generation, which must be earmarked at sites with various specifications. The final disposal of solid waste is a common problem for developing countries, this problem is even more complex in small towns and in rural areas that do not have sufficient resources, resulting in the creation of open pit dumps, the leasing of fillers in other cities, or the improvisation of places without any technical study for this purpose.

The canton Arenillas currently has an open pit dump that met its lifespan and a study has not been carried out that meets the criteria established in Ecuadorian environmental regulations, so it was proposed a zoning of optimal areas for the placement of a landfill in the canton, through a multi-criteria analysis, using Geographic Information Systems (GIS).

Therefore, this integrative work has been designed through the following structure: chapter one used two matrices, one for verification of compliance with Ecuadorian environmental regulations of the disposal of solid waste in open pit dumps, and another cause matrix – effect for the identification of possible environmental impacts. Based on the analysis of the matrices, a number of problems could be found such as non-compliance with the regulations in several criteria considered and the identification of negative impacts that cause impacts on the social part and on air, water and soil resources, mainly due to the poor location of the current dump.

Chapter two carries out the integrative proposal, which seeks to solve the problem through a zoning of optimal areas for the implementation of a landfill in the canton Arenillas, through multicriteria analysis. The results were obtained by considering the criteria set out in the rules of Book VI, Annex VI of TULSMA and the use of Geographic Information Systems (GIS). In addition, three restriction criteria were considered, the distance to protected natural areas, geological faults and flood zones. Finally, a reclassification of areas was carried out on the basis of the projected population density of 22 years and a further reclassification, considering the place with the greatest source of solid waste.

Chapter Three carried out the feasibility analysis of the inclusive proposal through the use of tools, the result of which demonstrated viability in its four dimensions.

In conclusion, the multi-criteria analysis made it possible to determine the components, which were weighted and qualified according to the requirements established by environmental regulations for the optimal location of a machined type landfill, and which could be implemented in the canton Arenillas.

**Keywords:**

Solid waste, landfill, GIS, dump, environmental regulations

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I.- DIAGNÓSTICO DEL OBJETO DE ESTUDIO .....	15
1.1    Concepciones, normas o enfoques de diagnóstico.....	15
1.1.1    Concepciones .....	15
1.1.2    Normativa del objeto de estudio .....	21
1.1.3    Enfoque Diagnóstico .....	23
1.2    Descripción del proceso diagnóstico.....	23
1.2.1    Descripción del Área de estudio.....	24
1.2.2    Metodología .....	30
1.3    Análisis de contexto y desarrollo de la matriz de requerimientos.....	35
1.3.1    Análisis del contexto .....	35
1.3.2    Matriz de requerimientos .....	37
1.4    Selección del requerimiento a intervenir: justificación .....	38
CAPITULO II. PROPUESTA INTEGRADORA .....	39
2.1    Descripción de la propuesta.....	39
2.2    Objetivos de la propuesta .....	40
2.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	40
2.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	40
2.3    Componentes estructurales .....	41
2.3.1    Recolección de la información cartográfica en base a los criterios del Libro VI, Anexo VI del TULSMA para el emplazamiento de un relleno sanitario. ....	41
2.3.2    Analizar cada uno de los criterios y variables de estudio, establecidos en el Libro VI, Anexo VI del TULSMA para el emplazamiento de un relleno sanitario. ....	42
2.3.3    Elaborar un mapa temático de las zonas óptimas mediante el análisis de los criterios (multicriterios) para el emplazamiento del relleno sanitario. ....	53
2.4    Fases de implementación.....	61
2.5    Recursos logísticos .....	62
CAPITULO III. VALORACIÓN DE FACTIBILIDAD .....	63
3.1    Análisis de factibilidad de la dimensión técnica de la propuesta .....	63
3.2    Análisis de factibilidad de la dimensión económica de la propuesta .....	65
3.3    Análisis de factibilidad de la dimensión social de la propuesta .....	66
3.4    Análisis de factibilidad de la dimensión ambiental de la propuesta.....	68
CONCLUSIONES .....	69

RECOMENDACIONES .....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de ubicación .....	19
Tabla 2. Clasificación de Usos del suelo.....	27
Tabla 3. Escala de ponderaciones del criterio pendiente.....	42
Tabla 4. Escala de ponderaciones del criterio cuerpos hídricos.....	44
Tabla 5. Escala de ponderaciones del criterio centros poblados, zonas urbanas y rurales. ....	45
Tabla 6. Escala de ponderaciones del criterio vías.....	47
Tabla 7. Escala de ponderaciones del criterio de uso de suelo.....	48
Tabla 8. Escala de ponderaciones del criterio aeropuerto .....	49
Tabla 9. Escala de ponderaciones del criterio de permeabilidad del suelo. ....	51
Tabla 10. Criterios de restricción .....	54

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Normativa legal aplicable.....	21
Cuadro 2. Matriz de cumplimiento de la normativa.....	30
Cuadro 3. Identificación de factores ambientales .....	32
Cuadro 4. Rango porcentual y nivel de significancia de impactos.....	33
Cuadro 5. Matriz Causa- efecto.....	34
Cuadro 6. Matriz de requerimientos.....	37
Cuadro 7. Proyección poblacional del cantón Arenillas .....	56
Cuadro 8. Zonas de mayor idoneidad con superficies mayores a 11 ha.....	57
Cuadro 9. Clasificación de zonas optimas de acuerdo al centro de gravedad de procedencia de desechos solidos .....	58
Cuadro 10. Fases de implementación.....	61
Cuadro 11. Recursos logísticos .....	62

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del área de estudio; a) ubicación de la provincia de El Oro, b) ubicación del cantón Arenillas, c) ubicación del botadero a cielo abierto Guarupal del GAD de Arenillas.....	25
Ilustración 2. Mapa de Relieve.....	26
Ilustración 3. Mapa Geológico.....	26
Ilustración 4. Mapa de uso y cobertura de suelo.....	28
Ilustración 5. Recopilación de información cartográfica.....	41
Ilustración 6. Mapa de ponderaciones del criterio de pendiente.....	43
Ilustración 7. Mapa de ponderaciones del criterio de cuerpos hídricos.....	44
Ilustración 8. Mapa de ponderaciones del criterio de zona urbana y rural.....	45
Ilustración 9. Mapa de ponderaciones del criterio de centros poblados.....	46
Ilustración 10. Mapa de ponderaciones del criterio de vías.....	47
Ilustración 11. Mapa de ponderaciones del criterio de uso de suelo.....	48
Ilustración 12. Mapa de ponderaciones del criterio de aeropuerto.....	50
Ilustración 13. Mapa de ponderaciones del criterio de permeabilidad del suelo.....	52
Ilustración 14. Reclassificación en base a la clase textural.....	52
Ilustración 15. Mapa preliminar de zonas optimas.....	53
Ilustración 16. Mapa de zonas optimas aplicando los criterios de restricción.....	55
Ilustración 17. Mapa de zonas optimas con áreas mayores a 11 ha.....	57
Ilustración 18. Mapa del centro de mayor procedencia de desechos sólidos.....	59
Ilustración 19. Mapa final de zonas óptimas para un relleno sanitario.....	60
Ilustración 20. Matriz de análisis de involucrados.....	63
Ilustración 21. Costos evitados en la selección del sitio idóneo para un relleno sanitario.....	65
Ilustración 22. Análisis FODA.....	67

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Inadecuada disposición de desechos.....	81
Anexo 2. Acumulación de desechos especiales.....	81
Anexo 3. Presencia de vectores en el botadero.....	82
Anexo 4. Cierre técnico del antiguo botadero.....	82
Anexo 5. Distancia del botadero con respecto a la última casa.....	83
Anexo 6. Acta de entrega de información digital.....	84

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la población mundial en las últimas décadas, ha ocasionado un descontrolado incremento en el volumen de desechos sólidos; lo cual pone en riesgo la capacidad de resiliencia de la naturaleza para asimilar y mantener un equilibrio ambiental. La inadecuada gestión de los desechos sólidos está ocasionando graves problemas ambientales a nivel mundial, derivado por el mal funcionamiento de los rellenos sanitarios, considerando como un grave problema ambiental en nuestra sociedad actual (Navarro, 2016). Pese a que existen leyes, recursos y tecnología, estas no se cumplen a cabalidad; es decir, no se utilizan para mitigar los impactos ambientales.

Por lo anterior, es preciso manifestar que la implementación de un relleno sanitario tiene gran importancia en torno a las dimensiones, social, económica y ambiental, puesto que mejora la calidad de vida de la población en cuanto a salubridad, genera fuentes de trabajo y se resguarda los principales recursos como aire, agua y suelo. Para obtener una adecuada disposición de los residuos sólidos es necesario e importante contar con un área específica para dicho proceso, siguiendo las normas y criterios técnicos establecidos en la legislación ambiental vigente. Todo esto se fundamenta en el derecho que tiene la población a vivir en armonía consigo misma y con la naturaleza, estipulado en la Constitución del Ecuador en su artículo 14, donde también “se declara interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” Constitución del Ecuador (2008).

El Ecuador a través del Ministerio del Ambiente (MAE) crea en desde el año 2010 el Programa Nacional Para La Gestión Integral De Desechos Sólidos (PNGIDS), cuya meta propuesta era que el 70% de la población disponga del manejo adecuado de sus desechos en un relleno sanitario para el año 2014; puesto que no todos los municipios podían cumplir con las exigencias del Gobierno Nacional, el plazo se extendió para el año 2017, cuyo objetivo esta vez era eliminar todos los botaderos del país. De acuerdo con datos del (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2016) en un informe ambiental en el año 2016, manifiesta que el 43,44 % de los municipios (96) manejaron técnicamente los desechos sólidos en rellenos sanitarios; el 20,81% (46) GAD municipales cuentan con celda emergente



para la disposición final de la basura y el 35,75% (79) GAD municipal disponen sus desechos en botaderos. En el mismo informe el INEC, revela que la producción per cápita de residuos sólidos a nivel urbano en el Ecuador es de 0,58 Kg/hab/día, lo que representa un aproximado de 12, 897, 98 toneladas diarias.

De acuerdo con el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), define al relleno sanitario o como comúnmente se lo conoce “lugar para la disposición final de la basura”, como un método en base a principios de ingeniería, en la que la resulta una infraestructura de obra civil con la capacidad de almacenar los desechos sólidos de una población, en la cual se lleva a cabo un previo tratamiento antes de su confinamiento y que tiene un tiempo de vida útil determinado (MAE, 2015). Este método debe de manejarse bajo normas técnicas de operatividad e infraestructura, regidos en la normativa Ambiental vigente, con la finalidad de salvaguardar la salud pública y evitar perjuicios ambientales

El manejo de los residuos sólidos sigue siendo un problema hasta la actualidad, debido a que no se ha cumplido con las metas trazadas en las políticas propuestas por las autoridades competentes y no se registra datos actualizados desde el año 2016, puesto que hasta esa fecha sigue habiendo municipios que incumplen con la normativa y otros que medianamente la cumplen, tal es el caso del cantón arenillas que cuenta con 2 celdas emergentes para la disposición final de sus desechos. Según Molano (2019) manifiesta que para que se dé un manejo de desechos sólidos, debe seguirse un proceso que va desde: el barrido de las calles, la recolección en los domicilios, el reciclaje y por último la separación, clasificación y disposición final en los rellenos sanitarios; esto hace parte del término que hoy en día se lo conoce como “gestión integral de desechos”. Así mismo es importante considerar aspectos físicos del lugar, para el emplazamiento de un relleno sanitario.

Bajo este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar los impactos socio ambientales y criterios del botadero del cantón Arenillas, mediante el análisis de la normativa de TULSMA y matriz de causa-efecto, información que permitirá identificar la problemática en cuanto a su funcionamiento y ubicación, para una correcta toma de decisiones y planificación por parte de las autoridades competentes.

## **CAPÍTULO I.- DIAGNÓSTICO DEL OBJETO DE ESTUDIO**

### **1.1 Concepciones, normas o enfoques de diagnóstico**

#### **1.1.1 Concepciones**

##### **❖ Relleno sanitario**

Como afirma Ulloa (2006) para que se lleve a cabo un manejo adecuado de la basura, esta debe ser confinada en un relleno sanitario. Esta técnica que consiste en la disposición de capas de basura compactadas una tras otra, para luego ser recubiertas por una capa de suelo evitando así la contaminación; esto se lo hace sobre la superficie de un suelo previamente impermeabilizado, para evitar que contaminantes líquidos producto de la degradación de la materia se filtren hacia los acuíferos.

Sin embargo, desde el punto de vista de Salazar y Hernández (2018) consideran que durante el auge de la Revolución Industrial y el avance tecnológico hubo un considerable incremento en la producción de bienes y servicios; por tal motivo esto se asocia a la generación de residuos de diferente naturaleza y que hoy en día se ha convertido en un problema ambiental por falta de una adecuada disposición final.

Por otro lado, Vega y Herrero, (2017) manifiestan que los rellenos sanitarios han sido implementados a gran magnitud en todo el mundo, aunque su tendencia ha ido disminuyendo debido a la falta de lugares adecuados o la disponibilidad de terreno, así también los costos de tecnología para la impermeabilización de los mismos para la contención de lixiviados y para el control de gases tóxicos.

Así mismo, Maldonado, Chona, y Cajiao, (2017) afirman, uno de los impactos ambientales negativos de los rellenos sanitarios se asocia principalmente con la producción de lixiviados que se generan a partir de la compactación de residuos y escorrentía de aguas lluvias que se combinan con reacciones químicas y biológicas producidas en las celdas que contienen los desechos.

### ❖ **Residuos sólidos**

Para Sandoval, Ramirez y Cuarán (2015) los residuos sólidos se consideran como aquellos materiales mezclados de diversa naturaleza (orgánica o inorgánica) y que poseen propiedades mecánicas sujetas a constantes cambios. Como producto de la degradación de la materia, dejan como resultado lixiviados y gases.

Batista, Castro, y Maldonado, (2019) definen a los residuos sólidos o desechos como cualquier producto que fue generado en los procesos de extracción, servicio, transformación, consumo, control o tratamiento, que es inútil reutilizarlo al no presentar la misma calidad que en el momento que se generó, poder ser cualquier material o mezcla de sustancias al que debe aplicarse un manejo adecuado o disposición final.

Por otro lado, Navarro (2016) lo define como aquellos residuos provenientes de actividades domésticas, comerciales, industriales y de salud. Estos pueden ser considerados como peligrosos y no peligrosos de acuerdo a su procedencia y que generalmente se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente.

Por lo anterior, Cervetto y Moreira, (2017) manifiestan, la sociedad en general demanda un sistema integral para la gestión de residuos sólidos que garantice el bienestar social y la protección de los recursos naturales, es decir, que sea sustentable y prevenga la contaminación ambiental, todo esto debe ir acorde a los requerimientos que se establecen en la normativa ecuatoriana.

### ❖ **Problemática por mala gestión de residuos sólidos**

Como afirman Gran y Bernache (2016), la contaminación que se produce por una mala gestión de residuos sólidos en las ciudades, puede ocasionar efectos negativos en la salud y el ambiente.

Así mismo, Reynaldo e Igarza, (2016) mencionan, con el desarrollo social y crecimiento de actividades económicas en los sistemas urbanos desde inicios de la industrialización, aparece un nuevo problema a escala mundial: la contaminación por desechos sólidos a causa de la inexistencia de un sistema de gestión de dichos residuos.

Por otro lado, Castillo, Maya, & García, (2016) alegan, en la mayoría de territorios que presentan deficientes avances tecnológicos, los problemas con el manejo y disposición final de residuos sólidos repercuten en afectaciones sobre las dimensiones económica, social y ambiental, por lo que ha sido denominado un problema multidimensional.

De acuerdo con los autores Fazenda y Tavares (2016) la inapropiada gestión de los desechos sólidos es una de las principales causas de los problemas sociales, económicos y ambientales. A medida que la población, la ciencia y tecnología va aumentando, la problemática de sigue agravando a excepción de países donde la legislación ambiental si se hace cumplir.

#### ❖ **Botaderos a cielo abierto**

De acuerdo con Pellón et al. (2015), los botaderos a cielo abierto son sitios donde se arroja los desechos sólidos urbanos sin ningún tratamiento previo, además de que incumplen con la normativa ambiental y no cuentan con las especificaciones técnicas para su disposición final.

Para Hernández y Corredor (2016), afirman que los vertederos a cielo abierto son una fuente de emisión de gases tóxicos y de efecto invernadero, producto de su mal manejo en la gestión de residuos sólidos y otras actividades que allí se desarrollan como la quema de basura, convirtiéndose en un grave problema ambiental. Por lo tanto, incrementan el riesgo para la salud y el ambiente de dichas zonas de ubicación (Rojas y Bogantes, 2018).

En este contexto, Cabrera, (2020) destaca, uno de los principales problemas dentro de la gestión ambiental de las ciudades, es el nivel de educación ambiental de la población, el cual se considera como un instrumento clave para fomentar el desarrollo sustentable y promover la participación de los habitantes en cuestiones ambientales.

Así mismo, Olivares, Arriaga, y Orozco, (2017) mencionan, los efectos negativos sobre el medio ambiente ocasionados por la generación y acumulación de residuos sólidos, se debe principalmente a la falta de educación, concientización y responsabilidad ambiental para implementar estrategias claves, como la separación de residuos desde la fuente o el aprovechamiento de los mismos en otras actividades.

### ❖ **Problemática de la mala ubicación**

Para Colomer et al. (2013), ubicar un relleno sanitario resulta una decisión compleja, puesto que aquí intervienen ciertos componentes ambientales que hay que considerar previo a su construcción y que deben estar reflejados en un Estudio de Impacto Ambiental del proyecto a ejecutarse. La mala ubicación puede acarrear problemas socio-ambientales de significativo impacto, como lo es la contaminación de cuerpos de aguas superficiales cercanos, debido a la filtración de lixiviados; problemas a la salud, por la proximidad a centros poblados; afectación a la flora y fauna, por la presencia de lixiviados en el suelo; y la prevalencia de la fisiografía del suelo sobre la geología, debido a la impermeabilización del mismo.

Otro factor a considerarse en la ubicación de un relleno es la climatología del sector. Para ello León et al. (2015) afirman que los comportamientos extremos del clima, alteran la hidrología e hidrogeología del sitio para la disposición final de desechos. Generalmente se producen problemas de generación e infiltración de lixiviados, lo cual puede contaminar las aguas subterráneas y superficiales.

En un estudio realizado en Pastaza por Rojas et al. (2020) manifiestan que las personas que trabajan en el relleno y las que se encuentran asentadas en los alrededores, se las considera como un grupo sensible a riesgos; debido a que, por falta de equipos de protección personal para la manipulación de desechos y la inhalación de gases nocivos producto de la descomposición de la materia, ocasiona problemas en la salud.

Un estudio realizado por Antunes y Imaña (2018) demuestran que la ubicación de un vertedero cerca de especies florísticas, tiene influencia directa respecto a su cercanía. Los resultados indican que 5 especies son asociadas a las variables sulfato y amonio, las cuales sirven como indicadores de contaminación del suelo.

### ❖ **Factores que intervienen en la construcción**

El análisis espacial para la posible ubicación y posterior construcción de un relleno sanitario debe reunir ciertos criterios enmarcados en la legislación ambiental vigente. De acuerdo con Gascón et al. (2015), los criterios a evaluarse mediante un puntaje son: uso del suelo, acceso

a vías, geología del suelo, distancia a centros poblados, distancia a cuerpos de agua y densidad poblacional.

Así mismo, Morales y Rodríguez (2016) manifiestan que, es importante una evaluación geológica del terreno previo al inicio de actividades constructivas, en los que se valoran puntos como: ubicación, acceso, topografía, condiciones geológicas, climáticas e hidrológica.

Para Quintero (2016) la gestión del territorio es un factor muy importante para la construcción de este tipo de infraestructuras, ya que resulta un proceso complejo y burocrático, además de estar considerado en los PDOT.

#### ❖ Criterios de ubicación

El análisis multicriterio para la ubicación idónea de un relleno sanitario en el cantón arenillas, se basó en parámetros considerados en la normativa ambiental vigente como es el TULSMA, Libro VI, Anexo 6, en el apartado 4.12. “Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado” (MAE, 2015). En la siguiente tabla se puede observar los criterios a considerar.

*Tabla 1. Criterios de ubicación*

<b>Variable</b>	<b>Criterio</b>
Aeropuerto	Distancia no menor a 13 km
Cuerpo de agua	Distancia mayor a 200 m
Vías	Distancia menor a 500 m
Poblados	Distancia mayor a 500 m
Permeabilidad del suelo	Impermeables
Pendiente	Menor igual al 15%
Zona urbana	Distancia mayor a 500 m
Uso del suelo	Zona rural

**Fuente:** MAE, 2015. Adaptado de: Palacios (2018)

Machorro et al. (2020) en su trabajo de investigación concluyen que un relleno sanitario debe contar con ciertas especificaciones técnicas con respecto a su ubicación, tal es el caso de la permeabilidad del suelo, ya que al no considerarse este criterio y no manejar adecuadamente la producción de lixiviados, estos pueden infiltrarse en aguas subterráneas y causar un grave impacto ambiental.

#### ❖ **Gestión de residuos solidos**

Desde el punto de vista de Niño, Trujillo y Niño (2017), consideran que existen dos perspectivas en cuanto a la gestión de residuos sólidos. Por una parte, está la empresa que lo considera como parte del cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a la recolección, transporte y disposición final. En cambio, para el Estado, a través de sus instituciones gubernamentales y el planteamiento de políticas públicas, donde se promueve la gestión de residuos sólidos.

Por otra parte, Prieto (2016) afirma que para que la gestión de RS sea eficaz, la reducción del volumen de basura deberá comenzar hacerse desde la fuente de origen, para que de esta manera se optimicen procesos previos a la disposición final.

En un estudio realizado por Mol, Queiroz, Gomes y Heller (2020) manifiestan que la gestión de residuos sólidos tiene influencia sobre las tasas de enfermedades tales como dengue, zika y chikungunya.

García, Socorro y Maldonado (2019) afirman que, para mejorar la gestión de desechos sólidos, es necesario implementar un plan de educación ambiental tanto para ciudadanos como para entidades municipales, a fin de crear conciencia ambiental en el manejo de residuos.

## 1.1.2 Normativa del objeto de estudio

*Cuadro 1. Normativa legal aplicable*

<b>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008</b>	
<b>Art 14.-</b>	Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> . Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados
<b>Art 73.-</b>	El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional
<b>Art 264.-</b>	Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: ...Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón; ... Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley
<b>Art 415.-</b>	“...Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos...”
<b>CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE</b>	
<b>Art.- 225</b>	Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos. Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas,...El fomento de la investigación, desarrollo y uso de las mejores tecnologías disponibles que minimicen los impactos al ambiente y la salud humana;...El fomento al establecimiento de estándares para el manejo de residuos y desechos en la generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final
<b>Art.-229</b>	Alcance y fases de la gestión. “La gestión apropiada de estos residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana...”
<b>Art 231.-</b>	<b>Obligaciones y responsabilidades.</b> ...Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto, están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo al principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. ...Deberán dar tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente en un ciclo de vida productivo, implementando los mecanismos que permitan la trazabilidad de los mismos. Para lo cual, podrán conformar mancomunidades y consorcios para ejercer esta responsabilidad de conformidad con la ley...

(Continúa)



<b>CÓDIGO INTEGRAL PENAL</b>	
<b>Art.- 245</b>	<b>Invasión de áreas de importancia ecológica.</b> - “La persona que invada las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o ecosistemas frágiles, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años...”
<b>Art.- 251</b>	<b>Delitos contra el agua.</b> - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, contamine, desequie o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años...
<b>Art.- 252</b>	<b>Delitos contra suelo.</b> - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, en relación con los planes de ordenamiento territorial y ambiental, cambie el uso del suelo forestal o el suelo destinado al mantenimiento y conservación de ecosistemas nativos y sus funciones ecológicas, afecte o dañe su capa fértil, cause erosión o desertificación, provocando daños graves, será sancionada con pena privativa de libertad de tres a cinco años...
<b>Art.- 254</b>	Gestión prohibida o no autorizada de productos, residuos, desechos o sustancias peligrosas. - La persona que, contraviniendo lo establecido en la normativa vigente, desarrolle, produzca, tenga, disponga, queme, comercialice, introduzca, importe, transporte, almacene, deposite o use, productos, residuos, desechos y sustancias químicas o peligrosas, y con esto produzca daños graves a la biodiversidad y recursos naturales, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años...
<b>CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN</b>	
<b>Art.- 431</b>	De la gestión integral del manejo ambiental. - “Los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo...”
<b>LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO</b>	
<b>Art 32.-</b>	<b>Planes parciales.</b> - “Los planes parciales tienen por objeto la regulación urbanística y de gestión de suelo detallada para los polígonos de intervención territorial en suelo urbano y en suelo rural de expansión urbana...”
<b>Art 41.-</b>	Polígonos de intervención territorial. “Los polígonos de intervención territorial son las áreas urbanas o rurales definidas por los planes de uso y gestión de suelo, a partir de la identificación de características homogéneas de tipo geomorfológico, ambiental, paisajístico, urbanístico, socioeconómico e histórico cultural, así como de la capacidad de soporte del territorio, o de grandes obras de infraestructura con alto impacto sobre el territorio, sobre las cuales se deben aplicar los tratamientos correspondientes”
<b>Art 61.-</b>	<b>Derecho de adquisición preferente.</b> - “El derecho de adquisición preferente es la facultad reconocida a favor de los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales o metropolitanos para adquirir aquellos predios identificados a través del planeamiento urbanístico con el propósito de propiciar la consolidación de sistemas públicos de soporte...”

**(Continúa y finaliza)**

<b>Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria</b>	
<b>Art 75.-</b>	<b>De la disposición final.</b> - "... La selección del sitio para la disposición final, se lo realizará en base a un estudio técnico de alternativas que deberá ser aprobado por parte de la Autoridad Ambiental, en concordancia con la normativa emitida para el efecto..."
<b>Fuente:</b> Los autores	

### **1.1.3 Enfoque Diagnóstico**

El presente trabajo de investigación es de carácter mixto, es decir, tiene un enfoque cuali – cuantitativo, con respecto al primer enfoque se realiza el levantamiento de información sobre las principales características del lugar de estudio, problemas y potencialidades; en lo que concierne al segundo enfoque, se basará en datos numéricos como los criterios de ubicación, que posteriormente servirá para el diseño de mapas cartográficos de multicriterio, utilizando el software SIG, mediante la herramienta tecnológica ArcGIS 10.5.

### **1.2 Descripción del proceso diagnóstico**

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó diferentes tipos de investigación, entre ellos el bibliográfico, puesto que surge la necesidad de buscar información básica en documentos como el Plan de Ordenamiento Territorial de Arenillas, Ministerio del Ambiente, TULSMA, entre otros. De carácter científico como son artículos de revistas científicas y libros. La investigación correlacional porque nos ayuda a determinar la relación que se presenta entre dos o más conceptos, categorías o variables, durante la realización del trabajo, según Sampieri (2010) manifiesta “Los estudios correlacionales se emplean para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) para posteriormente cuantificar y analizar dicha vinculación”. En cuanto a la investigación de campo, corresponde a las visitas IN SITU al lugar de estudio, donde se constata la situación actual y se puede evidenciar la problemática existente. Resulta necesario llevar registros y anotaciones durante estas visitas puesto que resultan útiles a la hora de concatenar la información para la elaboración del trabajo.

Del mismo modo, cabe mencionar los métodos de investigación utilizados para la realización de este trabajo, los cuales se describen a continuación:

- ❖ **Método descriptivo:** con este método se realiza una exposición narrativa, numérica y/o gráfica, de manera detallada y exhaustiva de la realidad que se estudia en el presente trabajo. Para Collado (2010) “el método descriptivo tiene como finalidad buscar un conocimiento de la realidad actual que se produce mediante la observación directa del investigador y del conocimiento que se adquiere a través de la lectura de otros estudios”

Calduch (2012) manifiesta “es imposible el desarrollo de cualquier ciencia, tanto desde la perspectiva de la investigación como de la transmisión de sus conocimientos, sin la utilización y complementación de los métodos deductivo e inductivo”

- ❖ **Método inductivo:** con este método se observa, estudia y conoce las características comunes que derivan en un conjunto de realidades para elaborar la propuesta de nuestro trabajo de investigación. Según Abreu (2014) “el método inductivo se basa en un razonamiento ascendente que va desde lo particular a lo general. Se razona que la premisa inductiva es una reflexión enfocada en el fin”
- ❖ **Método deductivo:** el método deductivo nos permite establecer las características del problema que se estudia como resultado de la observación inicial y el conocimiento adquirido a través de las visitas IN SITU en el área de estudio. Así mismo, Abreu (2014) afirma “mediante la deducción se obtienen las consecuencias particulares de las inferencias o conclusiones generales aceptadas”

### 1.2.1 Descripción del Área de estudio

#### Datos generales

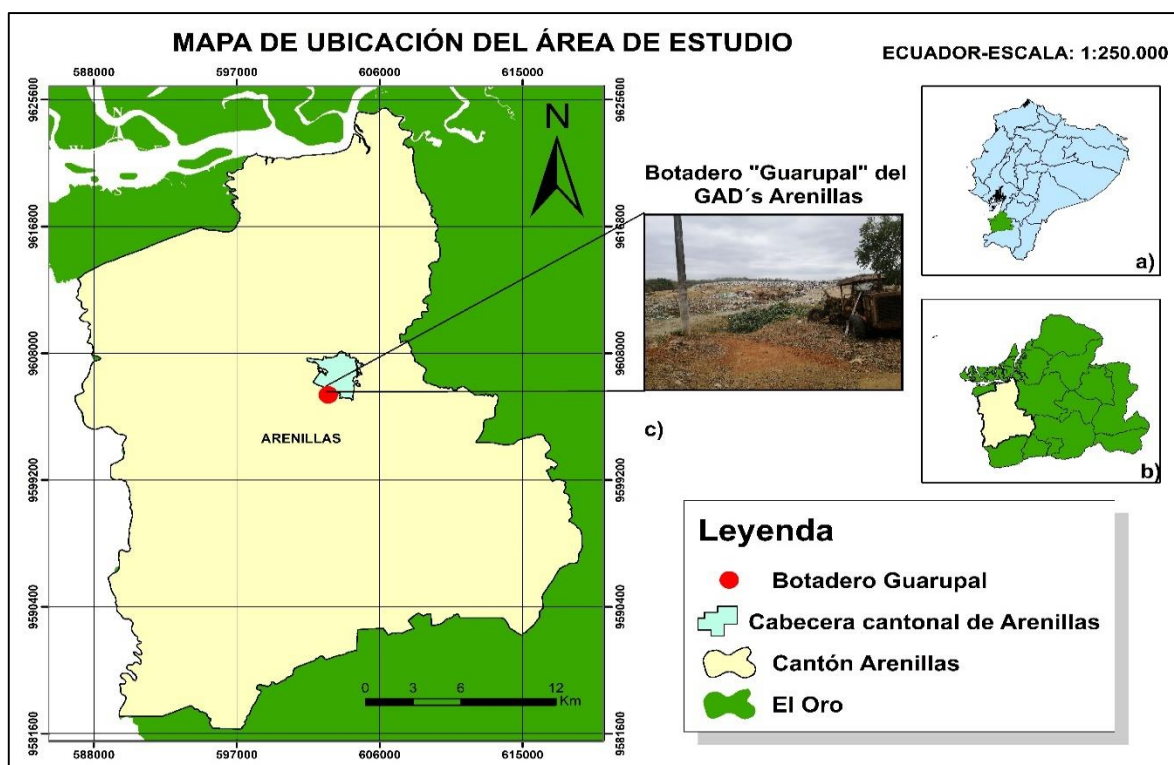
El cantón Arenillas desde su creación hasta la actualidad sigue siendo el más extenso de la provincia de El Oro con 810 Km<sup>2</sup>. Se caracteriza principalmente por la presencia de la Cordillera de Tahuín y otras ondulaciones que son ramificaciones de la Cordillera de Los Andes. Cabe destacar que su principal sistema hidrográfico lo constituye el río del mismo nombre. Debido a que posee un relieve irregular, presenta las mismas características de la provincia de El Oro, que se divide en dos zonas, alta y baja PDOT (2014).

Los límites del Cantón corresponden al Norte con el Archipiélago de Jambelí, al Noroeste con el cantón Huaquillas, al Este con los cantones de Santa Rosa y Piñas, al Sur con el Cantón

Las Lajas y al Oeste con el Perú. El territorio del Cantón Arenillas está dividido en tres parroquias rurales (Chacras, Palmales y Carcabón) y una urbana (Arenillas).

El área de estudio se centra en el actual botadero del cantón Arenillas, del cual nos hemos basado para la comprobación del cumplimiento con los criterios establecidos por la normativa ambiental vigente. A simple vista se puede observar en la *ilustración 1* que se encuentra relativamente cercano a la población, lo cual causa problemas por malos olores.

*Ilustración 1. Ubicación del área de estudio; a) ubicación de la provincia de El Oro, b) ubicación del cantón Arenillas, c) ubicación del botadero a cielo abierto Guarupal del GAD de Arenillas.*



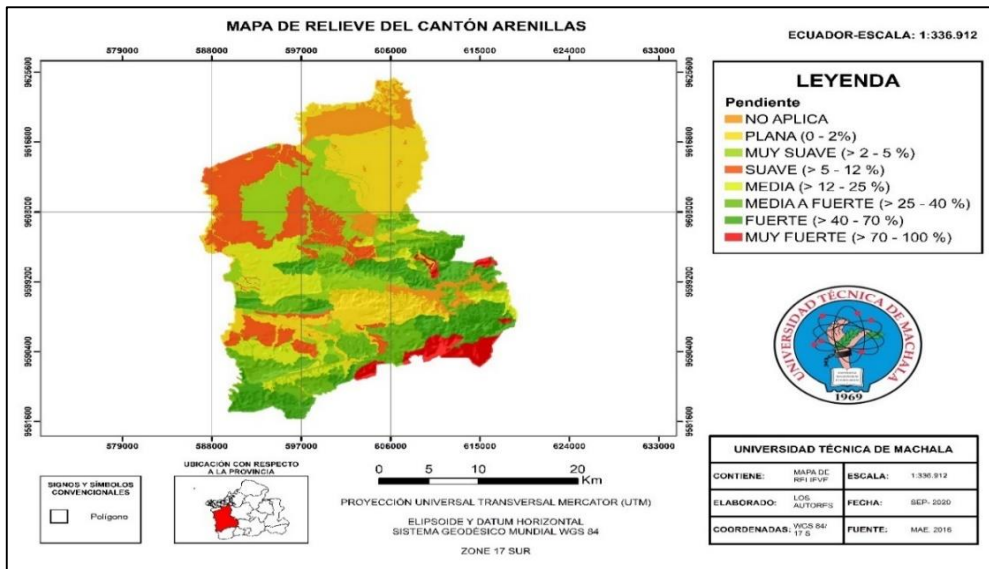
Fuente: MAE, 2016

### Diagnostico físico:

#### ❖ Relieve

Las pendientes que se presentan en la mayor parte del territorio (31%) corresponden al rango de 0-2%, lo que significa que es una pendiente débil o casi plana, con 25133,55 hectáreas. Así mismo encontramos zonas con fuertes pendientes, del rango de 25-50%, con 13404,22 hectáreas que corresponden al (16,5%) el territorio.

*Ilustración 2. Mapa de Relieve*

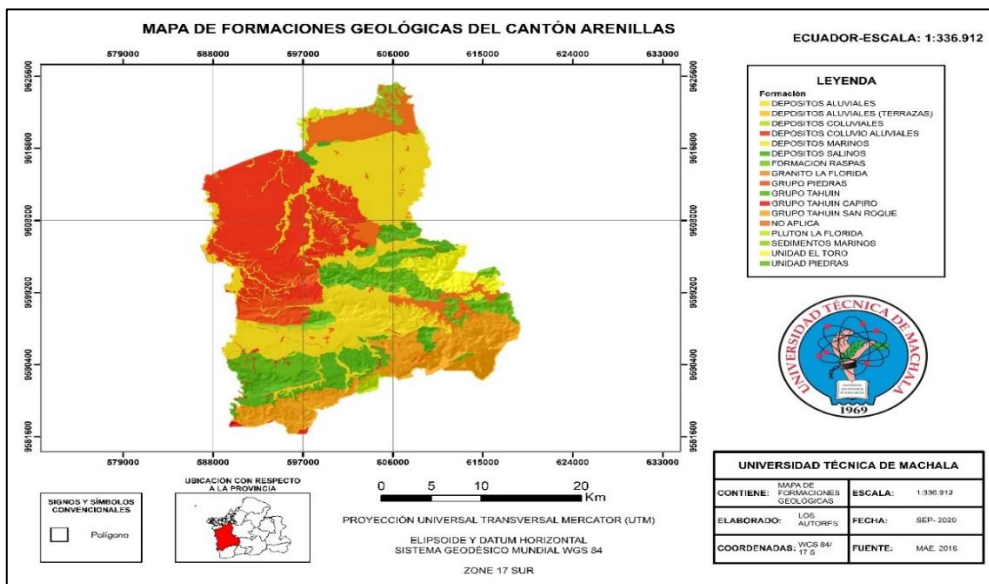


Fuente: MAE, 2016

### ❖ Geología

En el territorio del cantón Arenillas se pueden diferenciar formaciones geológicas correspondientes a depósitos aluviales, coluviales, coluvio aluviales, depósitos salinos, sedimentos marinos, unidad Piedras, Grupo Tahuín, Granito la Florida y Unidad el Toro.

*Ilustración 3. Mapa Geológico*



Fuente: MAE, 2016

### ❖ **Uso y cobertura del suelo**

El porcentaje más elevado de uso y cobertura de suelo corresponde a tierras agrícolas, estas áreas comprenden el 65,91% del territorio y le sigue el uso de bosques con 26,45% que corresponde a las zonas de Conservación y Protección que posee el cantón y como última referencia tenemos el uso de cuerpos de agua que ocupa el 6,31%, cabe recalcar que el MAE a través de estos datos considera como cuerpos de agua a la actividad camaronera. En la siguiente tabla se pueden apreciar los demás usos del territorio.

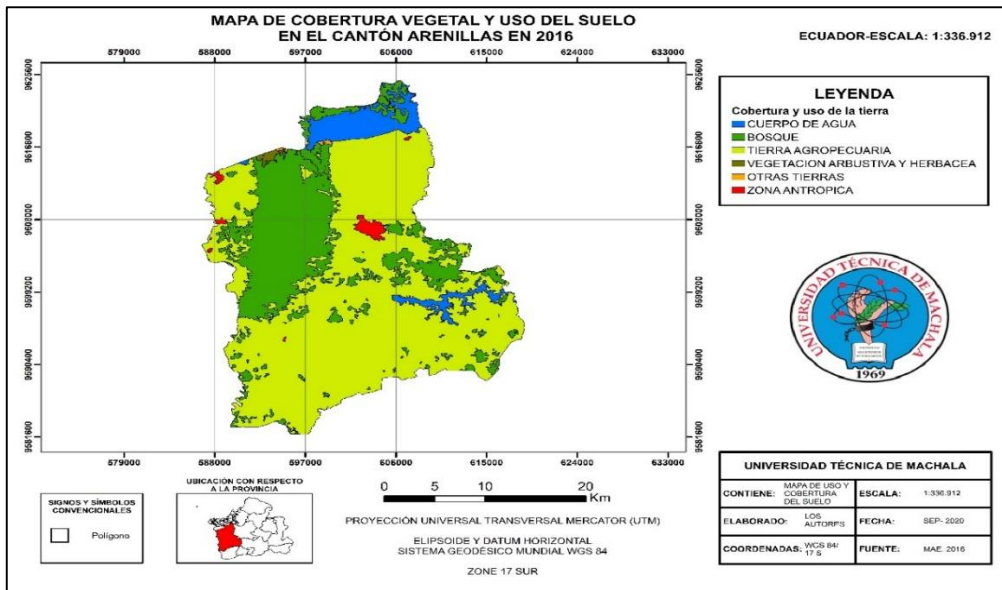
*Tabla 2. Clasificación de Usos del suelo*

<b>Uso y cobertura</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>%</b>
Bosque	21319,32	26,45
Cuerpo de Agua	5090,99	6,31
Tierra Agropecuaria	53125,41	65,91
Otras Tierras	96,21	0,11
Vegetación arbustiva y herbácea	236,20	0,29
Zona Antrópica	726,00	0,90
Total	80596,14	100

**Fuente:** MAE,2016

**Elaborado por:** Los autores

*Ilustración 4. Mapa de uso y cobertura de suelo*



Fuente: MAE, 2016

#### ❖ **Clima**

- De acuerdo al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) 2017, el cantón Arenillas se encuentra dentro de la clasificación de tipo de clima Tropical Mega térmico Seco y Tropical Mega térmico Semiárido.
- En cuanto a las isoyetas, el 33.37% del Cantón se emplaza en una zona con precipitación que varía entre 750-1000mm, luego le sigue con un 30.22% el rango de precipitación de 250 a 500 mm.
- Se estiman meses ecológicamente secos, la época invernal es corta, dura desde enero y a mayo, en los demás meses la lluvia disminuye notablemente.
- En base a las isotermas anuales medias, la mayor parte del territorio, 50.41% corresponde a temperaturas que varían en 24-25 grados.
- Prácticamente todo el territorio se encuentra sobre el piso climático denominado Tierras Bajas y únicamente una pequeña parte del territorio en la zona sureste corresponde al piso climático pie montano.

## **Diagnóstico Social**

- De acuerdo al (CENSO) 2010 diseñado por el Instituto de Estadísticas y Censos del Ecuador, el Cantón Arenillas tiene una población de 26,844 habitantes.
- El área urbana del Cantón, comprende la mayor población con el 79.58% del total de habitantes.
- En cuanto a los servicios básicos, el cantón dispone de dos plantas de tratamiento de agua potable, las mismas que no garantizan una buena calidad del recurso y tampoco abastecen al total de la población, es decir solo prestan el servicio al área urbana. Otro de los servicios de importancia para la población, es el sistema de alcantarillado, el cual resulta ineficiente, puesto que la red existe, pero se encuentra en mal estado, una parte se recolecta y conduce hasta la planta de tratamiento que tiene una laguna de oxidación, y otra parte deriva al cauce del río, causando malestar e insalubridad en torno a las viviendas aledañas al río, pero el principal problema en cuanto a este servicio es la inexistencia de una red en la zona perimetral.

## **Diagnóstico ambiental**

- En lo que corresponde al territorio del Cantón Arenillas se ha identificado dos áreas bajo conservación ambiental; el Bosque Protector Río Arenillas Presa Tahuín y la Reserva Ecológica Arenillas.
- La Reserva Ecológica se caracteriza por contar con varios ecosistemas de gran importancia para la conservación de especies de flora y fauna, además del valor natural para la utilización de los recursos naturales en beneficio de la población.
- Así mismo el Bosque Protector representa un área importante del territorio, donde se emplaza la Represa Tahuín, cuyo objetivo principal es contribuir al desarrollo de la provincia a través de los servicios que presta: riego, control de inundaciones, agua potable y como atractivo turístico.



## 1.2.2 Metodología

### Análisis de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable

Para verificar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, se elaboró una matriz basado en los criterios técnicos para la ubicación de un relleno sanitario, establecidos en el TULSMA: Libro VI, Anexo 6 (apartado 4.12). En ella se calificará si cumple o no, de acuerdo a la observación y criterio técnico de los evaluadores, misma que se presentará a continuación:

#### ❖ Matriz de verificación de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable.

*Cuadro 2. Matriz de cumplimiento de la normativa*

DISPOSICIONES DE LA NORMATIVA					
Normativa	Apartado	Disposición	Calificación		Observación
			Cumple	No cumple	
TULSMA, Libro VI, Anexo 6	4.12. Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado	Distancia no menor de 13 Km de un aeropuerto o pista de aterrizaje.	✓		El botadero de basura se encuentra ubicado a una distancia de 16 km del aeropuerto más cercano (Sta. Rosa)
		Distancia mínima de 200 m de la fuente superficial más próxima.		✓	Se evidenció un canal a una distancia menor a 50 m (ver anexo..)

		La distancia a las viviendas más cercanas no podrá ser menor de 500 m.		✓	De acuerdo a la georreferenciación, la distancia a las viviendas es de 400 m.
		Vías de fácil acceso para recolección y transporte de desechos sólidos.	✓		El botadero se encuentra ubicado cerca de la nueva vía principal alterna a Santa Rosa.
		Permeabilidad del suelo deberá ser igual o menor a $1 \times 10^{-7}$ cm/seg		✓	No hay un estudio previo del suelo para la ubicación del botadero
		Pendiente menor o igual al 15%	✓		El terreno donde se encuentra el botadero es una zona plana que varía entre 0 a 12%, además de que cuenta con taludes para su estabilización.
		Uso del suelo (zona rural)	✓		El botadero se encuentra a una distancia de 400 m del casco urbano del cantón.
<b>Fuente:</b> MAE, 2015. Adaptado de: Palacios (2018)					

## Análisis e Identificación de impactos ambientales

### ❖ Identificación de factores ambientales y valoración de impactos

La evaluación comienza con la identificación de aquellos factores ambientales que interactúan con el medio, donde también se define su afectación; lo cual permitirá analizar la situación actual del área de estudio (ver cuadro 3).

*Cuadro 3. Identificación de factores ambientales*

Componente ambiental	Sub - componente	Factor ambiental	Definición de afectación
<b>Abiótico</b>	Aire	Calidad del aire	Emisiones producidas por la degradación de los residuos orgánicos, que están compuestas por altas concentraciones de gases de efecto invernadero perjudiciales para los seres humanos y el ambiente, y de una serie de componentes que, incluso en concentraciones muy bajas, generan malos olores.
	Suelo	Calidad del suelo	Ingreso de sustancias que alteran o contaminan sus componentes.
		Erosión	Degradación de la cobertura vegetal.
	Agua	Aguas subterráneas	Alteración de la calidad del agua subterránea por riesgo de su contacto con lixiviados.
		Aguas superficiales	Alteración de la calidad del agua superficial ante el posible contacto de residuos sólidos y lixiviados.
	Paisaje	Calidad visual	Alteración de la calidad del paisaje natural.
<b>Biótico</b>	Flora	Cobertura vegetal	Disminución de especies propias del área del proyecto.
	Fauna	Especies de fauna	Disminución de las especies de fauna existentes en el área del proyecto.
<b>Socio económico</b>	Económico	Empleo	Contratación de servicios de mano de obra.
	Social	Calidad de vida y bienestar	Condiciones directas e indirectas que afecta el relleno sanitario.

**Fuente:** Los autores

Para la evaluación cuantitativa se utilizó una matriz de significancia de impactos, en la cual se dará valores de 1 a 6. Donde 1 - 2 corresponde a un rango no significativo, 3 - 4 moderado y 5 - 6 significativo. Para eso se ha considerado el tipo de afectación de la interacción entre las actividades y los factores ambientales, es decir, se le ha dado un valor positivo (+) o negativo (-) según el criterio técnico.

**Cuadro 4. Rango porcentual y nivel de significancia de impactos**

<b>RANGO</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
5-6	Significativo	83-100
3-4	Moderado	50-67
1-2	No significativo	17-33
(-) 1-2	(-) No significativo	(-) 17-33
(-) 3-4	(-) Moderado	(-) 50-67
(-) 5-6	(-) Significativo	(-) 83-100
<b>Fuente:</b> MAE, 2013		

Como última parte del proceso de evaluación, se ha utilizado la matriz causa (acción considerada) – efecto (consecuencias ambientales), específicamente para la etapa de operación, la misma que nos permite valorar los impactos generados en base al cuadro significancia anteriormente descrito.

*Cuadro 5. Matriz Causa- efecto*

MATRIZ CAUSA-EFECTO/ IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES										
COMPONENTE	SUB COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	Actividades						Tipo de afectación	
			Fase de operación						(-)	( + )
			Control de vectores	Descarga y tendido de	Compactación de	Olores y gases (Ventilación)	Mantenimiento de	Generación de lixiviados		
Abiótico	Aire	Calidad del aire		-	-	-	-	-	5	0
	Suelo	Calidad del suelo		-	-		-	-	4	0
		Erosión		-	-			-	3	0
	Agua	Aguas subterráneas						-	1	0
		Aguas superficiales						-	1	0
	Paisaje	Calidad visual		-	-	-		-	4	0
Biótico	Flora	Cobertura vegetal		-				-	2	0
	Fauna	Especies de fauna						-	1	0
Socio económico	Económico	Empleo	-	+	-	-	+	-	4	2
	Social	Calidad de vida y bienestar	-	-		-	-	-	5	0

**Fuente:** Los autores

### 1.3 Análisis de contexto y desarrollo de la matriz de requerimientos

#### 1.3.1 Análisis del contexto

**Cumplimiento de la normativa ambiental vigente.** - Luego de la visita al sitio actual para la disposición final de residuos sólidos del cantón Arenillas, se pudo evidenciar a simple vista que no cumple con la normativa ambiental vigente. El botadero a cielo abierto cuenta con un permiso ambiental otorgado por la Autoridad Ambiental Competente, mismo que en la actualidad incumple con lo establecido en su Plan de Manejo y a su vez está ocasionando impactos socio – ambientales. El tiempo de vida del actual proyecto, sobrepasa el establecido por el TULSMA, es por ello que para su evaluación se tomaron en cuenta ciertos criterios para la ubicación de un relleno sanitario; esto debido a que el área no cuenta con un estudio técnico base para su funcionamiento y que además en su plan de manejo no se detalla el tiempo de vida útil de la celda, ni existe fecha límite para el cierre técnico del proyecto.

Los criterios evaluados y que a su vez incumplen con los requerimientos de la normativa, son los siguientes:

- **El distanciamiento a 200 m de una fuente superficial.** En la visita se evidenció que existe una quebrada estacional a unos 50 m del botadero. De acuerdo con Colomer et al. (2013), si una cantidad considerada de lixiviados alcanza un cuerpo de agua superficial, este puede verse afectado en sus propiedades físicas, químicas y biológicas; lo cual afecta directamente a la flora y fauna acuática.
- **Distanciamiento de 500 m a las viviendas más cercanas.** De acuerdo con la georreferenciación del sector, las viviendas más cercanas se encuentran a 400 m. El manejo inadecuado de los desechos sólidos hace que se generen gases tóxicos al ambiente y estos al no ser controlados, afectan directamente a la salud humana y al ambiente (Colomer et al., 2013).
- **Permeabilidad del suelo.** Debido a que no existe un estudio técnico como base para el uso de este sitio para la disposición final, aparte que a simple vista se observa que no utilizan un impermeabilizante artificial (geomembrana). Como afirma Colomer et al. (2013), hay que considerar la permeabilidad del suelo, ya que los lixiviados producidos durante la descomposición de la materia pueden filtrarse hasta llegar a aguas subterráneas.

**Matriz causa-efecto.** - Analizando la matriz causa – efecto, donde se establece la interacción entre las actividades que se realizan en el botadero y los factores ambientales durante la fase de operación del proyecto y posterior cierre técnico del mismo, tomando en cuenta que actualmente la celda emergente está en su límite en lo que respecta a la capacidad de carga de los desechos sólidos. En la visita al lugar de estudio se puede apreciar que se está ocasionando un impacto negativo al recurso aire y a la calidad de vida de la población local, principalmente por la generación de malos olores, levantamiento de material particulado por el recorrido de volquetas y camiones que trasladan los residuos y por la propagación de vectores causantes de enfermedades. Puesto que su grado de afectación es significativo, es decir, se encuentra en el rango de 5 a 6. Köfalusi & Aguilar, (2006) manifiestan “el polvo y los gases esparcidos por el viento, así como los residuos arrastrados por escorrentías superficiales, pueden llegar a diferentes sitios, como terrenos de cultivo o vías cercanas, causando afectaciones sobre las actividades agrícolas y el tránsito vehicular”

Del mismo modo, los recursos, agua, suelo y paisaje, obtuvieron un puntaje negativo de 3 a 4, que de acuerdo con la matriz de significancia se ubican dentro del rango moderado, esto debido al mal manejo que se lleva a cabo en el botadero. Algunas de las actividades que generan afectaciones a dichos recursos son la falta de un control de vectores, la inadecuada gestión de residuos sólidos y la generación de lixiviados que altera la calidad de aguas superficiales y subterráneas. Para acotar, PÉREZ, (2012) menciona “los escurrimientos de lixiviados representan un riesgo para los recursos y el hombre ya que contienen residuos considerados como peligrosos”

Por otro lado, se debe mencionar el impacto positivo, únicamente sobre el factor económico, debido a que, para la recolección y traslado de residuos, mantenimiento de maquinarias y equipos, así como el control y vigilancia del relleno, se genera una fuente de trabajo para la población local.

En síntesis, tenemos claro que la ubicación actual del botadero a cielo abierto del Cantón Arenillas no es la idónea para la disposición final de residuos sólidos, por lo que se ocasionan impactos negativos sobre los recursos naturales y la población, por ende, es necesario ubicar un punto exacto dentro del territorio que permita dar solución a esta problemática.

### 1.3.2 Matriz de requerimientos

*Cuadro 6. Matriz de requerimientos*

Problema o actividad	Causa	Efecto	Requerimiento
Afectación al recurso agua por infiltración de lixiviados	El botadero al estar cerca de una quebrada, que servirá como fuente de drenaje y transporte de los lixiviados hacía otros cuerpos de agua	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua y afectación a la comunidad aledaña	Diseño de una infraestructura para el tratamiento de lixiviados
Afectación al recurso suelo por acumulación de desechos	Al no contar con un estudio de suelo en el botadero se presentan problemas de lixiviación por la mala disposición de los desechos solidos	Presencia de vectores y alteración de la calidad del suelo (erosión), lo cual podría afectar a las zonas aledañas al botadero	Diseño de una infraestructura para la clasificación y disposición final de los desechos sólidos.
Afectación al recurso aire por emisión de gases por descomposición de la materia	Inexistencia de chimeneas en la segunda celda emergente.	Alteración en la calidad de vida de la población (por malos olores)	Diseño de chimeneas de material granular para la captación y evacuación de gases.
Carencia de un sitio idóneo para la disposición final de los desechos solidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de un estudio técnico</li> <li>- Falta de recursos económicos</li> </ul>	Incumplimiento de la normativa ambiental vigente	Zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón Arenillas, mediante el análisis multicriterio, basado en la normativa del Libro VI, Anexo VI del TULSMA y el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

**Fuente:** Los autores



#### **1.4 Selección del requerimiento a intervenir: justificación**

La importancia de la matriz de requerimientos radica en poder evidenciar los principales problemas del objeto de estudio, analizar cada uno de ellos y brindar una posible solución o alternativa que ayude a mitigar o eliminar los impactos negativos. Entre los problemas que se pudo evidenciar en la matriz de requerimientos se encuentra la carencia de un sitio idóneo para la disposición final de desechos sólidos, esto debido a la inexistencia de estudio técnico y la falta de recursos económicos por parte de las autoridades competentes.

Por lo anterior, se debe destacar la situación actual del objeto de estudio, en este caso el botadero de basura en la ciudad de Arenillas que no cumple con los criterios establecidos en la normativa ambiental para una correcta disposición de los desechos sólidos, lo cual repercute en afectaciones socioambientales. Tomando en cuenta la situación actual y la problemática existente, se ha establecido como propuesta la **Zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón Arenillas, mediante el análisis multicriterio, basado en la normativa del Libro VI, Anexo VI del TULSMA y el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

Con la implementación de la propuesta, se pretende ubicar un área específica dentro del territorio de Arenillas para la disposición de los desechos sólidos con base en los criterios técnicos que establece la normativa ambiental vigente, brindando de esta manera, una solución que beneficia tanto a las personas como a los recursos naturales. Así mismo esta propuesta permitirá establecer luego, diseños adecuados en cuanto a la infraestructura y tratamiento de los desechos sólidos en un relleno sanitario.

## **CAPITULO II. PROPUESTA INTEGRADORA**

Zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón Arenillas, mediante el análisis multicriterio, basado en la normativa del Libro VI, Anexo VI del TULSMA y el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### **2.1 Descripción de la propuesta**

Existen algunas técnicas para poder identificar un área óptima dentro de un territorio, donde se pueda asentar un relleno sanitario, entre ellas, Orejuela (2018) destaca “la evaluación multicriterio (EMC) con la cual se puede analizar un número determinado de criterios con varias alternativas y jerarquizarlas de acuerdo al grado de importancia que se les asigne”.

El análisis multicriterio es de gran ayuda porque nos permite valorar la importancia de cada criterio frente a la solución del problema; con la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) se obtiene un mejor resultado en la propuesta planteada. Cobos, Solano, Vera, & Monge (2017) mencionan “al ser herramientas poderosas de captura, almacenamiento, consulta, análisis y modelado de información espacial, sirven como base para estudios territoriales que además han incluido el álgebra y la probabilidad para apoyar la planificación, el análisis y la toma de decisiones”

La metodología aplicada permitió desarrollar la propuesta del presente trabajo, la cual consiste en dar solución a un problema socio – ambiental, producto de la mala ubicación del botadero de desechos sólidos, que a su vez no cumple con los criterios de la normativa ambiental vigente y ocasiona afectaciones sobre los recursos naturales y la población. Con esta propuesta se pretende identificar un área óptima dentro del territorio a través de una zonificación basada en un análisis multicriterio, empleando los sistemas de información geográfica, para la implementación de un relleno sanitario mecanizado que cumpla con los requisitos mínimos que establece la normativa.

## **2.2 Objetivos de la propuesta**

### **2.2.1 *Objetivo general***

Diseñar un mapa temático donde se muestre las áreas óptimas para el emplazamiento de un relleno sanitario en la ciudad de Arenillas a través de un análisis multicriterio y consideraciones de riesgo; información que permitirá salvaguardar la integridad de la población y los recursos naturales y una eficaz toma de decisiones por parte del GAD municipal.

### **2.2.2 *Objetivos específicos***

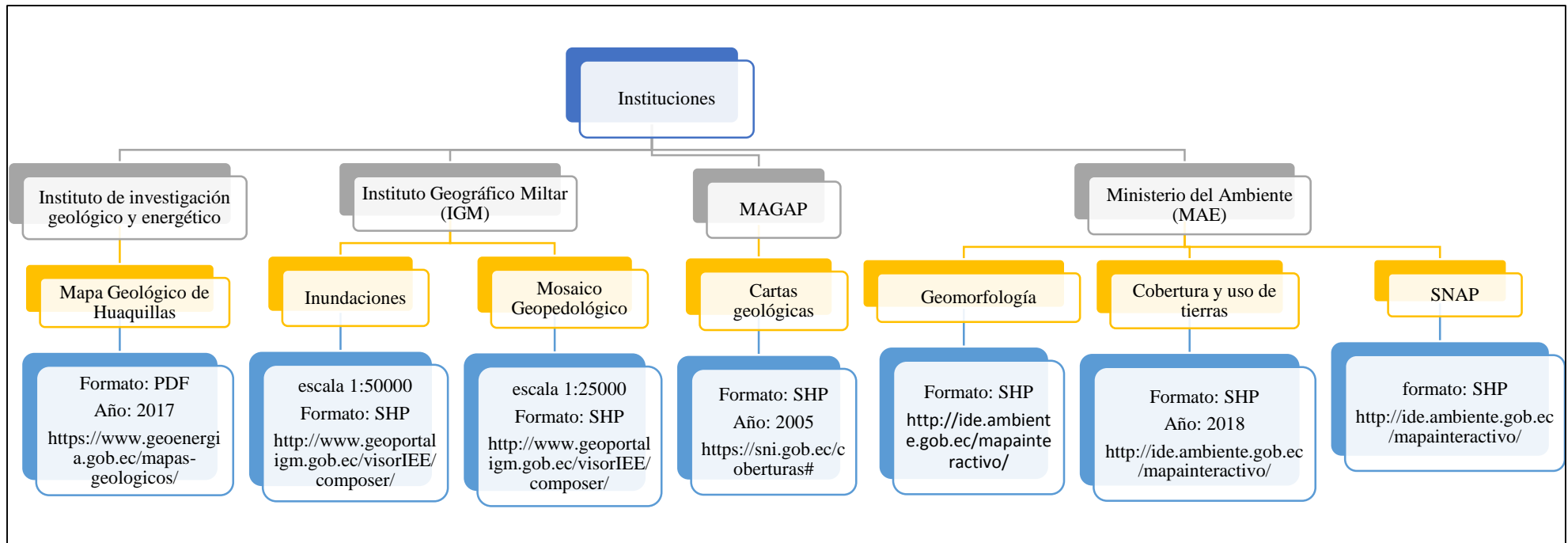
- Recolección de la información cartográfica en base a los criterios del Libro VI, Anexo VI del TULSMA para el emplazamiento de un relleno sanitario.
- Analizar cada uno de los criterios técnicos – socioambientales, considerando el Libro VI, Anexo VI del TULSMA para el emplazamiento de un relleno sanitario.
- Elaborar un mapa temático de las zonas óptimas mediante el análisis de los criterios (multicriterios) para el emplazamiento del relleno sanitario.

## 2.3 Componentes estructurales

### 2.3.1 Recolección de la información cartográfica en base a los criterios del Libro VI, Anexo VI del TULSMA para el emplazamiento de un relleno sanitario.

En primera instancia para desarrollar la propuesta, fue necesario recolectar datos cartográficos de varias instituciones, tal como se presenta a continuación:

*Ilustración 5. Recopilación de información cartográfica*



**Fuente:** Los autores

### 2.3.2 Analizar cada uno de los criterios y variables de estudio, establecidos en el Libro VI, Anexo VI del TULSMA para el emplazamiento de un relleno sanitario.

Para el proceso del análisis de cada una de las variables de estudio, se utilizó los sistemas de información geográfica, con base en el software ArcGIS Desktop 10.5 (ArcMap). A partir del modelo digital de elevación (DEM), con una resolución espacial de 30 m, con ello se procedió a calcular la variable pendiente. Por otra parte, para las capas de las variables de población, vías, poblados y cuerpos hídricos, se procedió previamente a convertirlas a capas ráster para luego ser calculadas las distancias a través de la herramienta “Euclidean Distance” la cual servirá para definir la mejor opción de ubicación.

Una vez realizado este proceso, se procedió a reclasificarlas considerando las recomendaciones establecidas por la normativa, a este proceso se suma también las variables de suelo y de permeabilidad, las que fueron reclasificadas de manera directa una vez convertidas en capas ráster. Para ello Orejuela (2018), manifiesta que se asignan dos valores de reclasificación: 0 para las zonas no óptimas y 1 para las zonas óptimas (p. 88). Estos valores sirvieron para ponderar cada una de las variables seleccionadas y de esta manera elaborar el mapa final con los sitios de mayor idoneidad.

Bajo este contexto, el análisis multicriterio se lo hizo en base a las ponderaciones antes mencionadas, dando como resultado lo siguiente:

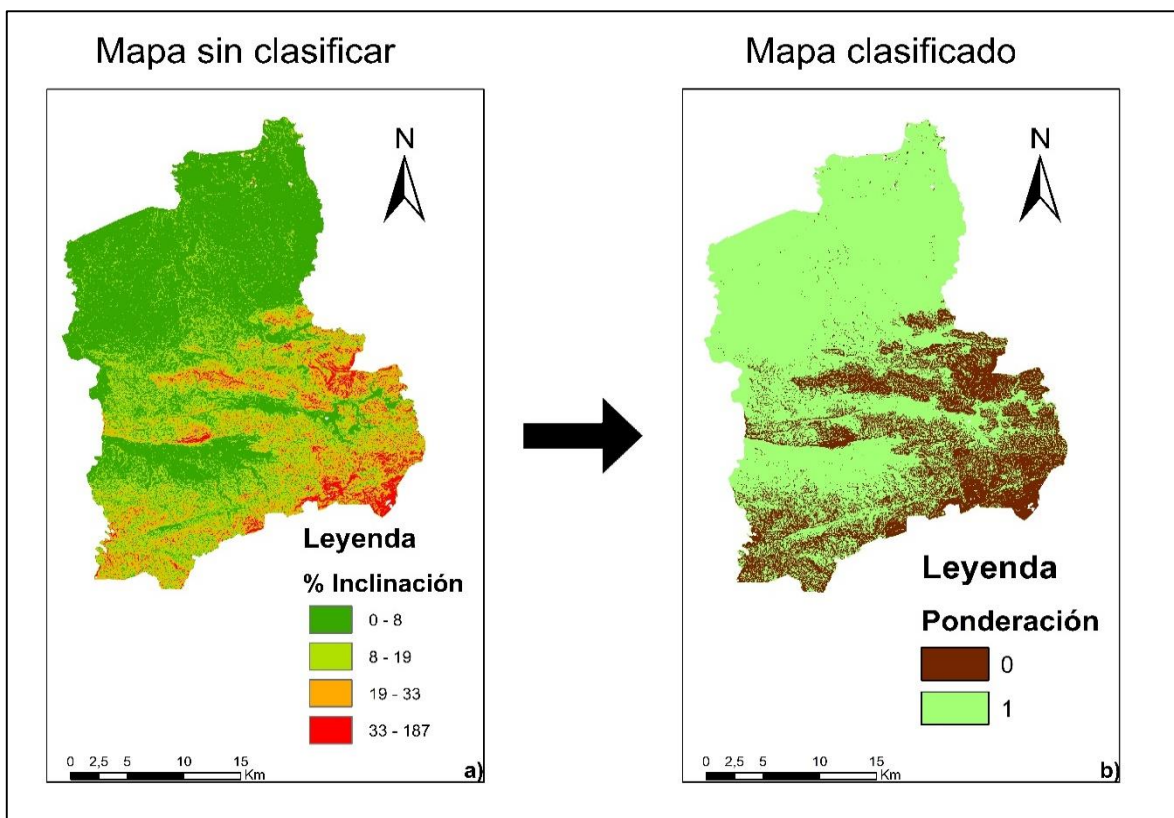
**1.- Pendiente:** este criterio denota la inclinación que tiene el terreno del cantón Arenillas. Para Erazo (2016), la topografía del terreno facilita la construcción y operación en la disposición final de los desechos, bajo la técnica del relleno sanitario (p. 37). Para ello se establecen las siguientes ponderaciones:

*Tabla 3. Escala de ponderaciones del criterio pendiente*

Criterio de selección	Clasificación	Ponderación	Calificación
Pendiente	0 – 15 %	1	Óptima
	> 15 %	0	No óptima

**Fuente:** Los autores

Ilustración 6. Mapa de ponderaciones del criterio de pendiente



Fuente: Los autores

En el **mapa a** podemos apreciar las pendientes como normalmente se presentan en el área de estudio, mientras que en el **mapa b** podemos observar las pendientes ya reclasificadas con su respectiva ponderación de acuerdo a la normativa; siendo 0 las zonas no óptimas y 1 las zonas óptimas para la ubicación, de acuerdo con este criterio.

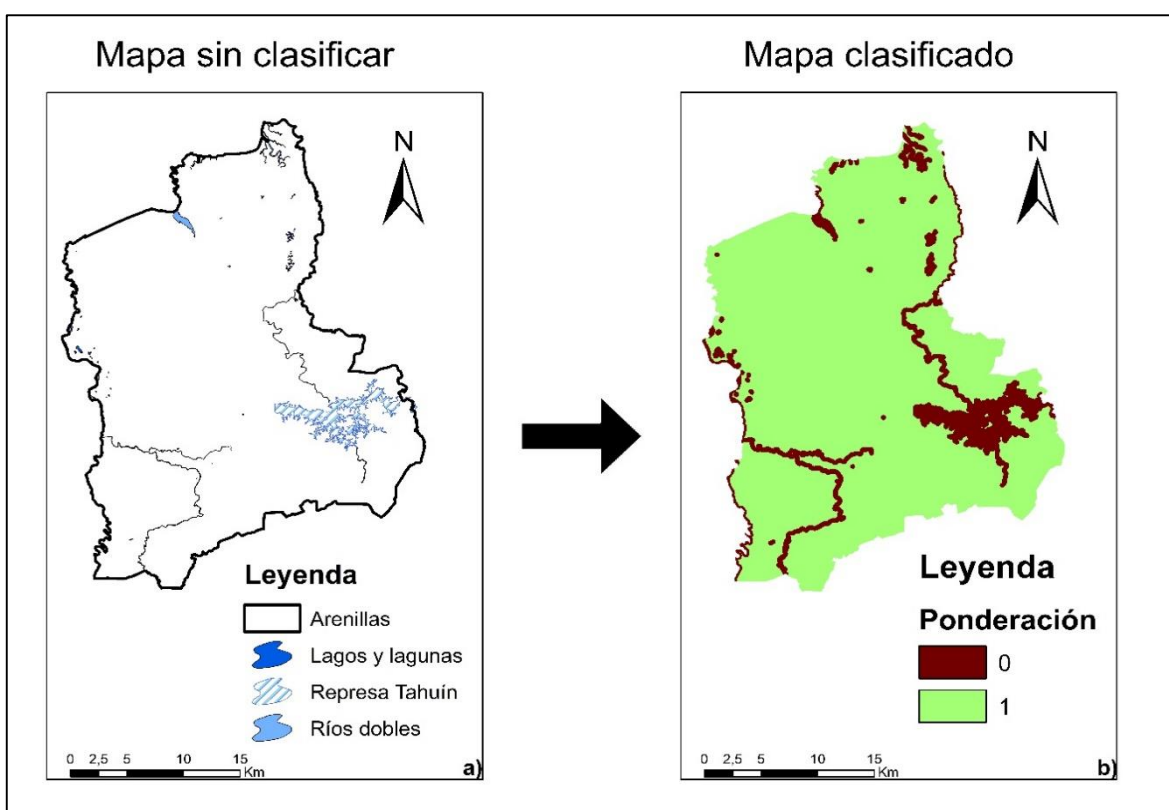
**2.- Distancia a cuerpos hídricos:** La relación que existe entre un cuerpo hídrico con respecto al relleno sanitario es importante. A mayor distancia de ubicación se podrá evitar la contaminación por lixiviados y evitar efectos adversos a la población (Mego, Pilco, Chávez, Leiva y Cruz, 2016, como se citó en Cobos et al., 2017).

*Tabla 4. Escala de ponderaciones del criterio cuerpos hídricos*

Criterio de selección	Clasificación	Ponderación	Calificación
Cuerpos hídricos	Mayor a 200 m	1	Óptima
	Menor a 200 m	0	No optima

**Fuente:** Los autores

*Ilustración 7. Mapa de ponderaciones del criterio de cuerpos hídricos.*



**Fuente:** Los autores

En el **mapa a**, se puede observar todas las fuentes hídricas superficiales que se encuentran dentro del territorio, mientras que en el **mapa b** se muestran las zonas reclasificadas con su respectiva ponderación: zonas óptimas (1) y no óptimas (0) para la ubicación de un relleno.

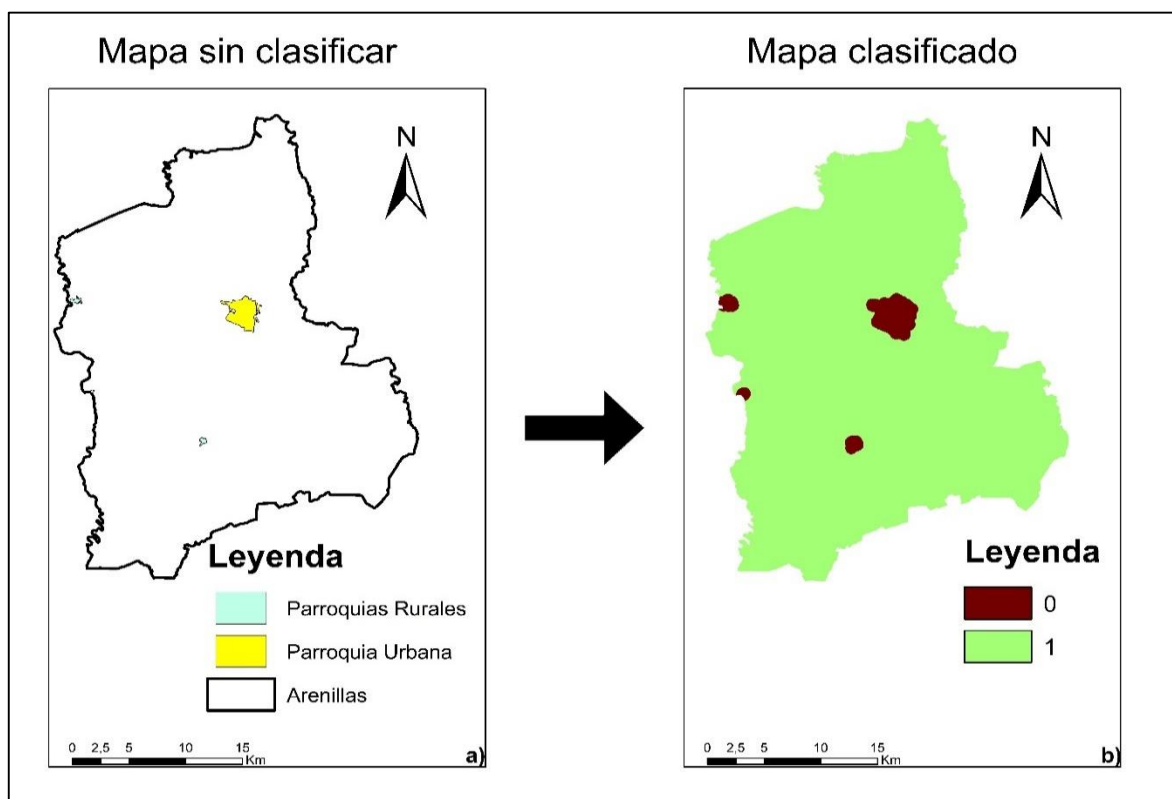
**3.- Distancia a centros poblados, zona urbana y rural:** para elegir un sitio idóneo donde se ubicará un relleno sanitario, Gascón et al. (2015) considera que los efectos a la población por malos olores es un aspecto muy importante, es por esta razón que en la normativa ambiental del Ecuador establece un distanciamiento mínimo de 500 m de ubicación. Cabe recalcar que de acuerdo con el archivo Shapefile de puntos considerado como poblados, se refiere a los asentamientos humanos que hay dentro del cantón y que se encuentran fuera del perímetro de la zona urbana y rural.

*Tabla 5. Escala de ponderaciones del criterio centros poblados, zonas urbanas y rurales.*

Criterio de selección	Clasificación	Ponderación	Calificación
Poblados, zona urbana y rural	Mayor a 500 m	1	Óptimas
	Menor a 500 m	0	No óptimas

**Fuente:** Los autores

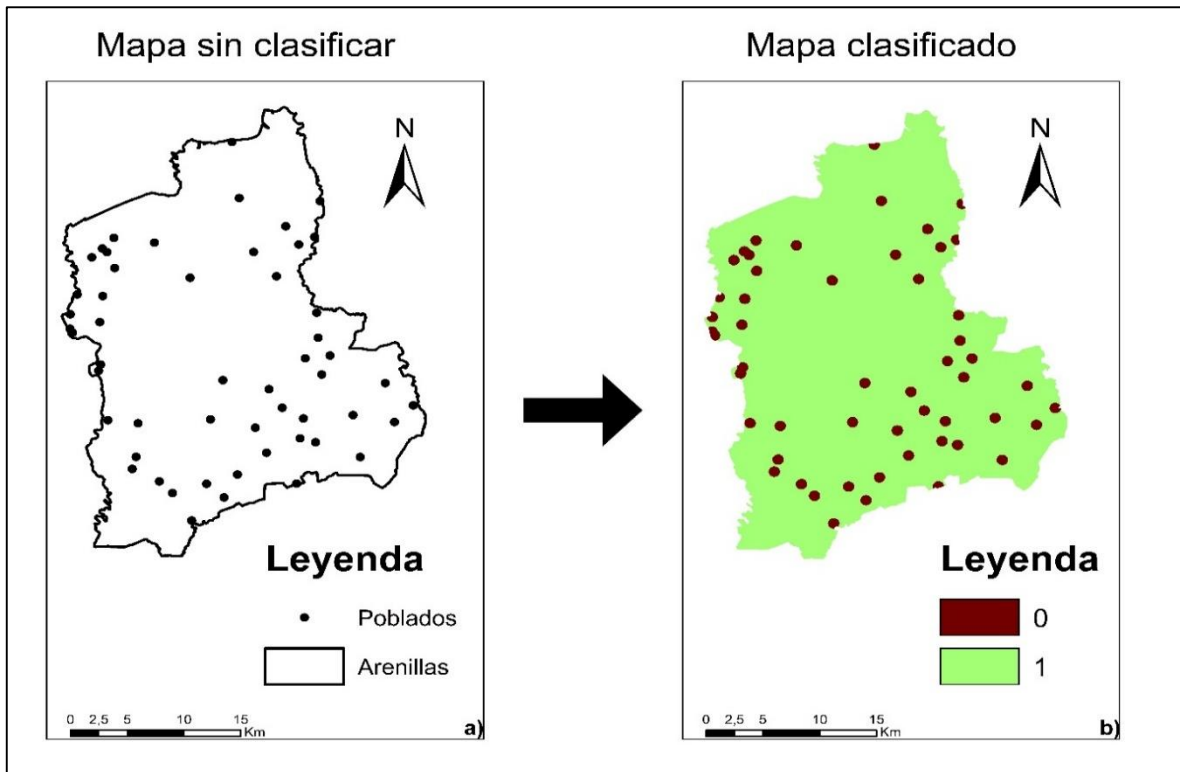
*Ilustración 8. Mapa de ponderaciones del criterio de zona urbana y rural.*



**Fuente:** Los autores



Ilustración 9. Mapa de ponderaciones del criterio de centros poblados.



Fuente: Los autores

En la ilustración 8, se presenta la zona urbana y rural; en el **mapa a** se presentan los poblados que se encuentran en el cantón, mientras que en el **mapa b** de ambas imágenes se aplica la reclasificación y se pondera de acuerdo con el criterio de distanciamiento a la última casa como zonas óptimas (1) y no óptimas (0) para la ubicación de un relleno.

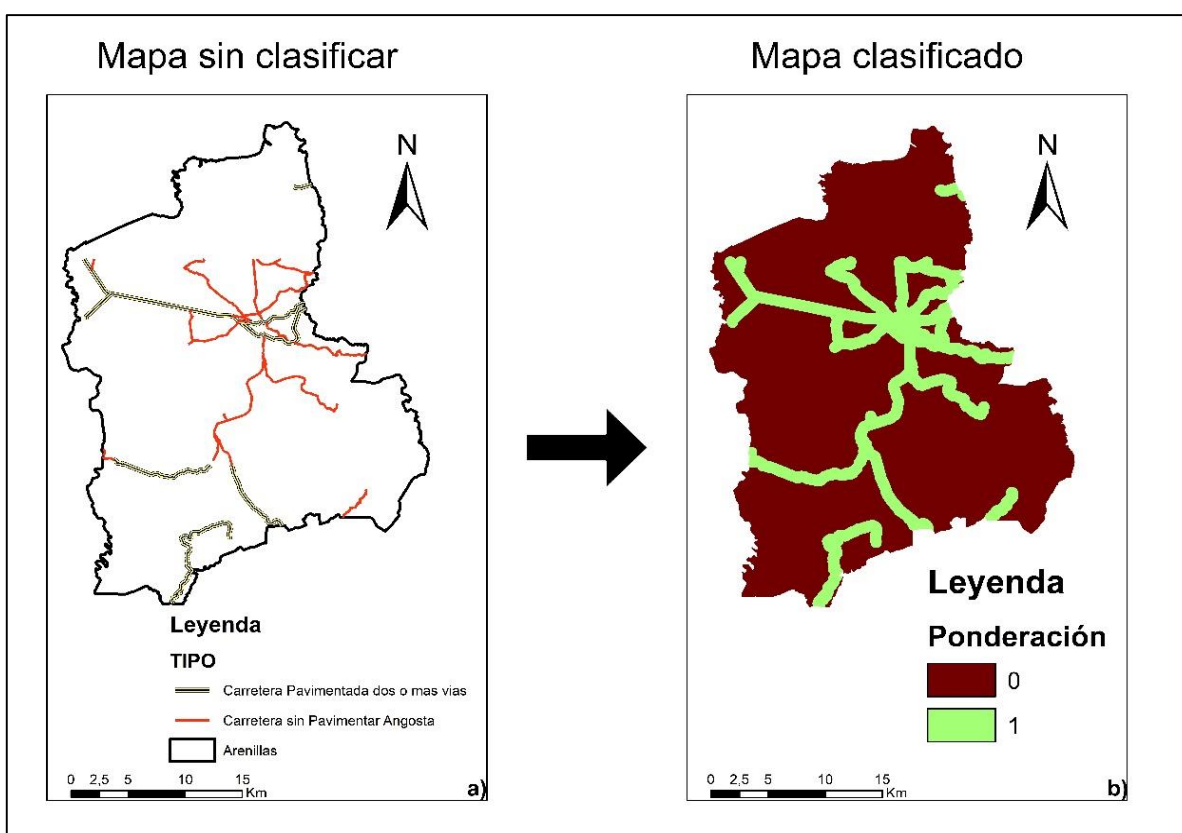
**4.- Distancias a vías:** Este criterio trata de la distancia más cercana de una red vial con respecto a la ubicación del relleno sanitario. La buena accesibilidad vial evitara posibles impactos ambientales por construcción de nuevas vías (Cobos et al., 2017). Para ello se consideraron carreteras pavimentadas de dos o más vías y carreteras sin pavimentar angosta, de acuerdo con los datos de las capas vectoriales y el análisis geoespacial.

**Tabla 6. Escala de ponderaciones del criterio vías**

Criterio de selección	Clasificación	Ponderación	Calificación
Vías	Menor a 500 m	1	Óptima
	Mayor a 500 m	0	No óptima

**Fuente:** Los autores

**Ilustración 10. Mapa de ponderaciones del criterio de vías.**



**Fuente:** Los autores

En la anterior ilustración se muestra por una parte el **mapa a**, que representa las vías en mejores condiciones para la movilización, escogiéndose las carreteras de primer y segundo orden que conectan a todo el cantón. En el **mapa b** se aplica el criterio de distanciamiento dando como resultado zonas no óptimas (0) y zonas óptimas (1), requeridos para la ubicación de un relleno.

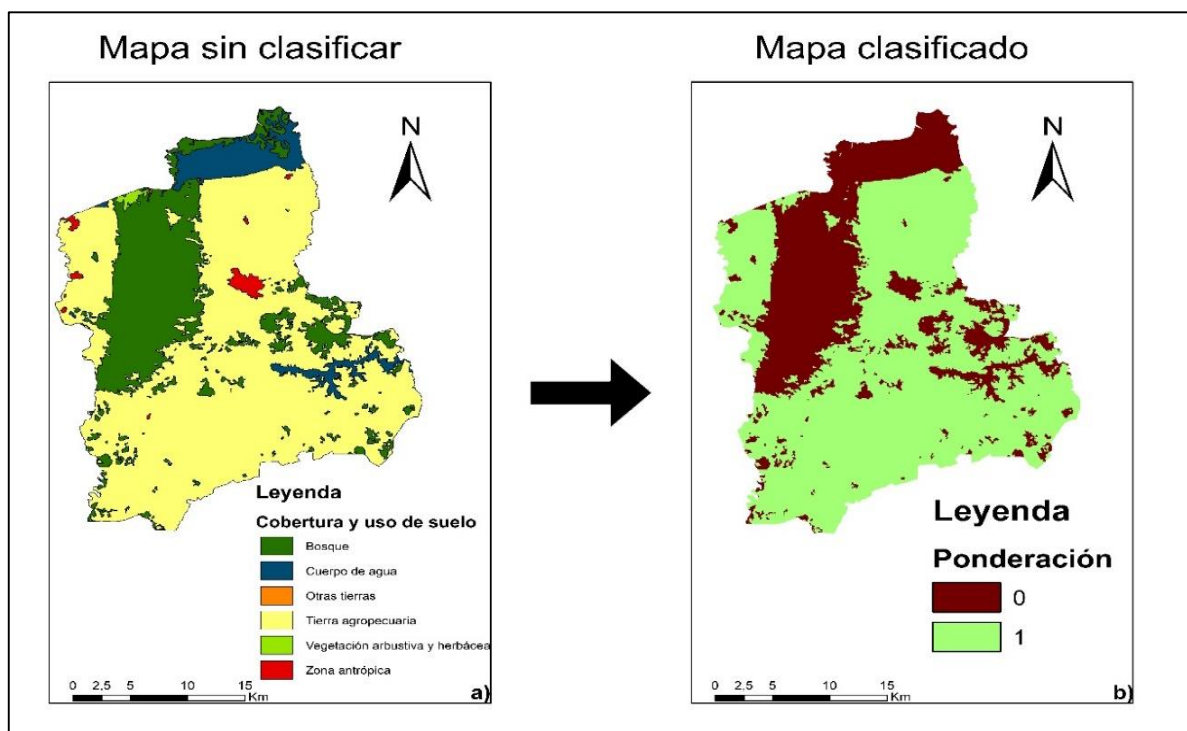
**5.- Uso de suelo:** de acuerdo con la normativa ambiental la ubicación del relleno sanitario no debe perjudicar a zonas agrícolas, flora, fauna y paisajes naturales; en este último se consideran las áreas naturales protegidas (Reserva Ecológica de Arenillas y Bosque protector presa Tahuín). De acuerdo con el mapa de Uso y cobertura del suelo 2018 se categorizaron los siguientes usos:

*Tabla 7. Escala de ponderaciones del criterio de uso de suelo*

Criterio de selección	Clasificación	Ponderación	Calificación
Uso de suelo	Bosque	0	No óptima
	Cuerpo de agua	0	No óptima
	Otras tierras	1	Óptima
	Tierra agropecuaria	1	Óptima
	Vegetación arbustiva	1	Óptima
	Zona antrópica	0	No óptima

**Fuente:** Los autores

*Ilustración 11. Mapa de ponderaciones del criterio de uso de suelo*



**Fuente:** Los autores

Este tipo de criterio, para su correcto análisis se debería de complementar con observación in situ, ya que muchas veces estos terrenos que han sido cultivados, en la actualidad podrían presentarse como abandonados. Al no considerarse este criterio podría presentarse como una limitante para la ubicación correcta del relleno. Para Baque y Baque (2019) la falta de regulación en la distribución del territorio, ocasiona ocupaciones de espacios no idóneos en cuanto al uso del suelo, lo ocasiona problemas de insalubridad.

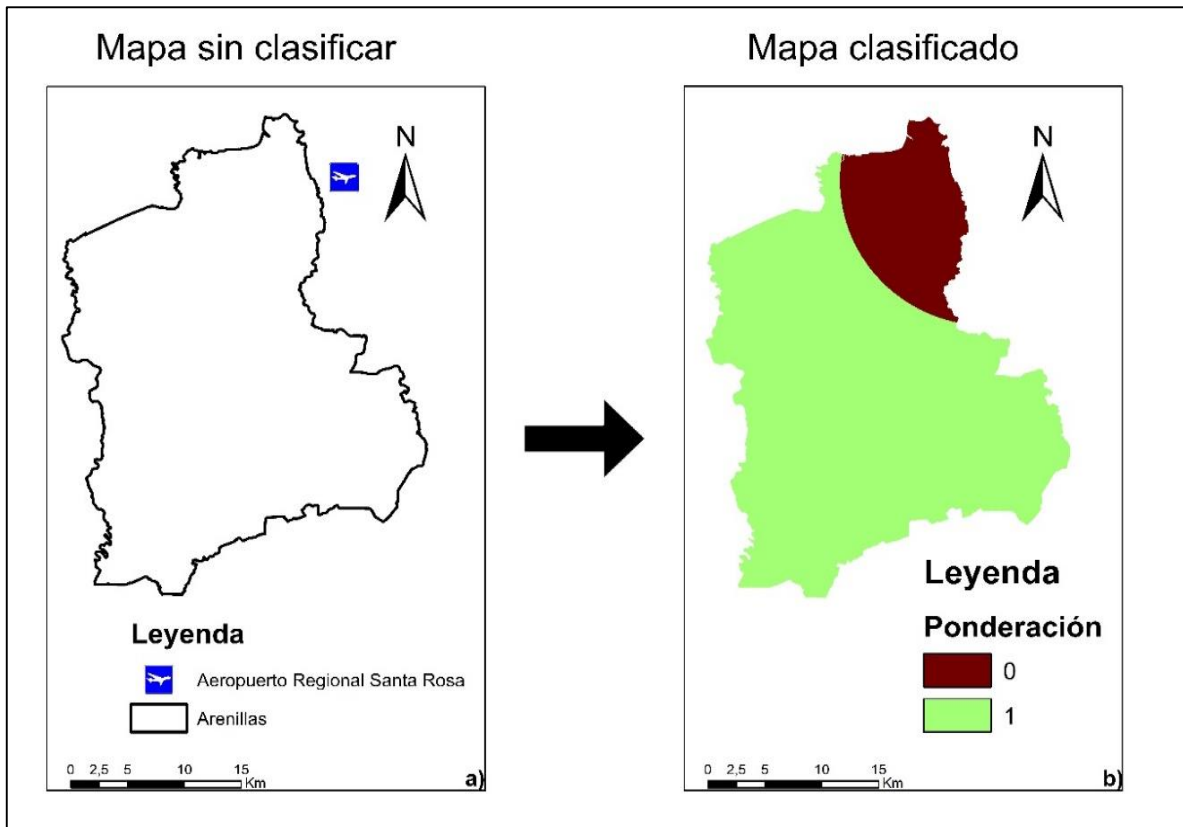
**6.- Distancia a aeropuertos:** cerca del límite del cantón Arenillas se encuentra el aeropuerto Regional de Santa Rosa. La importancia de considerar este criterio se da con la finalidad de evitar problemas futuros en la ruta aérea. De acuerdo con Colomer et al. (2013) manifiesta que en E.E.U.U cerca de un 87% de choques de aves con aviones, suceden a menos de 610 m de altura (p. 142). La presencia de estos vectores se debe a un mal manejo de los sitios para la disposición final de desechos sólidos.

*Tabla 8. Escala de ponderaciones del criterio aeropuerto*

<b>Criterio de selección</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Calificación</b>
Aeropuerto	Mayor a 13 km	1	Óptima
	Menor a 13 km	0	No óptima

**Fuente:** Los autores

*Ilustración 12. Mapa de ponderaciones del criterio de aeropuerto*



**Fuente:** Los autores

En el **mapa a** se muestra la ubicación del aeropuerto Regional de Santa Rosa con respecto al límite político-administrativo de Arenillas, mientras que en el **mapa b** se reclasifica y pondera de acuerdo al criterio de distanciamiento, dando como resultado a zonas no óptimas (0) y zonas óptimas (1) para el emplazamiento del relleno sanitario dentro del cantón.

**7.- Permeabilidad del suelo:** para ese criterio se trabajó con el shapefile de **geo pedología** para reclasificar la permeabilidad del suelo de acuerdo a su capacidad de drenaje y a su vez relacionarlo con su clase textural. Según Loyola, Rivas y Gacitúa (2015) la permeabilidad es la capacidad que tiene el suelo de conducir líquidos a través de sus perfiles. Por otra parte Angelone, Garibay y Cahupé (2006) manifiestan que el tamaño de partículas del suelo, tienen mucha influencia en la permeabilidad del mismo, es decir, que dependera del tipo de suelo.

Para ponderar y establecer una clasificación, se tomaron como referencia varios trabajos de diferentes autores, quedando el siguiente cuadro:

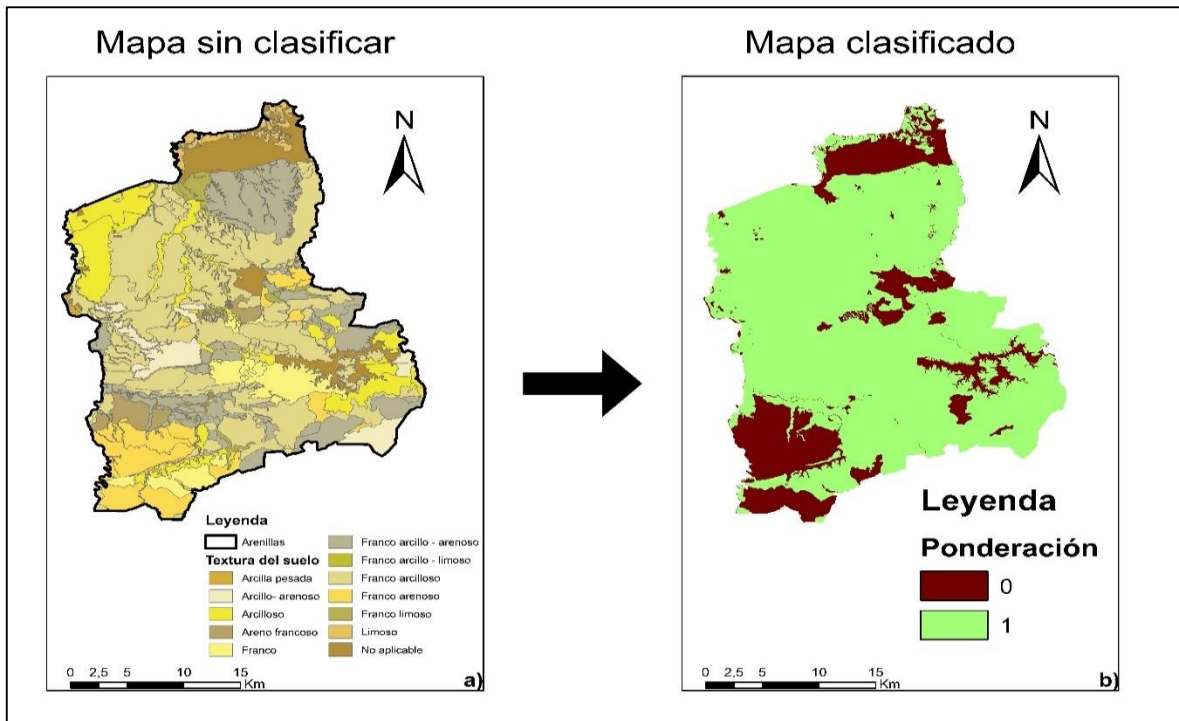
**Tabla 9. Escala de ponderaciones del criterio de permeabilidad del suelo.**

<b>Nombres de suelos</b>	<b>Textura</b>	<b>Permeabilidad</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Calificación</b>
Suelos arenosos (textura gruesa)	Arenoso	Moderadamente rápida a rápida	0	No óptima
	Franco arenoso	Moderado a moderadamente rápido		
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	Franco arenoso	Moderado a moderadamente rápido	1	Óptima
Suelos francos (textura mediana)	Franco limoso	Bajo a moderadamente bajo		
	Limoso			
Suelos francos (textura moderadamente fina)	Franco arcilloso	Bajo		
	Franco limoso arcilloso			
Suelos arcillosos (textura fina)	Arcilloso arenoso	Bajo		
	Arcilloso limoso			
	Arcilloso			

**Adaptado de:** FAO, 2009 & Vásquez 2000

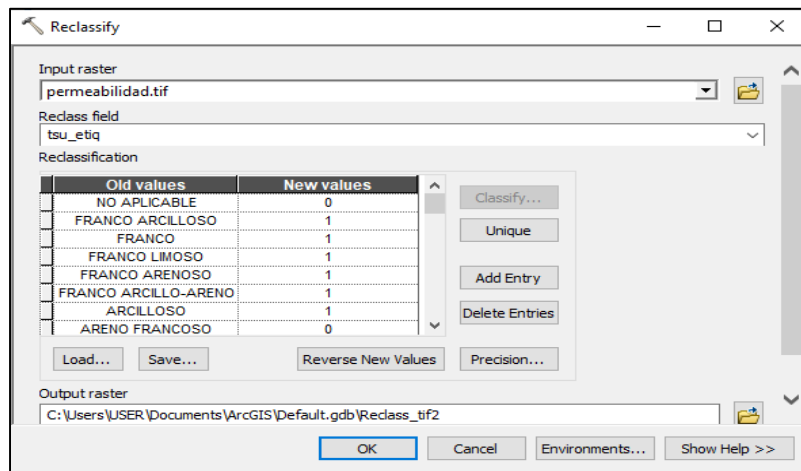
Referente a la tabla anterior, los autores Musso et al. (2017) manifiestan que para la impermeabilización de suelos en rellenos sanitarios se utiliza materiales arcillosos, con la finalidad de evitar la contaminación de aguas subterráneas y suelo. Por otra parte, Cobos et al. (2017) hoy en día para impermeabilizar el área para la disposición final, se utilizan capas a base de polímeros, evitando así la infiltración de lixiviados y que a su vez estos contaminen aguas subterráneas.

*Ilustración 13. Mapa de ponderaciones del criterio de permeabilidad del suelo*



Fuente: Los autores

*Ilustración 14. Reclasificación en base a la clase textural*

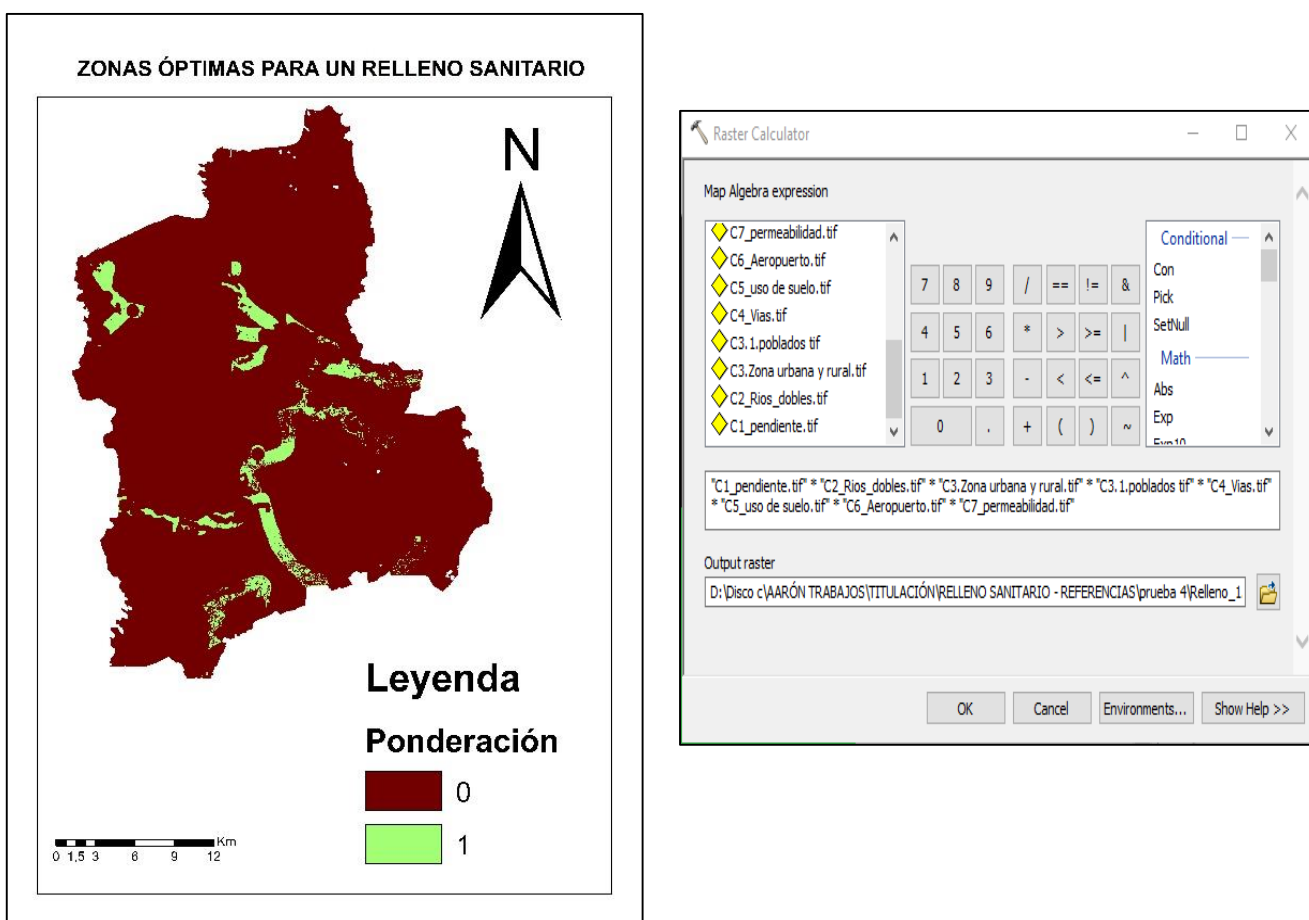


En el **mapa a** se observa los suelos del cantón arenillas de acuerdo a su clase textural, en cambio, en el mapa b se aprecia las zonas óptimas (1) y no óptimas (0) para la construcción de un relleno. Esta reclasificación y ponderación se realiza con base en el análisis técnico, donde se relaciona la textura con la permeabilidad del suelo, tal y como se muestra en la ilustración 10.

### 2.3.3 Elaborar un mapa temático de las zonas óptimas mediante el análisis de los criterios (multicriterios) para el emplazamiento del relleno sanitario.

Una vez analizado cada uno de los criterios y establecido sus ponderaciones, se procede a utilizar la herramienta Ráster Calculator con la finalidad de establecer la zona con mayor idoneidad para el emplazamiento del nuevo relleno sanitario en el cantón Arenillas, dando como resultado un nuevo archivo ráster, que se lo visualiza a continuación:

*Ilustración 15. Mapa preliminar de zonas óptimas*



**Fuente:** Los autores

De acuerdo con la ponderación del mapa anterior y con la ayuda del SIG se calcula el total de áreas óptimas, los cuales comprenden 4.084 hectáreas para el emplazamiento de un relleno sanitario en el cantón.

Además de los criterios de selección antes mencionados, se ha considerado otros muy importantes y que se los ha denominado de restricción, es decir, que no puede estar ubicado



un relleno sanitario en estas zonas, porque el área representa un peligro socio, ambiental y económico. Los autores Gómez, Álvarez y Londoño (2018) consideran como zonas de restricción a las áreas de protección debido a su grado de sensibilidad, donde no se puede llevar a cabo un proyecto, debido al impacto irreversible que pudiera ocasionar y por qué la legislación lo considera. De acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 (2004) considera como criterios de restricción a fallas geológicas, zonas de inundación y áreas naturales protegidas.

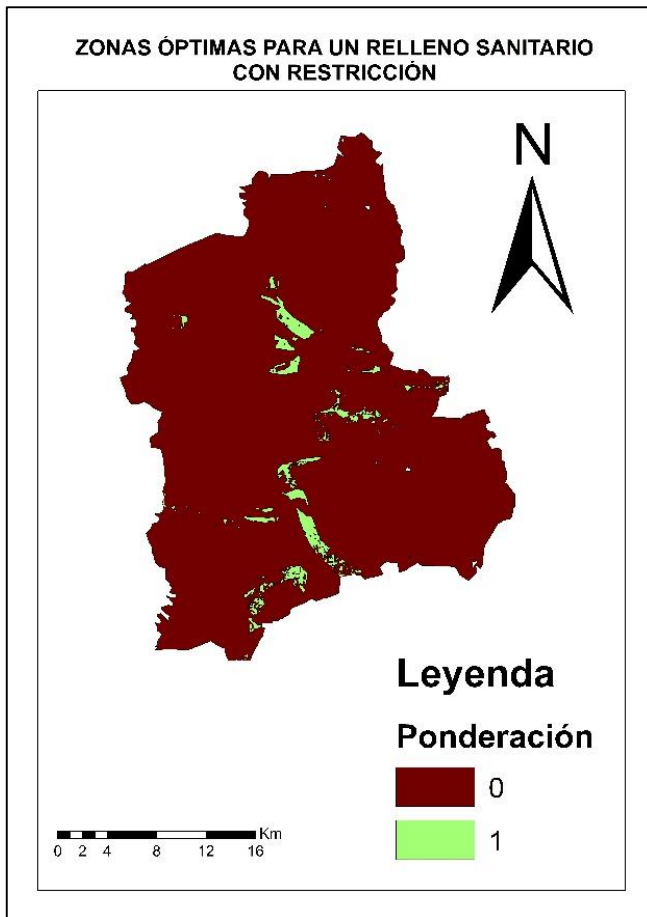
**Tabla 10. Criterios de restricción**

<b>CRITERIOS</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>NORMATIVA DE REFERENCIA</b>
Fallas geológicas	500 m	Reglamento del Decreto legislativo N° 1278 y su reglamento desechos sólidos N° 014 – 2017 PERÚ
Zonas susceptibles a inundación	No especifica	TULSMA
Áreas naturales protegidas	No especifica	TULSMA

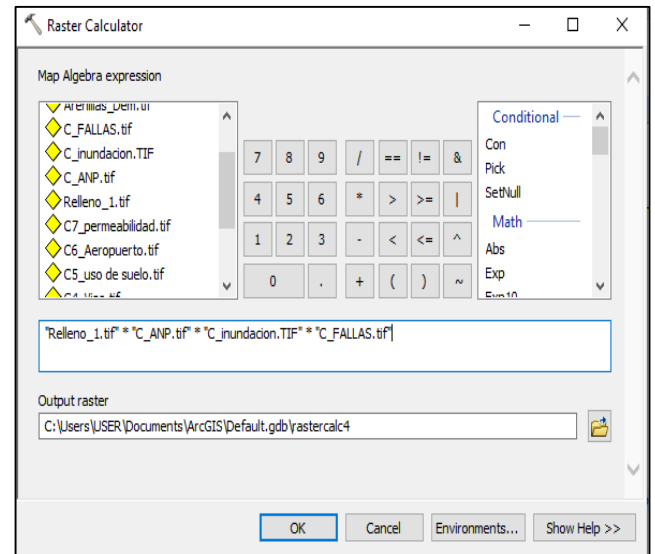
**Fuente:** Los autores

Estos criterios se suman a los demás, para exportar un nuevo mapa con zonas que no cumplan con los requerimientos de ubicación. A continuación, se presenta el resultado al introducir los datos antes mencionados:

*Ilustración 16. Mapa de zonas óptimas aplicando los criterios de restricción*



**Fuente:** Los autores



Para este nuevo mapa se redujo el total de áreas óptimas, dando un total de 2.449 ha en relación a 4.084 ha establecidas en el mapa anterior.

Continuando con el análisis multicriterio es importante considerar la extensión de terreno que necesita cada habitante para la disposición final de desechos, por lo cual se hace una estimación de la población de Arenillas en relación a los años de vida útil del proyecto; así como también el lugar de mayor procedencia de desechos. Esto se lo hace en base a la revisión de trabajos similares, y que se lo aplica en este trabajo para excluir zonas que no cumplan con estos requerimientos, obteniéndose mejores resultados de análisis en cuanto a la idoneidad de alternativas.

## Estimación de Población

En un estudio realizado en el cantón Santa Rosa, Valarezo (2016) manifiesta que el área del actual relleno sanitario de ese cantón es de 22 hectáreas, con una proyección de 25 años a partir del año 2011 que entró en funcionamiento, de acuerdo con el cálculo de población de esta investigación a cada habitante le correspondería 0,00021 ha para la disposición final de sus desechos, con una proyección para el año 2036; por tanto, se toma como base este dato para la estimación del área requerida en este proyecto; dando como resultado un total de 11 ha para una proyección al 2042. De acuerdo con datos del INEC la población de Arenillas en el último censo del año 2010 es de 26.844 y para el año 2042 será de 51.251 habitantes, de acuerdo con el cálculo de proyecciones, representados en la siguiente tabla.

*Cuadro 7. Proyección poblacional del cantón Arenillas*

Proyección de la población de Arenillas			
Parroquia	Tasa de crecimiento anual 2001 - 2010	Habitantes	
		2010	2042
Arenillas	2,07 %	21.326	41.361
Chacras	3,24 %	1.538	4.337
Palmales	1,15%	3.244	4.687
Carcabón	0,51%	736	866
Total		26.844	51.251

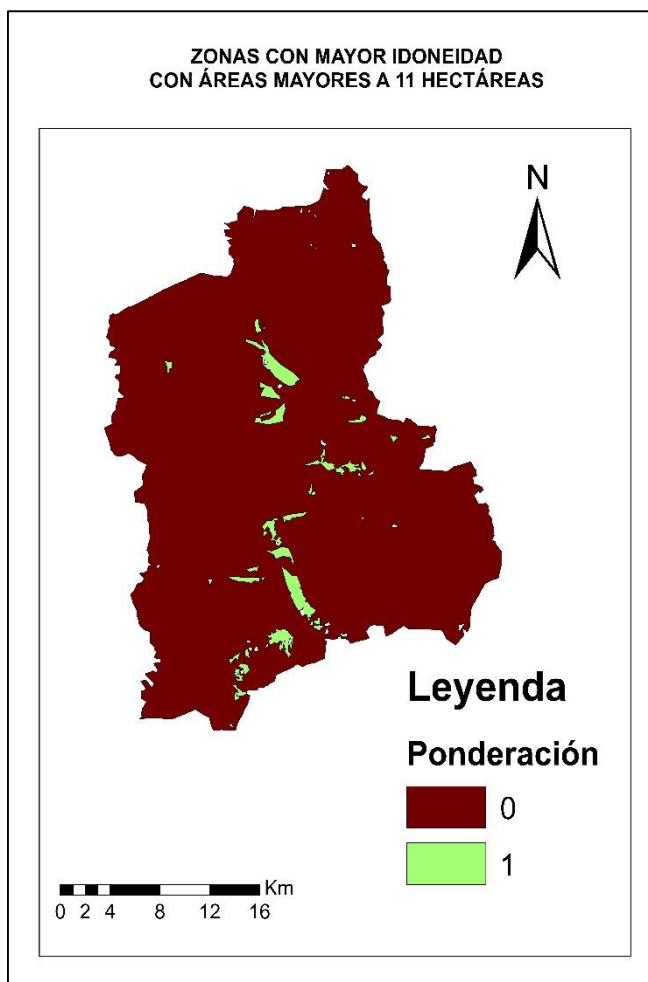
**Fuente:** INEC, 2016

La estimación del crecimiento poblacional se la hace mediante la fórmula  $Nt = N * e^{(r*t)}$ , aplicada por [Bejarano (2005) citado en (Cobos et al., 2017)]. Donde Nt es la población final, N es la población del último censo poblacional (2010), r es la tasa de crecimiento y t es la diferencia del último año censal y el año al que se desea proyectar.

Por tanto, se dice que para el cantón Arenillas hasta el año 2042, será el tiempo necesario que se ha considerado para actualizar la información de su territorio, realizar los estudios necesarios para el emplazamiento del próximo relleno sanitario y a su vez cumplir con el tiempo de vida útil del proyecto.

Con estos datos se hace una nueva exclusión de las áreas que no cumplan con este requerimiento en cuanto a la extensión.

*Ilustración 17. Mapa de zonas óptimas con áreas mayores a 11 ha*



**Fuente:** Los autores

*Cuadro 8. Zonas de mayor idoneidad con superficies mayores a 11 ha.*

Rango (ha)	Nº de zonas	Ponderación	Calificación
11 - 50	22	1	Zonas óptimas
50 – 100	5	1	Zonas óptimas
100 - 400	5	1	Zonas óptimas

**Fuente:** Los autores

En esta nueva exclusión el total de áreas se reduce a 2173 ha, es decir que el 11 % ha sido excluido con respecto a la extensión anterior.

Como última parte se hace una nueva exclusión de áreas, la cual tiene que ver con la zona de mayor procedencia de desechos, es decir, la parroquia que cuenta con mayor número poblacional y por ende produce más basura, esta es la cabecera cantonal de Arenillas.

### **Zona de mayor producción per cápita de desechos sólidos**

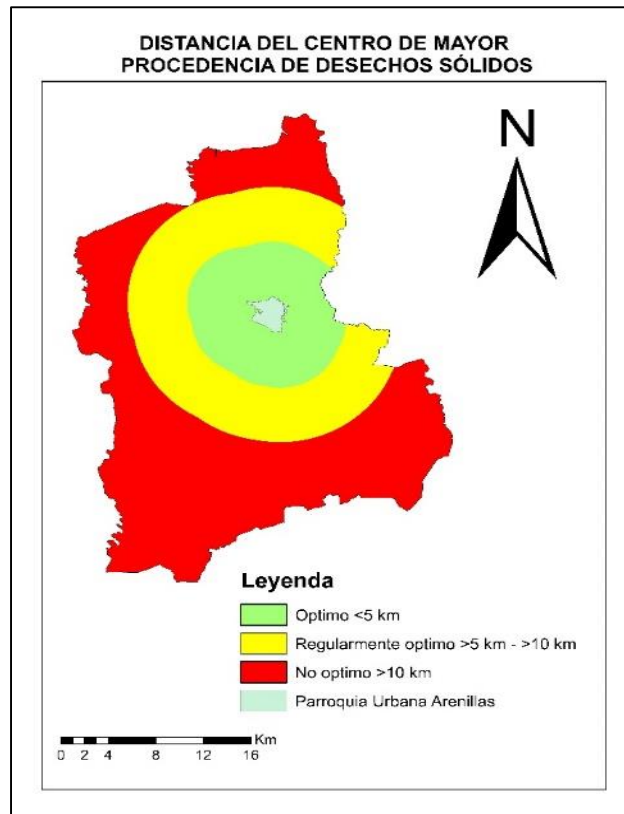
El análisis del lugar de mayor procedencia de desechos sólidos es otro punto a considerarse dentro de la selección del sitio idóneo, de esta manera se descarta zonas que por su lejanía resultan en elevados costos en el transporte de la basura. La parroquia urbana Arenillas es el lugar de mayor densidad poblacional en el cantón, por tanto, existe una mayor producción per cápita de basura (0,3 kg/hab/día). De acuerdo con Röben (2002) clasifica las zonas dependiendo de la distancia al centro de gravedad de donde proceden los desechos. En la siguiente tabla se presenta la clasificación:

*Cuadro 9. Clasificación de zonas óptimas de acuerdo al centro de gravedad de procedencia de desechos sólidos*

Distancia al centro de gravedad de la procedencia de los desechos	Relleno grande o mediano con equipo mecánico
	Distancia (km)
Situación óptima	Población > 200 000: < 7 km Población > 50 000: < 5 km Población < 50 000: < 3 km
Situación mediana	Población > 200 000: 7- 15 km Población > 50 000: 5 - 10 km Población < 50 000: 3 - 6 km
Situación mala	Población > 200 000: > 15 km Población > 50 000: > 10 km Población < 50 000: > 6 km
<b>Fuente:</b> Los autores. <b>Adaptado de:</b> Röben (2002)	

Con esta nueva clasificación, se descarta zonas de situación mediana o mala, quedando así las áreas correspondientes a la situación óptima; es decir, menores a 5 km del lugar de mayor procedencia de basura, tal y como se observa en la siguiente ilustración.

*Ilustración 18. Mapa del centro de mayor procedencia de desechos sólidos*

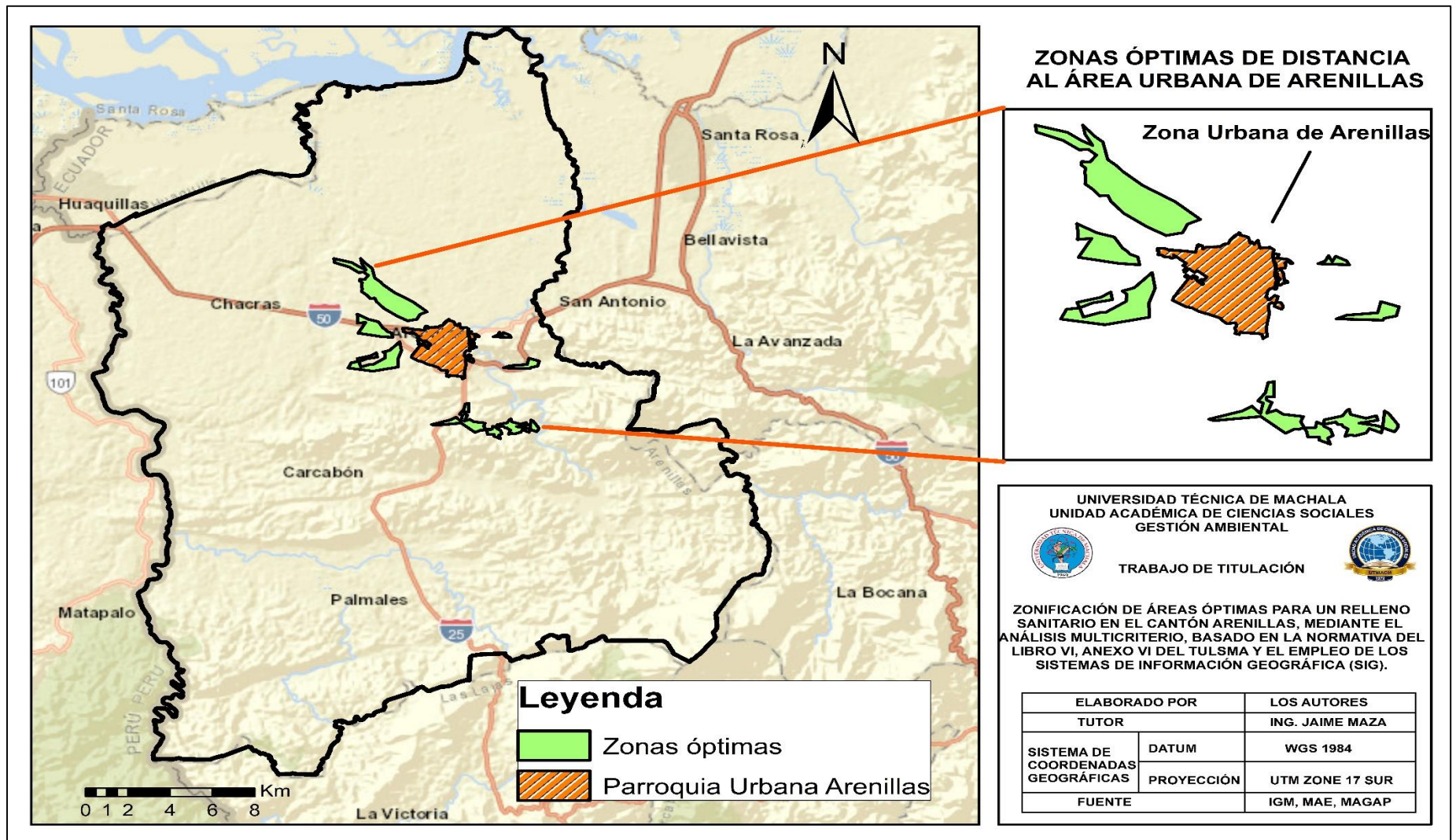


**Fuente:** Los autores

Las zonas que se encuentren dentro del perímetro de los 5 km con respecto al lugar de mayor procedencia de basura, serán las de situación óptima para la construcción de un relleno sanitario en el cantón, además de que resultan económicamente viable con respecto a gastos de transporte. Con esta última exclusión quedan definidas las áreas óptimas.

El mapa final que se presenta a continuación es el resultado de haber manejado datos como: criterios de selección, de restricción y exclusión. La importancia del análisis multicriterio recae en que es una herramienta de gran importancia para la toma de decisiones estratégicas en el campo de la gestión integral (Montalván et al., 2017). De esta manera se obtienen un total de 6 áreas óptimas de mayor idoneidad para el emplazamiento de un relleno sanitario en el cantón Arenillas, con una superficie total de 896 ha, en las que se puede llevar a cabo el proyecto.

Ilustración 19. Mapa final de zonas óptimas para un relleno sanitario



Fuente: Los autores



## 2.4 Fases de implementación

Cuadro 10. Fases de implementación

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES														
Actividades	Descripción	Septiembre				Octubre				Noviembre				
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
<b>Fase I</b>														
Recolección de la Información	Visita al lugar de estudio; entrevista con autoridades del GAD Municipal de Arenillas													
	Revisión bibliográfica sobre la metodología de análisis multicriterio utilizando los sistemas de información geográfica (SIG)													
	Descarga de información cartográfica en base a los criterios del Libro VI, Anexo VI del TULSMA													
<b>Fase II</b>														
Análisis de los criterios técnicos – socioambientales, considerando el Libro VI, Anexo VI del TULSMA	Elaboración del mapa de acuerdo al análisis del criterio de pendiente													
	Elaboración del mapa de acuerdo al análisis del criterio de cuerpos hídricos													
	Elaboración del mapa de acuerdo al análisis del criterio de vías													
	Elaboración del mapa de acuerdo al análisis del criterio de poblados, zona urbana y rural													
	Elaboración del mapa de acuerdo al análisis del criterio de aeropuerto													
	Elaboración del mapa de acuerdo al análisis del criterio de uso de suelo													
	Elaboración del mapa de acuerdo al análisis del criterio de permeabilidad													
<b>Fase III</b>														
Diseño del mapa temático con el área óptima para el emplazamiento de un relleno sanitario en la ciudad de Arenillas	Elaboración del mapa temático de las zonas óptimas en base a los criterios seleccionados													

Fuente: Los autores



## 2.5 Recursos logísticos

Cuadro 11. Recursos logísticos

Recursos Logísticos				
<b>Nombre de la organización</b>	Universidad Técnica de Machala			
<b>Nombre del Proyecto</b>	Zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón Arenillas, mediante el análisis multicriterio, basado en la normativa del Libro VI, Anexo VI del TULSMA y el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)			
<b>Responsables</b>	Docente, estudiantes y autoridades del GAD Municipal de Arenillas			
<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Costos de movilización</b>	Trasporte	3 salidas	\$10.00	\$30.00
	Alimentación	3 almuerzos	\$2.50	\$7.50
	Viáticos	3 botellas de agua	\$0.50	\$1.50
<b>Materiales e insumos</b>	Laptop	2	\$750.00	\$1500.00
	Cámara fotográfica	1	\$400	\$400
	Hojas de campo	50	\$0.02	\$1
	Impresora	1	\$150	\$150
<b>Total</b>				<b>\$2.090</b>
<b>Fuente:</b> Los autores				

## CAPITULO III. VALORACIÓN DE FACTIBILIDAD

### 3.1 Análisis de factibilidad de la dimensión técnica de la propuesta

Dentro de este apartado se utilizó la Matriz de Análisis de Involucrados, la cual nos permite identificar los grupos sociales e institucionales que pudieran tener interés en el proyecto o que, a su vez pudieran verse beneficiados del mismo, ya sea directa o indirectamente. Como mencionan Ortegón, Pacheco y Prieto, (2015) al analizar las expectativas e intereses de los involucrados se puede aprovechar y potenciar el apoyo de aquellos que coinciden con la idea del proyecto o la complementan, minimizar la oposición de aquellos que no están de acuerdo con el proyecto y conseguir el apoyo de los indiferentes.

*Ilustración 20. Matriz de análisis de involucrados*

Actores involucrados		Expectativa	Fuerza	Resultante	Posición potencial
Entidades públicas de administración	GAD Provincial de El Oro	5	5	25	Favorecedores
	GAD Municipal de Arenillas	5	5	25	Favorecedores
	GAD's Parroquiales de Arenillas	3	4	12	Favorecedores
Entidades Públicas de Regulación y Control	Ministerio del Ambiente (MAE)	5	5	25	Favorecedores
	Ministerio de Salud Pública (MSP)	5	5	25	Favorecedores
	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	3	3	9	Favorecedores
	Secretaria Técnica Planifica Ecuador	2	3	6	Indiferentes

(Continúa y finaliza)

<b>Otras entidades</b>	Universidad Técnica de Machala	3	4	12	Favorecedores
	Organizaciones No Gubernamentales (ONG's)	3	4	12	Favorecedores
	Gestores Ambientales	3	4	12	Favorecedores
	Gestores Informales (recicladores)	-4	4	-16	Opositores
	Población local	5	5	25	Favorecedores
	Turistas	5	3	15	Favorecedores
<b>Fuente:</b> CEPAL, 2005					

### **Análisis:**

De acuerdo a la información recabada sobre los actores que se involucran en el proyecto directa e indirectamente, se analizó su posición frente a la problemática y se valoró la fuerza e intensidad de los mismos. Para ello se utilizó una escala del 1 al 5, donde 1 representa el menor grado y 5 indica el mayor grado de importancia del involucrado con el proyecto. Los valores pueden ser positivos porque los actores reciben algún beneficio del proyecto; o negativo porque el proyecto demanda algún costo o perjuicio para los actores.

Por lo anterior, se realizó una valoración cuantitativa entre la importancia que el involucrado le atribuye al proyecto (expectativa) y la capacidad de influir de alguna manera en el mismo (fuerza), donde el resultado describe la posición potencial del involucrado, en este caso; de 25 a 9 (favorecedores), de 8 a -8 (indiferentes) y de -9 a -25 (opositores).

### **Interpretación:**

De acuerdo a la Matriz de Análisis de Involucrados, se presentan 11 actores con una posición potencial de (favorecedores), es decir, que su presencia y aporte en el proyecto es importante y necesaria, entre ellos se destacan; los GAD's provincial, municipal y parroquial, el MAE, MSP, la Universidad Técnica de Machala por su aporte académico y la población local. Así mismo se presenta 1 actor, la Secretaria Técnica Planifica Ecuador, definido de acuerdo a su importancia como (indiferente), debido a que su participación es importante pero no necesaria en la ejecución del proyecto. Por último, cabe destacar 1 actor designado como

(opositor) con base en su posición potencial, en este caso, el grupo de gestores informales o recicladores, quienes no estarían de acuerdo con la implementación del relleno, debido a que se perdería mano de obra y los costos de movilización aumentarían.

Con base en el análisis de 13 actores involucrados, de los cuales 11 se posicionan como favorecedores frente al proyecto, la propuesta de zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón Arenillas, es técnicamente viable.

### 3.2 Análisis de factibilidad de la dimensión económica de la propuesta

Con el método de costos evitados es posible cuantificar la disposición que se tiene para incurrir en determinados costos con el fin de evitar el daño causado por la degradación del medio ambiente, lo que ocasiona la pérdida de un servicio ambiental (Ripka de Almeida, Luiz da Silva y Hernández, 2018).

*Ilustración 21. Costos evitados en la selección del sitio idóneo para un relleno sanitario*

Impacto	Metodología de valoración	Etapas	Costos evitados	Acción
Alteración en la calidad del agua	Costos de enfermedad	Costos asociados al tratamiento de lixiviados, así como también los costos de mantenimiento y vigilancia y control.	Costos ambientales	Distancia a cuerpos hídricos
		Morbilidad por enfermedades diarreicas causadas por la contaminación por lixiviados a las fuentes de agua.	Costos Sociales	
Alteración en la calidad del aire	Costos de enfermedad	Morbilidad por las enfermedades respiratorias causadas por la contaminación atmosférica por partículas.	Costos Sociales	Distancia a centros poblados
Alteración en la calidad del suelo	Costos de reposición	Costo de las áreas afectadas mediante labores de mitigación o corrección del impacto.	Costos ambientales	Permeabilidad del suelo

**Fuente:** Los autores. **Adaptado de:** Ripka de Almeida, Luiz da Silva & Hernández Santoyo (2018); Quimi & Savinovich (2020) ; Narváez (2016).

**Análisis:**

El análisis de la herramienta de costos evitados, se expresan elementos que permiten justificar la necesidad de zonificar las áreas con características óptimas para el emplazamiento de un relleno sanitario con la finalidad de mejorar el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del Cantón Arenillas; si bien es cierto esta propuesta no se encuentra direccionada a generar algún valor económico, sino más bien lo hace bajo un criterio integral, es decir que, durante la etapa de construcción y operación del relleno en los sitios selectos mediante el análisis multicriterio, se encamine hacia un desarrollo sostenible.

**Interpretación:**

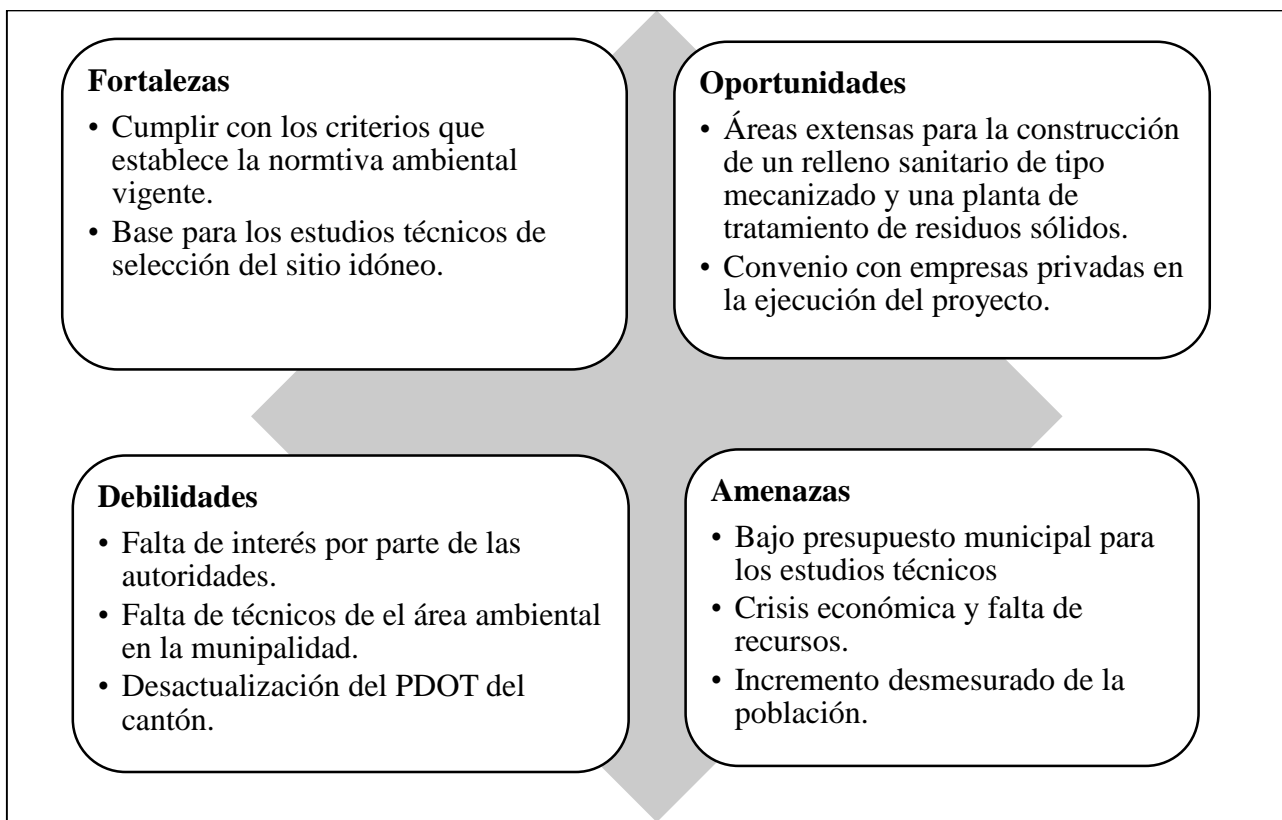
La implementación de la propuesta resulta factible en la dimensión económica, porque se evitarán los costos por reparación integral, producto de una incorrecta selección del área para la construcción del nuevo relleno sanitario, además de que infringe la normativa ambiental vigente y puede acarrear sanciones para las autoridades. Por otra parte, se disminuyen costos de transporte desde el lugar de mayor procedencia de desechos hacia el nuevo sitio para la disposición final. Los sitios seleccionados tienen la superficie necesaria para la implementación de una planta de tratamiento de desechos sólidos, del cual durante la etapa de operación se puede obtener un producto con un valor agregado.

**3.3 Análisis de factibilidad de la dimensión social de la propuesta**

Para determinar la viabilidad de la propuesta en la dimensión social se ha optado por utilizar la herramienta de planificación FODA, por sus siglas que describen las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. De acuerdo a los autores Castillo y Banguera (2018) esta herramienta nos ayuda a realizar un análisis interno, que revisa las fortalezas y debilidades, y un análisis externo, que revisa las oportunidades y amenazas de un proyecto o una empresa.

De la misma manera, López, Cueva, y Orozco, (2017) mencionan, el análisis FODA es una herramienta que puede ser aplicada en cualquier trabajo que requiera resultados objetivos, es decir, en esta herramienta se emplean y analizan variables que serán la base para la toma de decisiones estratégicas que permitan mejorar la situación presente en el futuro.

*Ilustración 22. Análisis FODA*



**Fuente:** Evaluación estratégica desde una matriz FODA, 2018

### **Análisis:**

Para evaluar la implementación de la propuesta desde la parte social, se utilizó la herramienta FODA, la cual nos permite visualizar las características internas y externas del proyecto, dándonos una perspectiva general de la situación estratégica, para una correcta toma de decisiones (Ponce, 2007).

### **Interpretación:**

Con base en la aplicación de la herramienta FODA, se puede decir que la propuesta de zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón Arenillas es factible socialmente, ya que al cumplir con los criterios técnico – ambientales se disminuirán los problemas de malos olores y contaminación paisajística que aqueja la población cercana al actual botadero. Además, con este proyecto se deja cimientos para que en lo posterior se realicen estudios a mayor profundidad en lo que respecta a la ubicación del sitio idóneo y de

la misma manera actualizar la información de su territorio, considerándose los aspectos de fortalezas y oportunidades de mayor importancia sobre las debilidades y amenazas.

### **3.4 Análisis de factibilidad de la dimensión ambiental de la propuesta**

Para este análisis se basó en los resultados de las matrices de cumplimiento de la normativa y causa/efecto, en el cual se encontró que el actual botadero del cantón Arenillas no considera la parte ambiental para su ubicación, además que su mal manejo está impactando negativamente a los recursos naturales a su alrededor. Nuestra propuesta resulta factible en la dimensión ambiental, porque con la selección del sitio idóneo para la construcción de un nuevo relleno sanitario, mediante análisis multicriterio; permitirá la preservación y protección de los recursos naturales. Además, que de esta manera se estará cumpliendo con lo establecido en el marco legal ambiental.

Por lo anterior descrito, con base en los criterios ambientales de la Normativa (TULSMA), se toma en cuenta: el distanciamiento a cuerpos de agua, permeabilidad del suelo y la restricción en áreas naturales protegidas, de esta manera se protege los recursos naturales indispensables para el hombre. Cabe destacar que un relleno sanitario con un sistema deficiente de manejo de desechos sólidos, pone en riesgo la calidad de los recursos debido al potencial contaminante que genera en sus procesos de degradación de la materia como la emanación de gases, generación de lixiviados, entre otros problemas que ocasionan daños a la naturaleza, muchas veces irreparables.

## CONCLUSIONES

Una vez realizado y revisado todos los puntos del presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

- ❖ En el desarrollo del capítulo I, se evaluó de la situación actual del botadero del cantón Arenillas con una matriz de criterios de ubicación y cumplimiento de la normativa; como resultado de ello se encontró el incumplimiento de 3 criterios de ubicación: distancia mínima de 200 m a cuerpos hídricos, distancia superior a 500 m a la última casa y el criterio de permeabilidad del suelo. Además, durante la visita in situ a la zona de estudio y el análisis de la información obtenida se comprobó que no se cumple con el plan de manejo ambiental.
  
- ❖ La información cartográfica base, fue importante para la realización del presente trabajo, pero durante su recopilación se presentaron ciertas limitaciones, como la desactualización de datos, por lo cual fue necesario contrastar la información adquirida en Geo portales con las que manejaba el GAD Municipal, misma que sirvió para el desarrollo del presente proyecto.
  
- ❖ Una vez seleccionada y ordenada toda la información cartográfica, se elaboraron los mapas de los criterios de ubicación de acuerdo a la literatura seleccionada, para lo cual se ponderó cada uno de acuerdo a lo requerido en la normativa ambiental, permitiendo conocer y analizar las zonas óptimas y no óptimas de cada criterio.
  
- ❖ El análisis multicriterio, permitió la elaboración del mapa final con las áreas de ubicación óptima para el emplazamiento de un relleno sanitario de tipo mecanizado en el cantón Arenillas, lográndose identificar 6 áreas con una superficie total de 896 ha.



## RECOMENDACIONES

Una vez concluido el presente trabajo, es preciso considerar algunas pautas que permitan el desarrollo de nuevos proyectos relacionados con la utilización de las herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), teniendo en cuenta esto, se recomienda:

- ❖ Destinar los recursos necesarios por parte de las autoridades pertinentes, para el buen funcionamiento del actual botadero y de esta manera se cumpla a cabalidad con lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental. De la misma manera establecer lo más pronto posible el cierre técnico del proyecto, ya que el impacto ambiental puede ser severo en los próximos años.
- ❖ Para una mayor precisión en los resultados obtenidos en cuanto a la ubicación o localización de zonas óptimas, se recomienda la actualización de datos de los criterios seleccionados para ajustarse a la realidad, escalas de trabajo en contraste con la superficie de estudio, equipos e insumos para la obtención y procesamiento de datos.
- ❖ Planificar los estudios de los recursos agua, aire y suelo en los próximos POA's (Plan Operativo Anual) del cantón que permita obtener información de la situación actual de los recursos naturales. Además de ello incluir charlas de concientización a la población en general, acerca de los problemas ambientales ocasionados por la mala disposición de residuos en botaderos y su incidencia en la salud.
- ❖ Utilizar la metodología del Proceso de Análisis Jerárquico o AHP (por sus siglas en inglés) propuesta por Saaty (1980), que generalmente se utiliza en el análisis multicriterio. El AHP es un modelo matemático que permite evaluar la importancia de un criterio sobre su subsecuente, para ello se necesita la ponderación y criterio técnico de profesionales expertos en la temática, para una mayor credibilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J. L. (2014). El Metodo de la Invesigación. *International Journal of Good Conscience.*, 200-201.
- Calduch, R. C. (2012). *Métodos y Técnicas de Investigación en Relaciones Internacionales*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Censos, I. N. (2010). *Base de Datos - Censo de Población y Vivienda*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Collado, C. F. (2010). *Metodología de la Investigación* (Vol. 5). (S. D. INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) México D.F, México: McGRAW-HILL.
- Angelone, S., Garibay, M. T., & Cahuapé, M. (2006). *Geología y geotecnia: permeabilidad de suelos*. Universidad Nacional de Rosario. Obtenido de <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>
- Antunes, S. O., & Imaña, E. J. (Julio-Diciembre de 2018). Influencia del relleno sanitario de la ciudad de Goiânia sobre la agrupación de especies arbóreas en la Sabana brasileña. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(37), 58-66. doi:10.18845/rfmk.v15i37.3596
- Batista, R. M., Castro, A. R., & Maldonado, A. V. (2019). Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos, estudio de casos. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 265-271. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202019000100265](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000100265)
- Baque, S. J., & Baque, S. B. (enero de 2019). Propuesta de zonificación de uso del suelo en el cantón Montecristi. *Dominio de las Ciencias*, 5(1), 326-349. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2019.5.1.enero.326-349>

- Cabrera, F. A. (2020). Educación Ambiental para el poblador del distrito de Casa Grande en el manejo de residuos sólidos urbanos entre julio a diciembre del año 2019. *Arnaldoa*, 27(1), 323-334. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992020000100323&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992020000100323&script=sci_arttext)
- Castillo, L. A., Maya, J. R., & García, N. A. (2016). Diagnóstico de la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la ciudad de Bacalar, Quintana Roo mediante el enfoque del Nuevo Institucionalismo. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 18(1), 75-87. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/401/40149179005.pdf>
- Castillo-Ruano, G. R., & Banguera-Rojas, D. E. (Septiembre de 2018). Evaluación estratégica desde una matriz FODA en la empresa aglomerados. *POLO DEL CONOCIMIENTO*, 3(9), 224-230. doi:10.23857/pc.v3i9.720
- Cervetto, A. M., & Moreira, N. M. (2017). DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL PARQUE HISTÓRICO GUAYAQUIL. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 72-83. Obtenido de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-85962017000100072](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962017000100072)
- Cobos, S., Solano, J., Vera, A., & Monge, J. (2017). EJE 02-02. Análisis multicriterio basado en GIS para identificar potenciales áreas de emplazamiento de un relleno sanitario mancomunado en la provincia del Azuay. *XVI Conferencia de Sistemas de Información Geográfica . XVI*, págs. 51-62. Cuenca: Memorias Y Boletines De La Universidad Del Azuay. Obtenido de <http://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/48>
- Colomer, F. J.-M., Altabella, J. E., García, F. D., Herrera, L. P., & Robles, F. M. ( mayo-agosto de 2013). Influencia de la ubicación de los rellenos sanitarios en el impacto ambiental. Caso

de España. *Ingeniería*, 17(2), 141-151. Obtenido de  
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46730913005.pdf>

CRE. (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008*. Obtenido de  
[https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)

Erazo, N. (2016). IDENTIFICACIÓN DE SITIOS POTENCIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO A PARTIR DE UN SIG EN EL MUNICIPIO DE PUPIALES - NARIÑO. (*Título de especialista*). Universidad de Manizales, Manizales.

Fazenda, A. J., & Tavares, R. M. (octubre-diciembre de 2016). Caracterización de residuos sólidos urbanos en Sumbe: herramienta para gestión de residuos. *Ciencias Holguín*, 22(4), 1-15. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181548029002>

García, B. R., Socorro, C. A., & Maldonado, A. V. (Enero-Marzo de 2019). Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos, estudio de casos. *Universidad y Sociedad*, 11(1), 265-271. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v11n1/2218-3620-rus-11-01-265.pdf>

Gascón, S. M., Jiménez, L. M., & Pérez, H. G. (2015). Óptima ubicación de un relleno sanitario para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá empleando Sistemas de Información Geográfica. *Revista Ingenierías USBMed*, 6(1), 38-45. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6007720>

Gómez, O. A., Álvarez, D. H., & Londoño, L. A. ( enero-junio de 2018). Análisis multicriterio SIG basado en momentos de orden superior normalizados para el cálculo de superficies de viabilidad ambiental. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 49-57. doi:10.21500/20275846.3300

- Gran, C. J., & Bernache, P. G. (2016). Gestión de residuos sólidos urbanos, capacidades del gobierno municipal y derechos ambientales. *Sociedad y Ambiente*, 1(9), 73-101. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455745080004>
- Hernández, F., & Corredor, L. (2016). Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Revista de Tecnología*, 15(1), 57-76. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041529>
- INAMHI, I. N. (2017). Anuario meteorológico. Machala. Obtenido de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/gisweb/TIPO\\_DE\\_CLIMAS/PDF/TIPOS\\_CLIMA\\_ECUADOR\\_2017.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/gisweb/TIPO_DE_CLIMAS/PDF/TIPOS_CLIMA_ECUADOR_2017.pdf)
- INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2016). *Documento Técnico “Estadística Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales” Gestión de Residuos Sólidos 2016*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Köfalusi, G. K., & Aguilar, G. E. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica*(79), 39-51. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907903>
- León, H., Cruz, C., Dávila, R., Tapia, F., & Chapa, J. (2015). Impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares (Nuevo León) sobre la calidad del agua superficial y subterránea. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 32(3), 514-526. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1026-87742015000300514&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1026-87742015000300514&lng=es&nrm=iso)
- López, F. G., Cueva, D. Á., & Orozco, E. M. (2017). PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MEJORA BASADAS EN ANALISIS FODA EN LAS PEQUEÑAS EMPRESAS DE ARANDAS, JALISCO,

MÉXICO. *Ra Ximhai*, 13(3), 417-424. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070025.pdf>

Loyola, G. C., Rivas, M. J., & Gacitúa, R. M. ( enero-junio de 2015). Permeabilidad del suelo de la cuenca del río Chillán, entre Estero Peladillas y río Ñuble, Chile. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía*, 24(1), 73-86. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281832840006>

Machorro, R. A., Rosano, O. G., Tavera, C., Flores, T. J., Maimone, C. M., Tavera, E. M., . . .

Rodríguez, E. P. (2020). SUSTENTABILIDAD Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO OCASIONADO POR EL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE CARMEN EN CAMPECHE, MÉXICO. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 32(2). doi:10.17163/lgr.n32.2020.06

Ministerio del Ambiente. (2015). TULSMA, Libro VI, Anexo 6: Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos. MAE. Quito, Ecuador.

Mol, M. P., Queiroz, J. T., Gomes, J., & Heller, L. (2020). Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue. *Rev Panam Salud Publica*, 44(2). doi:10.26633/RPSP.2020.22

Molano, C. F. (2019). El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: la producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019. *Historia Crítica*(74), 127-149. doi:10.7440/histcrit74.2019.06

Montalván, E. A., Aguilera, C. Y., Veitia, R. E., & Brígido, F. O. (enero-abril de 2017). Análisis multicriterio para la gestión integrada de aguas residuales industriales. (I. S. Echeverría, Ed.) *Ingeniería Industrial*, XXXVIII(1), 56-67. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360450397006>

- Morales, S. S., & Rodríguez, I. A. (abril-junio de 2016). Evaluación geológica ambiental para ubicar un relleno sanitario manual en la parroquia Mene de Mauroa. *Minería y Geología*, 32(2), 87-101. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223545820006>
- Musso, T. B., Pettinari, G., Parolo, M. E., & Mesquín, L. (2017). ARCILLAS ESMECTÍCAS DE LA REGIÓN NORPATAGÓNICA ARGENTINA COMO BARRERAS HIDRÁULICAS DE RELLENOS SANITARIOS Y AGENTES DE RETENCIÓN DE METALES PESADOS. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(1). doi:10.20937/RICA.2017.33.01.13
- Maldonado, J. I., Chona, J. A., & Cajiao, A. M. (2017). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios en filtros anaerobios de flujo ascendente de dos fases (DI – FAFS). *Revista INGENIERÍA UC*, 24(1), 91-104. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70750544011.pdf>
- Narváz, N. G. (2016). Análisis socio-económico del tratamiento de. *Disertación previa a la obtención del título de Economista*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR - FACULTAD DE ECONOMÍA, QUITO, ECUADOR. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11503/Disertaci%C3%B3n%20de%20grado%20Gabriela%20Melissa%20Navarro%20Narv%C3%A1ez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navarro, G. d.-G. (Octubre de 2016). Manejo Integral de Desechos Sólidos Mediante el Compostero. *Revista Científica*, 1(1), 115-133. doi:10.29394
- Niño, T. Á., Trujillo, G. J., & Niño, T. A. (enero-junio de 2017). GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO. UNA MIRADA DESDE LOS GRUPOS DE INTERÉS: EMPRESA, ESTADO Y COMUNIDAD. *Revista Luna Azul*(44), 177-187. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321750362011.pdf>

NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. (20 de Octubre de 2004). Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Mexico, Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Olivares, N. S., Arriaga, R. P., & Orozco, E. M. (2017). ESTUDIO DEL NIVEL DE CONCIENTIZACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL MUNICIPIO DE ARANDAS, JALISCO. *Ra Ximhai*, 13(3), 425-438. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070026.pdf>

Orejuela, I. F. (5 de mayo de 2018). EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA LA UBICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN LA CIUDAD DE MACAS, A TRAVÉS DE LA PONDERACIÓN DE SUS VARIABLES CON EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO, AHP. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, III(3), 84-85. Obtenido de <http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2018/06/7.pdf>

Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Chile: Naciones Unidas - CEPAL. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf)

Palacios, I. F. (2018). EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA LA UBICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN LA CIUDAD DE MACAS, A TRAVÉS DE LA PONDERACIÓN DE SUS VARIABLES CON EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO, AHP. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, III(3), 83-94.

Pellón, A., López, M., Espinosa, M., & González, O. (May-Ago de 2015). Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, 36(2), 3-16.



Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382015000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382015000200001)

PÉREZ, G. B. (2012). RIESGO DE CONTAMINACIÓN POR DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS. UN ESTUDIO DE LA REGIÓN CENTRO OCCIDENTE DE MÉXICO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28, 97-105. Obtenido de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/34917>

Ponce, T. H. ( enero-junio de 2007). La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 12(1), 113-130. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29212108>

Prieto, B. S. (2016). *Optimización de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la Mancomunidad de San Markos mediante herramientas multicriterio*. España: UNIA - Universidad Internacional de Andalucía. Obtenido de [https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=662187&fbclid=IwAR3Yr7K2V1zVCDIWvdaSRqRwZvazkBoqOnZJ6jk44iVJ-UZS4labL54xK\\_Y](https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=662187&fbclid=IwAR3Yr7K2V1zVCDIWvdaSRqRwZvazkBoqOnZJ6jk44iVJ-UZS4labL54xK_Y)

Quimi, N. J., & Savinovich, Z. P. (2020). Diseño de una estrategia de zonificación de la comuna Pejeyacu para el uso sostenible desus recursos naturales. *Trabajo de titulación*. UTMACH, Facultad De ciencias Sociale, Machala, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15623>

Quintero, D. (Julio - Diciembre de 2016). El papel de la gestión territorial en la ubicación de rellenos sanitarios. Caso de estudio: relleno sanitario Doña Juana, Bogotá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 21(2), 251-276. doi:10.19053/01233769.5852

- Reynaldo, M. O., & Igarza, L. M. (2016). METODOLOGÍA PARA EL ORDENAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS. *Ciencia en su PC*(1), 15-29. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181345819002.pdf>
- Ripka de Almeida, A., Luiz da Silva, C., & Hernández Santoyo, A. (2018). Métodos de valoración económica ambiental: instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. *Universidad y Sociedad*, 10(3), 134-141. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202018000400246&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000400246&lang=es)
- Röben, E. (2002). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*. Obtenido de *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*: <http://nidointeractive.com/aecologica/wp-content/uploads/loja.pdf>
- Rojas, B., Borja, J., Poma, M., Cárdenas, M., & Rubio, F. (julio-septiembre de 2020). Estado actual de la gestión de desechos químicos en los rellenos sanitarios del Cantón Puerto Francisco de Orellana. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 1143-1159. doi:10.23857/dc.v6i3.1357
- Rojas, V. J., & Bogantes, J. (Julio-Diciembre de 2018). Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos ordinarios de la Universidad Nacional de Costa Rica, dispuestos en rellenos sanitarios. *Uniciencia*, 32(2), 57-69. doi:10.15359/ru.32-2.4
- Salazar, A. R., & Hernández, C. D. (Julio-Diciembre de 2018). Evaluación de la eficiencia del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 20(2), 73-102. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/401/40158030009/40158030009.pdf>

- Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Sandoval, E. A.-V., Ramirez, A.-T., & Cuarán, D. ( octubre de 2015). Resistencia al esfuerzo cortante en rellenos sanitarios. *Dyna*, 82(193), 83-92. doi:10.15446
- Ulloa, J. (2006). LOS RELLENOS SANITARIOS. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*(4), 2-17.  
Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>
- VALAREZO, D. J. (2016). "PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA VIDA ÚTIL DEL RELLENO SANITARIO "CANOAS", CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO". *TRABAJO DE TITULACIÓN EXAMEN COMPLEXIVO PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER EN IMPACTOS AMBIENTALES*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14844/1/TESIS%20REVISADA%20ING.%20DULIS.pdf>
- Vega, M. E., & Herrero, R. S. (2017). La recirculación de lixiviados de rellenos sanitarios en biodigestores a escala de laboratorio. *Tecnología Química*, 37(3), 433-444. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852017000300006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000300006)

## ANEXOS

### *Anexo 1. Inadecuada disposición de desechos*



### *Anexo 2. Acumulación de desechos especiales*





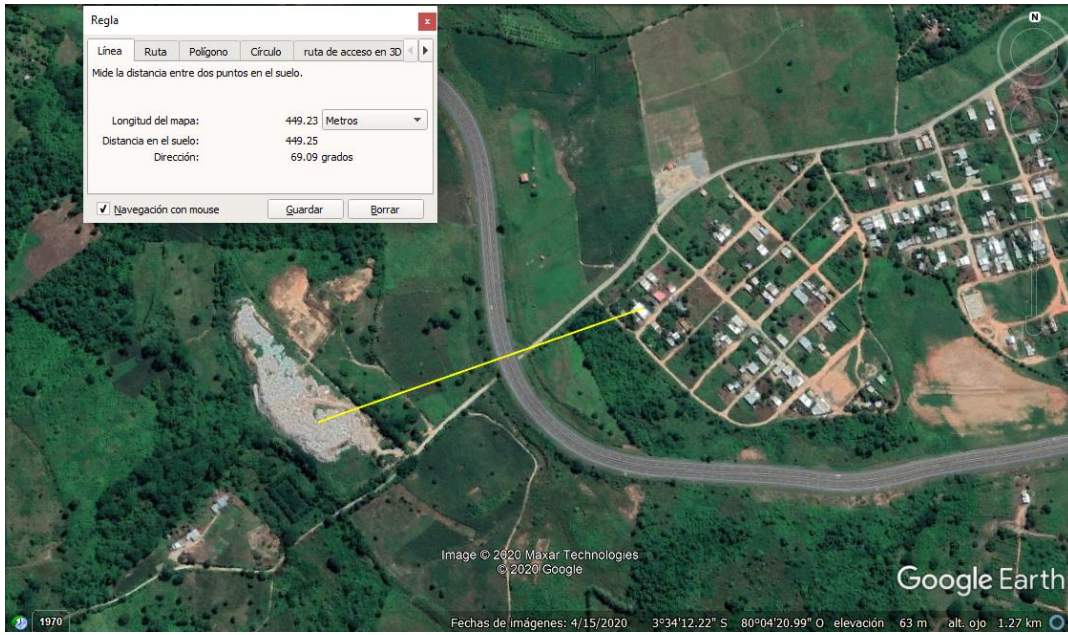
***Anexo 3. Presencia de vectores en el botadero***



***Anexo 4. Cierre técnico del antiguo botadero***



### Anexo 5. Distancia del botadero con respecto a la última casa





Anexo 6. Acta de entrega de información digital



**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL DEL CANTÓN ARENILLAS**



**UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**ACTA DE ENTREGA - RECEPCIÓN**

**INFORMACIÓN DIGITAL SOBRE ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS DEL  
CANTÓN ARENILLAS**

En la Oficina de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal de Arenillas, siendo las 14h00 del día Viernes 18 de SEPTIEMBRE de 2020, nos constituimos los Señores: Tnlgo. Marvin Duran Albuja, en calidad de Coordinador de la Unidad de Gestión Ambiental; y, el Señor Aaron Alberto Porras Cun, en calidad de Estudiante de la Carrera de Gestión Ambiental de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), para proceder a suscribir el Acta de Entrega – Recepción de INFORMACIÓN DIGITAL RELACIONADA CON LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN ARENILLAS; según el siguiente detalle:


- Estudio técnico para el cierre del botadero controlado de Arenillas
- Licencia Ambiental
- Caracterización de residuos sólidos urbanos
- Plano del terreno (botadero controlado)
- PMA Cierre Técnico
- Plan GIRES Arenillas
- PDOT 2015-2019

Para constancia y fe de lo actuado, firman en común acuerdo en un original y una copia de igual valor y tenor legal.

Arenillas, 18 de SEPTIEMBRE de 2018

Muy atentamente,



  
Tnlgo. Marvin Duran Albuja,  
**COORDINADOR DE LA UNIDAD DE  
GESTIÓN AMBIENTAL DEL GAD  
MUNICIPAL DEL CANTÓN ARENILLAS**



Sr. Aaron Alberto Porras Cun  
**ESTUDIANTE DE LA  
CARRERA DE GESTIÓN  
AMBIENTAL DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
MACHALA (UTMACH)**