



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO
SANITARIO MEDIANTE ANÁLISIS
MULTICRITERIO BASADO EN SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PROVINCIA
DE TRUJILLO 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autoras:

Karla Lizbeth Ludeña Zavaleta
Isabel de Fatima Moreno Ñique

Asesor:

Ing. Elvar Renato Miñano Mera

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

Quiero dedicarme esta tesis porque soy mi principal motivación, porque la decisión de elegir este rubro de la ingeniería es lo que me hace feliz.

Así también quiero dedicarla a cada una de las personas que estuvieron acompañándome durante este proceso de aprendizaje, en especial a mi familia; a mi mamá, pues sin ella no lo habría logrado, a mi papá por brindarme sabiduría desde siempre, a mis hermanos, por sacarme sonrisas en esos momentos de tensión, a mi abuelita, quien siempre estuvo orgullosa de mí y me dio sus buenos deseos todos los días al salir de casa, a mis tíos, tías, y a mis primos, por su ayuda de siempre.

Karla Ludeña.

A Dios, por estar en todo momento enseñándome y bendiciéndome. Con todo amor a mi familia, veo sus rostros llenos de sonrisas. A mi madre Ysabel, por su ardua labor como madre y abuela. A mi tía Flor Moreno, agradecida con su apoyo incondicional. A mis queridos abuelitos, quienes, me brindaron sabios consejos y sé que ella, en el cielo, está muy orgullosa.

Pero en especial a mi Ariana, es mi motivación constante, quién me acompañó, desde muy bebé, en estos 5 años de carrera y aprendimos juntas a nunca rendirnos.

A mi mejor amiga Karla Ludeña, después de compartir alegrías, tristezas y aventuras, con éxito podemos decir lo logramos. A mi compañero de vida, quién estuvo en las traspasadas, pero siempre me alentaba y motivaba cuando ya no podía más.

Fátima Moreno.

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental por haberme impartido sus conocimientos durante esos cinco años de estudio en la universidad.

A nuestro asesor, Ing. Renato Miñano Mera, por sus enseñanzas previas y apoyo brindado durante la ejecución de la tesis.

A nuestros compañeros de trabajo que se convirtieron en amigos, por siempre animarnos a no dejar inconcluso esta parte de la formación y darnos aliento a siempre seguir con nuestras metas.

A nuestros compañeros de carrera, por dejarnos llevar esos años con risas y compañía amena.

A nuestras mejores amigas porque siempre se sintieron orgullosas de nosotras a pesar de ser aún semillas dentro de este gran bosque del desarrollo profesional.

A nuestras familias, que nos apoyaron de manera excepcional tanto económica como emocionalmente.

Gracias por su aliento incondicional.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	18
CAPÍTULO III. RESULTADOS	33
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	51
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos recopilados SENAAMI	19
Tabla 2. Datos cartográficos.....	19
Tabla 3. Criterios de selección	25
Tabla 4. Ponderación de criterios	26
Tabla 5. Clasificación de criterio.....	27
Tabla 6. Clasificación de criterio accesibilidad al área	28
Tabla 7. Clasificación de criterio capacidad de uso mayor de tierra	28
Tabla 8. Clasificación de criterio Distancia a cuerpos hídricos.....	29
Tabla 9. Clasificación de criterio distancia a áreas naturales protegidas.....	30
Tabla 10. Clasificación de criterio pendiente del terreno	31
Tabla 11. Porcentaje de influencia de cada criterio	32
Tabla 12. Áreas identificadas	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de Trabajo.....	21
Figura 2. Mapa de ubicación de área de estudio.....	22

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Tasa de Crecimiento Poblacional</i>	23
<i>Ecuación 2. Población proyectada</i>	23
<i>Ecuación 3. Masa anual total</i>	24
<i>Ecuación 4. Área requerida</i>	24
<i>Ecuación 5. Área total requerida</i>	25

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación fue desarrollado en la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad y tiene como objetivo la localización de áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario mediante el uso de sistemas de información geográfica aplicando la metodología de análisis multicriterio. Se tomaron en cuenta las condiciones descritas en la normativa legal vigente para la selección de áreas en la infraestructura de disposición final. Además, se elaboraron diferentes mapas temáticos con relación a cada criterio identificado con el fin de integrar cada uno de estos y materializar la superposición de cada uno y obtener resultados esperados. También, se establecieron las características y criterios adecuados para la localización óptima de un relleno sanitario empleando el análisis multicriterio y el software ArcGIS. Como resultado, se obtuvieron dos áreas óptimas A1: 834.78 has, A2: 451.02 has.

Palabras clave: análisis multicriterio, ArcMap, relleno sanitario, residuos sólidos, sistemas de información geográfica.

ABSTRACT

The following work research was developed in the province of Trujillo, department of La Libertad and its objective is to locate optimal areas for the location of sanitary landfill throughout the use of geographic information systems applying the multi criteria analysis methodology. The conditions described in the current legal regulations were taken into account for the selection of areas in the final disposal infrastructure. In addition, different thematic maps were prepared in relation to each identified criterion in order to integrate each of these and materialize the overlap of each one and obtain expected results. Also, the characteristics and suitable criteria for the optimal location of a sanitary landfill were established using multicriteria analysis and ArcGIS software. As a result, two optimal areas were obtained: A1: 834.78 has, A2: 451.02 has.

Keywords: multi criteria analysis, sanitary landfill, solid waste, geographic information systems.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La generación de residuos es producto natural del proceso de desarrollo económico del ser humano a medida que ejecuta cada una de sus actividades, el crecimiento poblacional y la rápida urbanización de las ciudades (Kaza et al., 2018). En la actualidad, la producción de los residuos ha crecido de manera alarmante, de modo que según la publicación *What a waste 2.0* del Banco Interamericano de Desarrollo, la generación de residuos urbanos al año 2016, en el mundo, alcanzó los 2.01 billones de toneladas. Siendo la producción per cápita, en América Latina, entre 0.5 a 0.99 kg. de residuos por día, es decir, el 11% de la generación de residuos a nivel mundial.

Por otro lado, la inadecuada gestión de residuos sólidos constituye un problema que aqueja a la gran mayoría de ciudades, principalmente en la etapa de disposición final puesto que existe escasez de lugares adecuados destinados a ello, que, sumado a factores como el crecimiento poblacional, mala gestión municipal, entre otros, generan grandes cantidades de residuos sin tratamiento especial. En las últimas décadas la población peruana creció de 24 242 600 millones de habitantes en 1995 a 32 625 948 en el año 2020 (Instituto de Estadística Nacional de Estadística e Informática, 2020) y la generación de residuos pasó de 6 904 950.4 toneladas en el 2014 a 7 259 340 toneladas para el 2019, lo que significa que cada habitante genera alrededor de 0.57 kg/día y aproximadamente 19 000 toneladas diarias a nivel nacional (Sistema Nacional de Información Ambiental – MINAM, 2019).

El Decreto Legislativo N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, define en los anexos que: “un relleno sanitario es una instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos [...]”, en tal sentido, nuestro país solo cuenta con 54 rellenos sanitarios distribuidos a lo largo de todo el territorio, es decir, solo el 53% de los

residuos sólidos generados son dispuestos de manera adecuada mientras que el resto es dispuesto en uno de los 1585 botaderos, que son lugares no autorizados para tal fin. (MINAM, 2019).

La provincia de Trujillo no está absenta de tal realidad y es que al ser una de las ciudades donde se concentra mayor cantidad de habitantes, se generan aproximadamente 1200 toneladas diarias, que son trasladadas al Botadero “El Milagro”, el cual no presenta las condiciones y no cumple con los requisitos mínimos para ser una infraestructura adecuada, tal y como lo menciona el Art. 110 en el capítulo IV del Título IX del D.S. N° 014 -2017 – MINAM. Por tal razón, después de estudios y aprobación de expedientes, la creación de un Relleno Sanitario para la provincia de Trujillo aparece siendo como una realidad, esto según el Acuerdo N° S/N. - Acta de Validación de ámbito territorial para la infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales de la provincia de Trujillo (2019), la cual nos indica el posicionamiento oficial del área designada y seleccionada a través de estudios convencionales y de mayor tiempo de ejecución.

Por todo lo expuesto y teniendo en cuenta que se tienen que buscar alternativas rápidas y en corto plazo, eficaces pero sobre todo que no alteren o generen impactos ambientales negativos, se presentan desde hace un tiempo, el uso de Sistemas de Información Geográfica, el cual se define como un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, teniendo como principal función: capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados (Corte, G. 2001 como se citó en Olaya, V. 2014). Así mismo, se ejecuta la herramienta de análisis multicriterio que según Tkach & Simonovic, 1997 estos se caracterizan por su gran capacidad metodológica y se agrupan en tres grupos: de ordenamiento o jerarquía, de multicriterio y técnicas de programación matemática. La evaluación multicriterio se realiza mediante el uso de los Sistemas de Información

Geográfica con alguna técnica multicriterio, como son: el álgebra booleana, la lógica difusa, combinación lineal ponderada o por el proceso jerárquico analítico.

En la toma de decisiones, es primordial la utilización de estos procedimientos ya que se podrá evaluar diferentes números de alternativas condicionadas por criterios dependiendo del problema a solucionar. Para lo cual estas técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) estarán orientadas principalmente al manejo de la planificación.

Por otro lado, a nivel mundial, se han desarrollado diversos estudios para demostrar la eficacia de los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación a través del análisis multicriterio, así pues, tenemos:

De acuerdo con la investigación de Gascón, Jiménez & Pérez (2015), cuyo objetivo fue encontrar una ubicación óptima para un relleno sanitario en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. El estudio tuvo como metodología el uso de *shapefiles*, para ello se georreferenció y digitalizó la información geográfica requerida en base al Decreto 838-2005 (normativa colombiana) para establecer los criterios a utilizar dentro del software ArcGIS. Se obtuvo un espacio conforme al puntaje dado por los evaluadores y concluyó que no fue posible trabajar todos los criterios debido a la falta de información, sin embargo, se logró ubicar potenciales terrenos para la implementación del relleno sanitario.

Enciso, D. *et al* (2015) por su parte, su investigación tuvo como objetivo conformar una base de datos georreferenciada y generar información a partir de análisis espaciales usando Sistemas de Información Geográfica, con información de residuos sólidos urbanos de diversos sitios de la Zona Metropolitana del Valle de México. La propuesta metodológica consistió en la recolección de información sobre Estaciones de transferencia ubicadas a lo largo del área de estudio y los Sitios de disposición final para así generar una base de datos previa, posteriormente procesarlas y juntamente con la cartografía de vías de información y

otros criterios, lograr generar un geodatabase y por tal las rutas apropiadas para el transporte de los residuos sólidos urbanos. Así pues, se obtuvo como resultado la creación de 60 rutas óptimas, por lo que se concluye que se deberá reorganizar el sistema de transporte para con ello hacer más eficiente la etapa de transporte.

Del mismo modo, Belalcázar, I. (2019), en su investigación determinó que existían áreas que desde la parte física, social y económica fueron “aptas” para localizar un relleno sanitario. El estudio tuvo como metodología clasificar en primera instancia los criterios, parámetros y valorizar subcriterios; posterior a ello procedió a realizar el geoprocetamiento en el programa MCAS-S donde obtuvo resultados de la unión de los distintos subcriterios que derivaron en la obtención de los criterios generales y que en conjunto con la aplicación del método AHP resultó como producto la categorización de áreas adecuadas en relación con la ponderación anteriormente establecida. Finalmente, concluyó que dentro de la zona de estudio si fue posible ubicar áreas aptas, y como resultado obtuvo dos potenciales terrenos de 50 y 35 hectáreas respectivamente.

Por su parte, Cobos, S. *et al* (2017) en su investigación cuyo objetivo fue identificar potenciales áreas para establecer un relleno sanitario mancomunado para la provincia del Azuay, mediante un análisis de decisión multicriterio (MCDA) con combinación lineal ponderada (WLC), basada en Sistema de Información Geográfica (GIS). El estudio tuvo como metodología aplicar la creación de criterios de idoneidad y de restricción de acuerdo con la normativa vigente, estudios previos y disponibilidad de la información para luego crear la ponderación adecuada y hacer la elección de sitios potenciales en cumplimiento de los parámetros establecidos dentro de cada uno de los criterios de selección conjuntamente apoyado con la técnica WLC. Como resultado se obtuvo que el área potencial debería ser de

aproximadamente 45 hectáreas, además el 11% de la superficie de la provincia presentó condiciones adecuadas para establecer un relleno sanitario.

Vía, M. Muñoz, M. & Martín, B. (2007) en su investigación tuvo como objetivo detectar zonas con vegetación y flora de alto valor que actualmente no se encuentran protegidos en Madrid a través de la valorización en el entorno haciendo uso de la evaluación multicriterio y los SIG. El trabajo consistió en la delimitación del ámbito de estudio, consiguiendo así indicadores de valorización, y realizando una metodología de tipo no compensatorio que se basa en que el resultado final se obtiene a partir de la relevancia de un criterio frente a los otros. Finalmente, obtuvieron en mención a la flora, que las zonas más próximas a la Sierra de Guadarrama, son las que representan valores más altos, y se puede decir que la mayor parte de las zonas que no están protegidas, no representan amplias extensiones de flora de gran valor, así pues, de la superficie total solo el 5.5% presenta valores altos de vegetación y flora.

Por otro lado, a nivel nacional también se han elaborado investigaciones referentes al uso de los SIG para la determinación de problemáticas ambientales, tales como:

Espejo, A. (2017) en su tesis de pregrado, tuvo como objetivo localizar un área óptima para la ubicación de un relleno sanitario a través de los sistemas de información geográfica. El proceso de trabajo consistió en identificar y determinar los criterios de selección de sitio para luego hacer una caracterización de los residuos de la localidad y obtener el área adecuada para el relleno sanitario; posteriormente definió los criterios y factores óptimos de localización para hacer uso del software ArcGIS y estableció la superposición de criterios obteniendo así los resultados finales donde fueron cuatro las áreas definidas como zonas óptimas con una extensión de entre 3 hasta más de 60 hectáreas.

Así también, Loyaga, F. (2019) en su tesis de pregrado cuyo objetivo fue hacer uso de los SIG para encontrar la localización adecuada de un relleno sanitario en su jurisdicción. La metodología empleada consistía en la aplicación del análisis multicriterio en apoyo de los criterios establecidos en la normativa peruana para el diseño, construcción de un relleno sanitario, para luego hacer el geoprocesamiento de la información recabada a través del software QGis y obtener el mapa de áreas óptimas con la superposición de criterios. Como resultado se obtuvo que existen 2 áreas óptimas y 13 aceptables para la instalación, con una superficie mayor a 2 hectáreas.

Paredes, E. (2018) tuvo como objetivo en su investigación principal identificar áreas óptimas para la disposición final de residuos sólidos en la ciudad de Sandia del departamento de Puno, así que para ello utilizó la metodología de aplicación de superposición de capas mediante el uso de ArcGis 10.3 a través del análisis espacial y siguiendo lineamientos de la normativa peruana. Como resultado se obtuvo que, de las tres alternativas propuestas, la alternativa N° 2 (Aricato) es la más propicia a usar puesto que presenta características favorables para su uso.

Por su parte, Ríos, R. (2020) en su tesis de licenciatura, cuyo objetivo fue identificar sitios idóneos para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos mediante el análisis multicriterio. La metodología empleada implicó la ejecución de identificación en primer lugar de criterios para ser utilizados mediante el método analítico jerárquico (AHP) y posteriormente emplear una encuesta para ponderar cada uno de los criterios. Como resultado se obtuvo que, el 69.52% del área de estudio no era apta, mientras que el restante si lo era, con una extensión de alrededor de 22 257 km² que fueron consideradas como áreas de alto potencial.

Asimismo, Uscamayta, G. (2021) en su investigación cuyo objetivo fue determinar áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco. La metodología empleada implica el uso de la evaluación multicriterio y los sistemas de información geográfica (SIG), en primera instancia la etapa pre-campo logró la identificación de áreas de selección y posteriormente la identificación in situ para la selección final de las zonas aptas. Como resultado se obtuvo 3 zonas seleccionadas, de 72, 215 y 65 hectáreas respectivamente.

En definitiva, se pretende realizar una evaluación de la superficie en la provincia de Trujillo y encontrar una alternativa de solución eficiente frente a la problemática ambiental actual, ya que surge la interrogante de si es posible identificar un área óptima para la localización de un relleno sanitario mediante el uso de análisis multicriterio en sistemas de información geográfica, puesto que, el procedimiento para la selección de áreas es muchas veces engorroso y tardío y por tal, a la fecha, en nuestra provincia no se cuenta con un relleno sanitario que asegure el adecuado manejo de los residuos sólidos municipales en la ciudad y frente a una disposición inadecuada de los residuos perjudicando al ambiente y a la población colindante.

De manera general el objetivo principal de la investigación es localizar áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario mediante el uso de sistemas de información geográfica aplicando la metodología de análisis multicriterio, en la provincia de Trujillo; mientras que los objetivos específicos son: OE1: Diagnosticar la tasa de crecimiento poblacional, la cantidad de residuos generados en la ciudad de Trujillo y el área mínima requerida para el relleno sanitario en la provincia de Trujillo para el año 2020. OE2: Aplicar las condiciones descritas en la normativa legal vigente para la selección de áreas en la infraestructura de disposición final. OE3: Establecer las características y criterios adecuados

para la localización óptima de un relleno sanitario empleando el análisis multicriterio y el software ArcGIS. OE4: Elaborar diferentes mapas temáticos con relación a cada criterio identificado.

Para finalizar, debido a que el tipo de investigación es descriptiva (Hernández, R. Fernández, C. & Baptista, M. 2014), no existe hipótesis en la presente investigación.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, puesto que se basa en investigaciones previas y está orientado hacia la descripción, predicción y explicación. Además, la recolección de datos se obtiene mediante observación, medición y documentación (Hernández, R. Fernández, C. & Baptista, M. 2014), tal y como lo hace la presente investigación, ya que el procedimiento de trabajo involucró inicialmente la recolección de datos cartográficos y otros necesarios para emplear la ponderación en cada uno de los criterios seleccionados.

El tipo de investigación es aplicada debido a que ésta busca la aplicación o utilización de los resultados que se adquieren. (Behar, D. 2008). Así pues, la ejecución de este estudio tiene como fin el generar conocimiento en cuanto a metodología y uso de los sistemas de información geográfica para su replicación en otros lugares a nivel nacional o internacional. La investigación es de tipo propositiva – descriptiva puesto que se utiliza el método de análisis donde se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta (Behar, D. 2008), además de tener el fin de generar conocimiento de manera que pueda ser usado en futuras investigaciones.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que, según Hernández, R. Fernández, C. & Baptista, M. 2014, este se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos, así pues, se tiene que en la investigación la variable independiente que es la metodología de análisis multicriterio mediante uso de sistemas de información geográfica no fue manipulada.

2.2. Población y muestra

Población

Se ha trabajado con toda la extensión de la provincia de Trujillo, la cual tiene 176 865 ha y abarca 11 distritos: Trujillo, Florencia de Mora, El Porvenir, La Esperanza, Víctor Larco Herrera, Huanchaco, Laredo, Moche, Poroto, Salaverry y Simbal.

Muestra

La muestra se ha realizado abarcando toda la provincia de Trujillo, la cual comprende los 11 distritos .

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Materiales

- Datos hidrometeorológicos (dirección y velocidad del viento) para obtención de rosa de viento.

Tabla 1.
Datos recopilados SENAHMI

Fuente	Datos	Fecha
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú	Dirección y velocidad del viento – Estación Casa Grande	Periodo noviembre 2019 a noviembre 2020

Los datos recopilados se tomaron de la estación más cercana al área de estudio, durante el periodo de año para tener mejor exactitud en cuanto a resultados.

- Insumos cartográficos (shapefiles) de los diferentes criterios de selección.

Tabla 2.
Datos cartográficos

Datos	Fuente
- Límites: departamental, provincial, distrital.	Instituto Geográfico Nacional

- Red vial nacional	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Uso de suelo	Ministerio de Medio Ambiente
- Áreas Naturales protegidas	SERNAP
- Cuerpos de agua	Autoridad Nacional del Agua
- Pendiente del terreno	Alaska Satellite Facility (servidor)
- Casco Urbano	Instituto Geográfico Nacional

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Instrumentos

Los equipos utilizados fueron los siguiente:

- Computador Intel Core I7

Los programas utilizados fueron:

- ArcGIS 10.4
- WRPLOT View
- Google Earth Pro
- Microsoft Office (Excel)

2.3.3. Metodología

Para la ejecución de la investigación se hizo uso de los Sistemas de Información Geográfica a través del software ArcGIS incorporando el método de análisis multicriterio, en este caso fue el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

Para empezar, se hizo la selección de criterios predominantes según lo que establece la normativa peruana y otros adicionales para tener mayor precisión al momento de la selección. Posteriormente, se determinó el peso relativo a cada criterio con el fin de encontrar el más relevante, por lo que es imprescindible que la sumatoria de todos ellos sea la unidad o el 100%.

Continuando con el proceso, se realizó la ponderación a cada uno de los criterios establecidos (todos los criterios deberán estar rasterizados).

Finalmente, haciendo uso del software ArcGIS y el AHP se obtuvieron las áreas óptimas requeridas, sin embargo, es fundamental verificar e implementar la seleccionada.

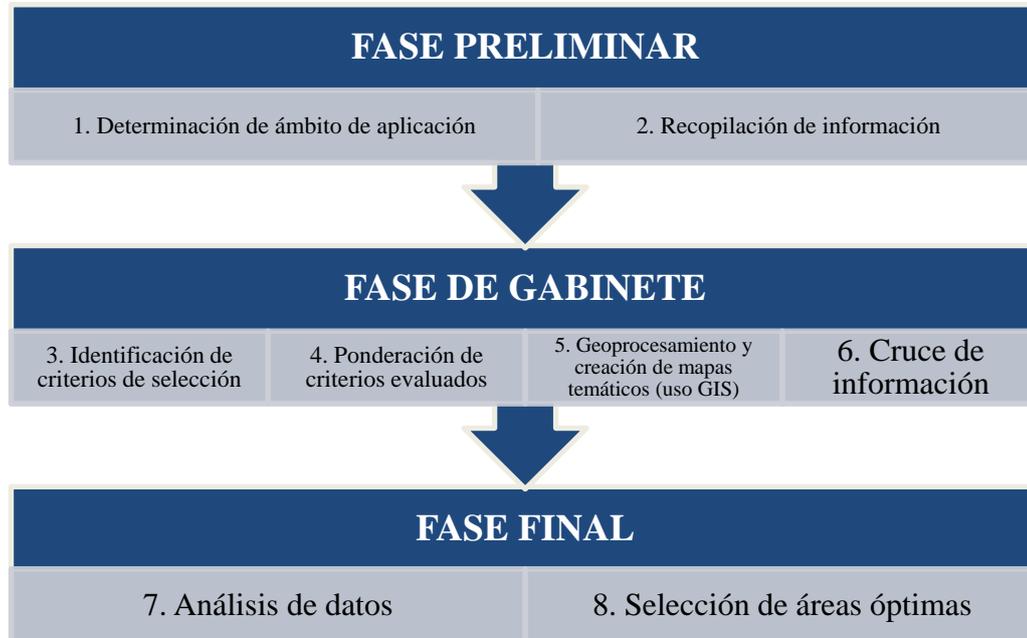


Figura 1. Fases de Trabajo

2.4. Procedimiento

2.4.1. Fase I. Preliminar

2.4.1.1. Área de Estudio

La investigación abarcó la problemática de residuos sólidos de la provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú.

Esta, está ubicada a 34 msnm. y cuenta con una superficie de 1 768.65 km², en las siguientes coordenadas WGS84 – 17S – UTM 717074.1 m E; 9102352.2 m N, siendo sus límites:

Por el Norte : Con la provincia de Ascope

Por el Sur : Con la provincia de Virú

Por el Este : Con la provincia de Otuzco

Por el Oeste : Con el Océano Pacífico

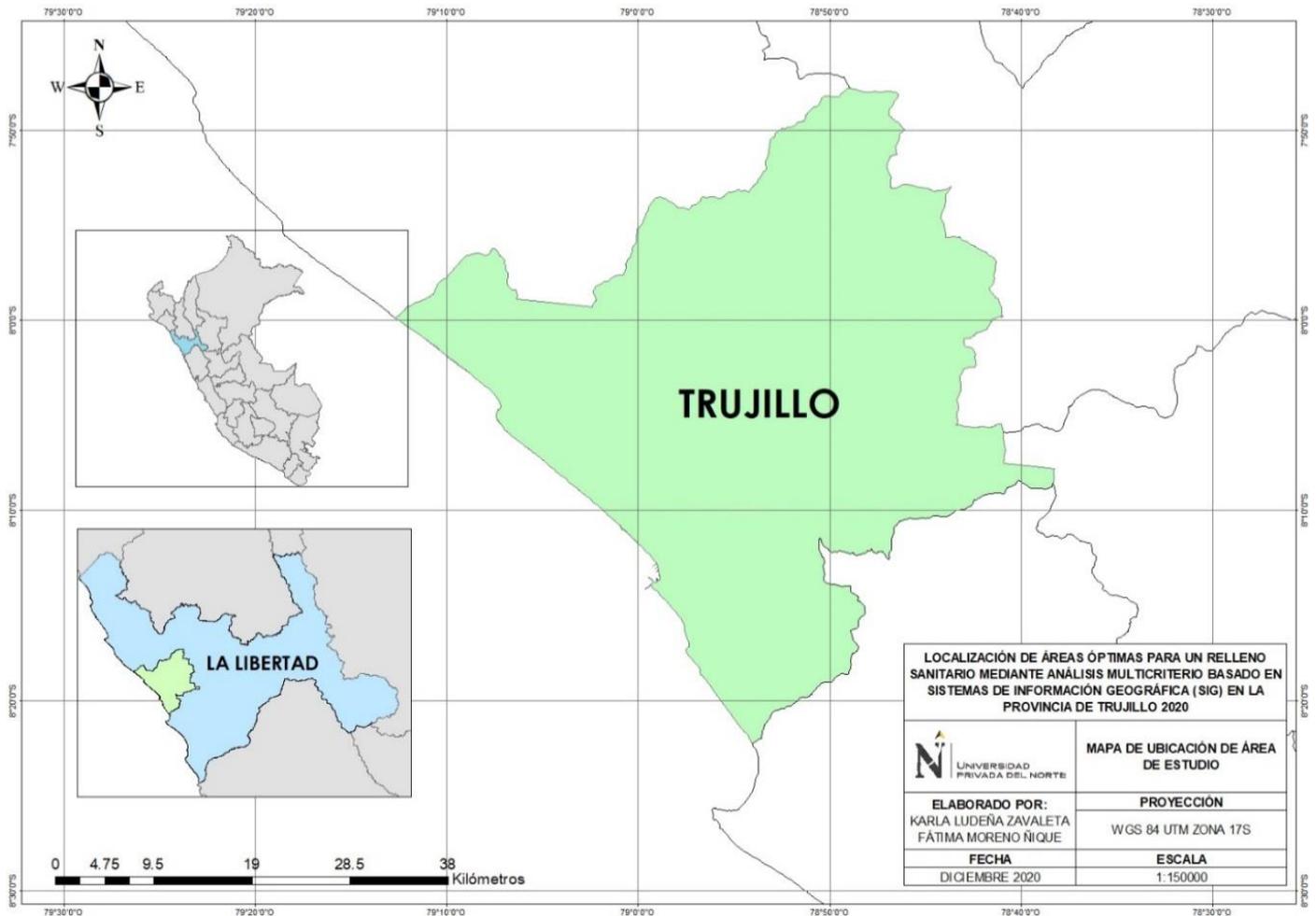


Figura 2. Mapa de ubicación de área de estudio

2.4.1.2. Recopilación de información

La localización de un relleno sanitario se vio condicionada por distintos criterios establecidos en la normativa peruana, y según lo establecido por investigación de los analistas.

Asimismo, se establecieron primero algunos datos de cálculo de residuos sólidos para tener en cuenta.

a. Determinación y proyección de la población actual

De acuerdo con los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en los censos del 2007 y 2017, se determinó la tasa de crecimiento poblacional para el año 2020, teniendo en cuenta la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Tc = 100 * \left(\sqrt[n]{\frac{\text{Población final}}{\text{Población Inicial}}} - 1 \right) \quad \dots\dots \text{Ecuación 1. Tasa de Crecimiento Poblacional}$$

Donde:

Tc: Tasa de crecimiento poblacional

n: Número de años entre población final y población inicial.

Tenemos entonces:

- Población Censo 2007: 811979 habitantes
- Población Censo 2017: 970016 habitantes

$$Tc = 100 * \left(\sqrt[10]{\frac{970016}{811979}} - 1 \right)$$

$$Tc = 1.794 \%$$

Con el resultado, se estimó la proyección de la población al año 2020, con la siguiente fórmula:

$$Pf = Pi * (1 + r)^n \quad \dots\dots \text{Ecuación 2. Población proyectada}$$

Donde:

Pi: Población inicial al año 2017

Pf: Población final proyectada al año 2020

r: Tasa de crecimiento anual

n: Número de años que se desea proyectar a la población, a partir de la población inicial (Pi).

$$Pf = 970016 * (1 + 1.794)^3$$

$$P_f = 1023164.442 \text{ habitantes}$$

b. Determinación de generación de residuos

Con la estimación de población en la provincia, se determinó la generación de residuos ($m^3/año$) mediante la siguiente fórmula:

$$M_t = P_e * P_{pc} * \text{días}(\text{año } 2020) \quad \dots\dots \text{Ecuación 3. masa anual total}$$

Donde

M_t = masa total anual rrss

P_e = Población estimada (año 2020)

P_{pc} = producción per cápita de RRSS para la provincia

$$M_t = 1023164.442 * 0.55 * 366(\text{año } 2020)$$

$$M_t = 187239092.9 \text{ kg}$$

*Densidad = 275 kg/m^3 (Fuente: SIGERSOL, 2019)

Volumen de residuos sólidos anual:

$$V = \frac{m}{d}$$

$$V = \frac{187239092.9}{275}$$

$$V_t = 680869.42 \text{ m}^3$$

c. Cálculo de área requerida

Con los datos obtenidos previamente, y aplicando la fórmula 4, se determinó la extensión de área apropiada para la construcción del relleno sanitario.

$$A_{rs} = \frac{V_{rs}}{h} \quad \dots\dots \text{Ecuación 4. Área requerida}$$

$$A_{rs} = \frac{680869.42 \text{ m}^3}{5 \text{ m}}$$

$$A_{rs} = 136173.88 \text{ m}^2$$

Sin embargo, según la guía para la construcción de un relleno sanitario (MINAM) se considera un 30% de área adicional para establecer los espacios administrativos.

$$A_t = F * A_{rs} \quad \dots\dots \text{Ecuación 5. Área total requerida}$$

$$A_t = 1.30 * 136173.88 \text{ m}^3$$

$$A_t = 177026.044 \text{ m}^3 \approx 17.70 \text{ ha}$$

d. Cálculo de dirección y velocidad del viento

Con datos recopilados de la estación meteorológica más cercana (Estación Casa Grande) durante el periodo de octubre 2019 a noviembre 2020, se elaboró la Rosa de Viento, la cual indica que los vientos predominantes son provenientes del Sur Oeste (SO) con dirección al Nor Este (NE) con velocidad entre 2.10 a 3.60 m/s durante el año de observación.

2.4.2. Fase II. De Gabinete

2.4.2.1. Identificación de criterios de selección

Para la elección de los criterios influyentes dentro de la selección de sitio para el acondicionamiento de una infraestructura de disposición final de residuos sólidos, se utilizó de lo descrito en los artículos 109 y 110 del Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos:

Así pues, en la siguiente tabla se mencionan los criterios seleccionados:

Tabla 3.
Criterios de selección

Criterios de Selección	DL N° 1278 y su reglamento DS N° 014-2017-MINAM
Distancia a población más cercana	>500 m
Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos	>500 m

Accesibilidad al área (red vial)	-
Pendiente del terreno	4 – 40°
Uso de suelo	-
Áreas naturales protegidas	-

Fuente: DS N°014-2017-MINAM

2.4.2.2. Ponderación de criterios

Tabla 4.
Ponderación de criterios

Criterios de Selección	Escala	Valor
Distancia a población más cercana	0 – 0.5 km	1
	0.5 – 1.0 km	2
	1.0 – 2.0 km	3
	2.0 – 5.0 km	4
	>5 km	5
Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos	0 – 0.5 km	1
	0.5 – 1.0 km	2
	1.0 – 2.0 km	3
	– 5.0 km	4
	>5 km	5
Accesibilidad al área (red vial)	0 – 200 m	1
	200 – 500 m	5
	500 – 2000 m	4
	2000 – 5000 m	3
	>5000 m	2
Pendiente del terreno	< 4°	2
	4 – 40°	3
	>40°	1
Uso de suelo	Matorrales/cultivos agropecuarios	5
	Planicies costeras y estibaciones andinas sin vegetación	4
	Planicies costeras y estibaciones andinas sin vegetación	3

	Cultivos agrícolas	2
	Bosques secos de montañas	2
	Poblados	1
Áreas naturales protegidas	0 – 500 m	1
	500 – 1000 m	2
	1000 – 2000 m	3
	2000 – 5000 m	4
	>5000 m	5

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.3. Elaboración de mapas temáticos de cada criterio

a) Criterio de distancia a zonas urbanas

Con el insumo brindado por el Instituto Geográfico Nacional, se procedió a primero con la proyección del ráster. Para ello se utilizó la siguiente ruta: ARCTOOLBOX, DATA MANAGEMENT TOOLS, PROJECTIONS AND TRANSFORMATION, RASTER, PROJECT RASTER.

Posteriormente, para calcular la distancia: ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS, DISTANCE, EUCLIDIAN DISTANCE, con ello se realizó la reclasificación de acuerdo con la escala establecida y se utilizó: ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY. (ver anexo N°1)

Tabla 5. Clasificación de criterio

ZONA URBANA	Valores	Clasificación
<500 m	1	No apta
500 – 1000 m	2	No apta
1000 – 2000 m	3	apta
2000 – 5000 m	4	apta
>5000 m	5	acceptable

Fuente: Elaboración propia

b) Criterio de accesibilidad al área (red vial)

De igual forma que en el criterio anterior, se utilizó la distancia euclidiana, para lo cual se continuó con las siguientes rutas ARCTOOLBOX/ SPATIAL ANALYST TOOLS/ DISTANCE/ EUCLIDIAN DISTANCE y a partir de ello se reclasificó con ARCTOOLBOX/ SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY. (ver anexo N° 2).

Tabla 6.
Clasificación de criterio accesibilidad al área

ACCESIBILIDAD AL ÁREA	Valores	Clasificación
0 – 200 m	1	No óptimo
200 – 500 m	5	Muy Óptimo
500 – 2000 m	4	óptimo
2000 – 5000 m	3	Poco óptimo
>5000 m	2	No óptimo

Fuente: Elaboración propia

c) Criterio uso mayor de tierras

Para el trabajo de este insumo, que está en formato vectorial, se hizo la construcción de un dato ráster, a través de la herramienta conversión, como se detalla a continuación: ARCTOOLBOX/ CONVERSION TOOLS/ TO RASTER/ POLYGON TO RASTER.

Una vez realizado lo anterior, se procedió con la reclasificación siguiendo la ruta: ARCTOOLBOX/ SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY. (ver anexo N° 3)

Tabla 7.
Clasificación de criterio capacidad de uso mayor de tierra

CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS	Valores	Clasificación
--	----------------	----------------------

Matorrales/cultivos agropecuarios	5	Muy óptimo
Planicies costeras y estibaciones andinas sin vegetación	4	Óptimo
Planicies costeras y estibaciones andinas sin vegetación	3	Poco óptimo
Cultivos agrícolas	2	Poco óptimo
Bosques secos de montañas	2	Poco óptimo
Poblados	1	No óptimo

Fuente: Elaboración propia

d) Distancia a cuerpos hídricos

Debido a que la información proporcionada por la ANA no estaba proyectada, se hizo uso de: ARCTOOLBOX, DATA MANAGEMENT TOOLS, PROJECTIONS AND TRANSFORMATION, RASTER, PROJECT RASTER y así se trabajó con el *shapefile*. Posteriormente se hizo uso de la herramienta distancia euclidiana, con los siguientes pasos ARCTOOLBOX/ SPATIAL ANALYST TOOLS/ DISTANCE/ EUCLIDIAN DISTANCE y finalmente la reclasificación ARCTOOLBOX/ SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY. (ver anexo N° 4)

Para hacer el recorte de los layers a tamaño de nuestra área es estudio se procedió siguiendo: ARCTOOLBOX/ DATA MANAGEMENT TOOLS/ RASTER/ RASTER PROCESSING / CLIP.

Tabla 8.
Clasificación de criterio Distancia a cuerpos hídricos

DISTANCIA A CUERPOS HÍDRICOS	Valores	Clasificación
0 – 500 m	1	No óptimo
500 – 1000 m	2	óptimo

1000 – 2000 m	3	óptimo
2000 – 5000 m	4	óptimo
>5000 m	5	óptimo

Fuente: Elaboración propia

e) Distancia a áreas protegidas

Según el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP, INEI, 2020), dentro de la provincia de Trujillo, no se encuentran áreas naturales protegidas de ninguna categoría. Sin embargo, sí se ubica un área de conservación privada que son los Humedales y totorales de Huanchaco. Éstos están a la espera de su declaración de interés y protección natural. Por lo cual, se procedió con ubicar la distancia euclidiana, primero con la conversión a ráster del *shapefile* siguiendo con la ruta: ARCTOOLBOX, DATA MANAGEMENT TOOLS, PROJECTIONS AND TRANSFORMATION, RASTER, PROJECT RASTER.

Para el cálculo de la distancia se usó ARCTOOLBOX/ SPATIAL ANALYST TOOLS/ DISTANCE/ EUCLIDIAN DISTANCE y finalmente la reclasificación ARCTOOLBOX/ SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY. (ver anexo N° 5)

Tabla 9.
Clasificación de criterio distancia a áreas naturales protegidas

DISTANCIA A ÁREA NATURAL PROTEGIDA	Valores	Clasificación
0 – 500 m	1	No apta
500 – 1000 m	2	No apta
1000 – 2000 m	3	apta
2000 – 5000 m	4	aceptable
>5000 m	5	aceptable

Fuente: Elaboración propia

f) Pendiente

Para la creación del mapa de pendiente, se parte del modelo de elevación digital que tiene por resolución de píxel (12.5 x 12.5) descargado del servidor de Alaska Satellite Facility, se obtuvo las 3 capas ubicadas dentro de la zona de estudio para luego habilitarlas en ArcMap.

Así se realizó la unión de los dem, haciendo uso de ARCTOOLBOX/ DATA MANagements TOOLS/ RASTER/ RASTER DATASET/ MOSAIC TO NEW RASTER.

Posteriormente se realizó la reclasificación dirigiéndonos a ARCTOOLBOX/ SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY. (ver anexo N° 6).

Tabla 10.
Clasificación de criterio pendiente del terreno

CRITERIO PENDIENTE DEL TERRENO	Valores	Clasificación
< 4°	2	Pendiente baja
4 – 40°	3	Pendiente óptima
>40°	1	Pendiente muy alta

Fuente: Elaboración propia

Identificación del área óptima

Posterior a la creación de todos los mapas de criterios, se elaboró la superposición de estos a fin de que se encuentre el o las áreas óptimas para la localización del relleno sanitario.

Para ello, se utilizó la calculadora ráster, no sin antes establecer la ponderación de influencia para cada uno de los criterios establecidos:

Tabla 11.
Porcentaje de influencia de cada criterio

Criterios	% de influencia
Distancia a población	10
Distancia a cuerpos hídricos	25
Accesibilidad al área	10
Pendiente del terreno	10
Uso actual de suelo	25
Áreas naturales protegidas	20

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, luego de reclasificar cada uno de los criterios, se procedió a lo siguiente: en ARCTOOLBOX / SPATIAL ANALYST TOOLS / MAP ALGEBRA / RASTER CALCULATOR (ver anexo N° 7), se colocó cada uno de los criterios y sus ponderaciones finales a fin de obtener el mapa final.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Como resultado de la investigación y el análisis multicriterio se identificó 20 áreas, de las cuales solo 2 fueron consideradas como áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en la provincia de Trujillo con una extensión de 834.78 y 451.02 ha respectivamente, pues las restantes no cumplen con todos los criterios de selección (Ver Tabla N° 4).

Tabla 12.

Localización de áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario.

ÁREAS IDENTIFICADAS		
Polígono	Categoría	Área (ha)
A	A. ÓPTIMA	834.78
B	A. ÓPTIMA	451.02
C	A. NO OPTIMA	825.93
D	A. NO OPTIMA	87.23
E	A. NO OPTIMA	417.86
F	A. NO OPTIMA	594.81
G	A. NO OPTIMA	58.64
H	A. NO OPTIMA	153.09
I	A. NO OPTIMA	132.47
J	A. NO OPTIMA	84.91
K	A. NO OPTIMA	379.30
L	A. NO OPTIMA	313.31
M	A. NO OPTIMA	321.11
N	A. NO OPTIMA	193.75
Ñ	A. NO OPTIMA	114.21
O	A. NO OPTIMA	87.18
P	A. NO OPTIMA	78.50
Q	A. NO OPTIMA	71.05
R	A. NO OPTIMA	110.03

Fuente: Elaboración propia

Además, se determinó la tasa de crecimiento poblacional para el año 2020, y como resultado se obtuvo una proyección estimada de **1 023 164.442 habitantes**. También, en relación con la caracterización de residuos sólidos, para la provincia de Trujillo se determinó que la generación de residuos al año 2020 fue de **680 869.42 (m³/año)** y el área mínima requerida para el relleno sanitario en la provincia de Trujillo fue de **177 026.044 m³ o 17.70 ha**.

Tabla 13.

Determinación de tasa de crecimiento poblacional, cantidad de residuos generados y el área mínima requerida para el relleno sanitario.

Gestión de Residuos Sólidos	Resultados
Cantidad de habitantes	1 023 164.442 habitantes
Generación de residuos sólidos	680 869.42 m ³ /año
Área mínima requerida para el relleno sanitario	177 026.044 m ³ o 17.70 ha

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó las condiciones descritas en la normativa ambiental vigente para la selección de áreas en la infraestructura de disposición final, la cual debe contar con una infraestructura adecuada y que cumpla con las condiciones descritas según el Art. 110 en el capítulo IV del Título IX del D.S. N° 014 -2017 – MINAM. Además, fue de vital importancia la creación y ponderación de criterios, ya que según Bemuren, S. & Llamazares, F. “La identificación de criterios y subcriterios constituye los puntos de vista considerados importantes para la resolución de un problema o la consecución de un objetivo.

Tabla 14.
Criterios de selección

Criterios de Selección	DL N° 1278 y su reglamento DS N° 014-2017-MINAM
Distancia a población más cercana	>500 m
Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos	>500 m
Accesibilidad al área (red vial)	-
Pendiente del terreno	4 – 40°
Uso de suelo	-
Áreas naturales protegidas	-

Fuente: DS N°014-2017-MINAM

Criterio “distancia a zonas urbanas”, en el Anexo N° 10, se ubica en el mapa temático las respectivas distancias seleccionadas. Las áreas de color rojo y rosa son consideradas como “No aptas” ya que poseen distancias menores a 1000 m (1 km) y pues la instalación de un Relleno Sanitario podría generar disconformidad dentro del núcleo urbano por el impacto ambiental negativo que este causaría (malos olores, proliferación de vectores, riesgo a salud). Mientras que las áreas color naranja, amarilla fueron consideradas como “Aptas” con distancias entre 1000 y 5000 m, y el área de color verde es “Aceptable” porque presenta distancias mayores a 5000 m. A este criterio se otorgó un porcentaje de influencia de 10.

Criterio “accesibilidad al área”, anexo N° 11, en el mapa temático se observan las distancias seleccionadas. Así pues, tenemos las áreas de color rojo, naranja y rosa consideradas como “no óptimas” puesto que son espacios que o son muy cercanos (menor a 200 metros) o muy lejanos (mayor a 2000 m) de la red vial principal, por lo que podrían generar aumento en el costo de traslado de los residuos hacia el relleno sanitario. Por otro lado, las áreas de color verde y celeste se consideraron como “óptimas”, con distancias entre 200 y 2000 metros, debido a que evitan la excesiva proximidad a la carretera sin dejar de lado la correcta

accesibilidad a la zona seleccionada. A este criterio se otorgó un porcentaje de influencia de 10.

Criterio “uso mayor de tierras”, en anexo N° 12, el mapa temático muestra el uso de las tierras otorgado a lo largo de toda la provincia. Cada valor, permitió identificar la mejor zona para la instalación del relleno sanitario. Como áreas no óptimas se estableció: “Planicies costeras y estibaciones andinas con vegetación, Cultivos agrícolas, Bosques secos de montañas y poblados” los cuales tienen coloración rosa amarillo y rojo respectivamente. Mientras que zonas como “Matorrales/cultivos agropecuarios y Planicies costeras y estibaciones andinas sin vegetación” se consideró como “óptimas” destacadas con color verde y celeste. A este criterio se otorgó un porcentaje de influencia de 25.

Criterio “distancia a cuerpos hídricos”, en anexo N° 13, se muestra el mapa temático con las diferentes distancias que se establecieron para la valoración del criterio. En color rojo, la zona considerada como “no óptima”, la cual representa zonas menores a 500 metros de algún cuerpo hídrico, que representarían mayores posibilidades de contaminación. Las zonas con distancia mayor a 500 metros fueron consideradas como “óptimas” (teniendo en cuenta su nivel de ponderación” y representan los colores verde, celeste, amarillo y azul. A este criterio se otorgó un porcentaje de influencia de 25.

Criterio “distancia a áreas protegidas”, en anexo N° 14, representa en el mapa temático las zonas más próximas a un área protegida denominada “Lomas del Cerro Campana”, de color rojo y naranja las zonas con distancia menor a 1000 m. (estipulado bajo normatividad peruana) considerada como “no óptima”. Las demás zonas fueron consideradas como “óptima y aceptable”. A este criterio se otorgó un porcentaje de influencia de 20.

Criterio “pendiente”, en anexo N° 15, se observa en el mapa temático la clasificación de esta característica, siendo las áreas con pendiente de entre 4 – 40° consideradas como “óptimas” debido a que en dicha medida no se generarían encharcamientos, y está representado por

color verde, siendo los colores rojo y azul los considerados como “no óptimos” al ser pendientes muy bajas o altas. A este criterio se otorgó un porcentaje de influencia de 10. Se tuvo en cuenta la dirección y velocidad del viento, cuyo resultado fue: vientos predominantes del Sur Oeste con velocidades entre 2.10 a 3.60 m/s (ver anexo N° 8 y 9).

Tabla 14.
Elaboración de mapa temático con relación a cada criterio identificado.

ÁREAS IDENTIFICADAS				
Polígono	Coordenadas		Categoría	Área (ha)
	ESTE	NORTE		
A	720578.528923	9118797.82150	A. ÓPTIMA	834.78
	720642.840141	9118739.91592		
	720630.182975	9118675.86715		
	720653.737968	9118638.76541		
	720644.842094	9118523.10837		
	720669.491142	9118501.87423		
	720743.560356	9118448.39065		
	720629.793876	9118421.69388		
	720594.829887	9118400.6047		
	720593.65496	9118288.3168		
	720610.224479	9118218.7352		
	720586.774772	9118104.23935		
	720606.846183	9118062.86514		
	720706.400627	9117967.21542		
	720681.400627	9117929.73678		
	720592.557853	9117814.03396		
	720566.039604	9117843.15078		
	720526.026481	9117925.62759		
	720413.408988	9117907.53982		
	720381.150382	9117938.53348		
	720231.266349	9118032.41165		
	720094.150871	9118051.28372		
	720037.775749	9118020.15884		
	719988.088554	9117883.04184		
	720041.283744	9117841.81564		
	720106.730216	9117812.15255		
720162.83068	9117848.68362			
720245.170158	9117827.55325			

720268.221611	9117734.15878
720193.334526	9117663.21762
720130.240959	9117667.76474
720046.963066	9117738.95309
719969.555229	9117763.21762
719906.525749	9117840.18295
719891.772026	9117756.94931
719944.716972	9117689.60006
719953.701347	9117559.94613
720065.810722	9117415.33554
720023.127806	9117363.00859
719887.451231	9117362.14342
719767.199272	9117006.55411
719670.093864	9116929.13254
719602.459281	9116769.92386
719710.573905	9116705.25253
719684.031242	9116614.80148
719576.510185	9116675.25985
719534.80944	9116662.93686
719530.947441	9116588.33053
719551.432365	9116544.00223
719475.275749	9116324.92264
719531.324333	9116164.71145
719585.743278	9116157.94266
719696.8059	9116315.89554
719783.8283	9116327.78061
719815.864128	9116016.66305
719892.994255	9116000.37735
719932.528251	9115925.22171
719862.775749	9115911.43844
719810.403007	9115921.78848
719770.057243	9115875.37735
719848.784965	9115756.36184
719884.110588	9115728.07358
719844.716972	9115663.21762
719756.714958	9115652.10922
719694.025749	9115652.39914
719579.287284	9115564.24453
719644.263786	9115513.6708
719488.610404	9115264.93271

719406.861442	9115261.69327
719279.259819	9115214.03396
719144.141715	9115314.03854
719051.497978	9115289.13925
718856.650871	9115251.28372
718773.170036	9115210.17196
718581.396049	9115176.53091
718506.400627	9115139.03396
718450.00109	9115162.63931
718343.770927	9115151.40884
718295.371574	9115126.28372
718293.705314	9115069.94217
718332.56945	9115051.08841
718354.737419	9114977.44034
718432.329887	9114931.30691
718491.494316	9114865.99319
718437.241691	9114803.0217
718373.752922	9114838.44345
718306.350273	9114824.31381
718276.412528	9114720.84854
718344.359916	9114721.79458
718387.462944	9114684.65927
718318.238395	9114564.59091
718281.400627	9114502.26486
718164.545768	9114438.6174
718119.863456	9114414.01565
718081.396049	9114401.53244
718020.690483	9114339.87625
717900.275749	9114257.65884
717836.530631	9114351.87423
717855.878776	9114592.67318
717868.83654	9114623.97506
717856.991142	9114708.52401
717867.069572	9114738.93783
717855.988639	9114876.84219
717844.491142	9114946.01028
717860.134452	9115038.44345
717880.834526	9115214.60006
717899.529594	9115263.23745
717852.62255	9115376.54159

717831.650871	9115502.26486
717744.150871	9115901.53396
717734.165519	9116128.38485
717743.165153	9116239.5787
717629.372734	9116318.69552
717582.09185	9116274.14749
717331.287712	9116463.6708
717241.680468	9116497.51334
717270.327665	9116534.24733
717411.219909	9116801.03651
717444.419821	9116920.15884
717456.60267	9116988.04144
717457.351402	9116993.86134
717463.778566	9117055.10797
717464.020812	9117058.42592
717466.987174	9117161.20498
717455.945915	9117317.72812
717367.430549	9117600.7967
717395.585715	9117657.61674
717452.294486	9117704.27139
717425.275749	9117745.15884
717538.024813	9117895.86922
717607.857809	9117939.59012
717681.287712	9117863.6708
717781.782096	9117913.68759
717744.263786	9117965.1387
717812.771732	9118005.78087
717895.952145	9118032.00675
717975.11107	9118064.71958
718013.486782	9118082.5393
718131.525749	9118078.74038
718442.564468	9118384.63912
718509.087699	9118397.54074
718590.286807	9118476.17035
718791.534259	9118538.65666
718902.935096	9118549.67725
718952.538627	9118534.63791
719069.829887	9118514.71298
719237.70386	9118595.24302
719314.399788	9118617.07748

719368.339103	9118600.92056			
719441.726249	9118593.134			
719518.940299	9118625.0325			
719532.16204	9118713.90884			
719531.688901	9118718.55152			
719644.023406	9118785.88963			
719716.596555	9118836.59664			
719753.839682	9118866.53234			
719838.100761	9118868.64517			
719955.323356	9118846.7366			
719906.876701	9118868.97171			
720017.978996	9118875.22934			
720087.775749	9118870.15884			
720069.716972	9118942.90207			
720070.409721	9119059.43191			
720054.793876	9119203.59848			
720050.715268	9119275.5989			
720083.460724	9119341.93137			
720160.123771	9119352.29385			
720212.775749	9119437.59964			
720282.557243	9119400.37735			
720416.103691	9119432.04239			
720543.210929	9119414.27505			
720565.372795	9119489.64432			
720618.900627	9119551.78879			
720685.729545	9119489.37729			
720731.608146	9119451.75064			
720779.169792	9119389.24301			
720793.900627	9119313.78372			
720693.635124	9119238.51822			
720556.396049	9119163.79745			
720573.429435	9119114.03396			
720519.150871	9119039.03396			
720595.685905	9118951.82541			
720581.650871	9118851.28372			
720578.528923	9118797.8215			
716643.560356	9114101.87423			
B	716563.408988	9113962.85293	A. ÓPTIMA	451.02
	716455.613273	9113764.37423		
	716393.488639	9113788.47244		

716397.167533	9113834.25796
716373.209709	9113862.06558
716329.886955	9113865.54764
716318.560356	9113838.44345
716303.065055	9113873.17245
716277.384513	9113815.6224
716206.991142	9113784.21066
716214.70446	9113741.76681
716300.275749	9113670.15884
716252.868217	9113652.64633
716241.974967	9113615.95962
716237.775749	9113532.65884
716266.971916	9113479.55063
716205.721611	9113425.6047
716254.97393	9113377.38998
716179.017204	9113177.22824
716106.060356	9113114.37423
716030.784172	9113039.94186
715985.966056	9113025.20187
715950.683158	9112979.49264
715948.42028	9112919.17618
715970.189994	9112863.8005
715957.329887	9112788.1047
715965.574211	9112690.56595
715970.86901	9112601.74148
715986.062187	9112553.54202
716048.051017	9112447.06924
716156.174797	9112326.05789
716181.876701	9112314.25979
716187.775749	9112307.65884
716206.991142	9112301.87423
716278.635734	9112271.70151
716350.129264	9112250.17593
716393.929618	9112225.73745
716452.788871	9112247.35306
716557.216972	9112250.71762
716618.824333	9112264.71145
716631.975883	9112263.07571
716705.459159	9112306.27182
716758.890861	9112326.67282

716797.726005	9112379.83597
716856.525749	9112377.18551
716900.275749	9112432.65884
716957.670158	9112450.26443
716934.482902	9112505.6279
717007.670158	9112587.76443
717048.099845	9112647.80319
717067.049736	9112691.32736
717104.474967	9112765.95962
717112.775749	9112770.15884
717125.518363	9112815.9169
717157.427543	9112893.88168
717197.719902	9112924.98367
717174.167961	9112943.16147
717194.927543	9112993.88168
717233.939689	9113023.9949
717260.178703	9113088.1047
717282.329887	9113039.71298
717294.755119	9112966.5715
717319.025749	9112962.98568
717340.496391	9112966.15799
717420.034355	9112876.9841
717439.127677	9112863.1047
717469.829887	9112852.21298
717480.721611	9112838.1047
717539.385551	9112821.76864
717550.275749	9112807.65884
717694.849723	9112792.91122
717692.649406	9112765.52627
717719.459098	9112763.37173
717736.22393	9112800.94345
717818.560356	9112784.59366
717806.991142	9112763.44345
717792.849296	9112751.26083
717831.060356	9112734.21066
717806.080192	9112689.37423
717781.060356	9112700.94345
717769.266838	9112714.63363
717750.275749	9112707.65884
717789.609855	9112651.86661

717853.724235	9112695.98434
717879.384941	9112622.77115
717776.630729	9112539.14688
717756.113761	9112589.09195
717794.263786	9112601.1708
717800.275749	9112607.65884
717780.60717	9112612.99026
717739.998954	9112643.54751
717745.223564	9112613.19931
717730.327934	9112602.11838
717742.811149	9112529.61014
717674.023002	9112502.27554
717720.246452	9112489.74502
717715.796989	9112463.90884
717720.251029	9112438.04214
717687.775749	9112432.65884
717687.775749	9112457.65884
717675.275749	9112457.65884
717669.829887	9112477.21298
717651.67498	9112507.31247
717619.51403	9112487.91244
717603.325981	9112490.30502
717564.142936	9112439.54208
717505.721611	9112427.21298
717448.633903	9112381.07498
717470.04351	9112364.54818
717466.979545	9112343.81302
717362.775749	9112320.15884
717332.857841	9112237.44095
717302.15258	9112254.57351
717230.990165	9112264.32235
717162.775749	9112232.65884
717112.775749	9112232.65884
717086.910575	9112262.68051
717040.883964	9112209.25796
717044.561332	9112163.49533
717025.275749	9112107.65884
716975.875419	9112029.54757
716962.775749	9111995.15884
716906.035942	9112002.24807

716837.951225	9111962.33108
716792.509025	9111932.35061
716800.890678	9111864.9678
716737.775749	9111920.15884
716673.110527	9111930.83694
716629.51464	9111898.51578
716668.221611	9111778.27652
716587.028068	9111810.19485
716565.665763	9111862.38907
716482.329887	9111800.60318
716458.57653	9111724.35806
716402.337211	9111735.27725
716337.159294	9111720.66543
716316.25933	9111664.80911
716264.811271	9111652.55325
716295.170158	9111565.05325
716255.776542	9111539.07669
716243.55883	9111488.71353
716331.287712	9111463.6708
716381.287712	9111440.07461
716610.676139	9111375.5635
716718.787712	9111301.1708
716766.732353	9111285.99136
716768.787712	9111213.6708
716600.275749	9111220.15884
716481.563896	9111226.65909
716168.334526	9111189.60159
716096.993583	9111158.80325
716100.275749	9111220.15884
716117.661613	9111275.60318
716055.38134	9111287.76443
716017.229789	9111401.70181
715950.275749	9111407.65884
715956.876701	9111558.93448
715984.754508	9111601.05789
715924.630302	9111657.65884
715916.794914	9111622.70706
715798.969596	9111653.86245
715809.722465	9111605.89798
715825.275749	9111557.65884

715730.721611	9111502.21451
715718.123954	9111471.43448
715712.775749	9111407.65884
715696.07653	9111374.35806
715594.604057	9111325.83206
715542.739433	9111439.18045
715569.738334	9111450.89004
715553.675407	9111581.85318
715481.652397	9111574.51065
715437.852043	9111602.30301
715372.736686	9111591.6066
715345.963615	9111621.6481
715359.333366	9111688.90884
715332.104057	9111748.72635
715379.658073	9111814.79995
715385.181755	9111975.83053
715472.727531	9111970.15884
715539.385551	9112106.04904
715593.221611	9112164.71298
715600.683158	9112223.32504
715605.869621	9112300.02945
715643.02935	9112376.89712
715663.76757	9112411.2767
715685.178703	9112464.71298
715581.174797	9112551.75979
715506.876701	9112488.55789
715445.32122	9112529.39041
715350.275749	9112445.15884
715330.701774	9112355.41733
715343.560356	9112279.04403
715321.079582	9112248.73245
715254.827445	9112254.05624
715206.060356	9112239.37423
715161.252922	9112214.37423
715129.033988	9112280.07858
715137.775749	9112320.15884
715188.744682	9112343.53378
715147.881645	9112412.62405
715100.275749	9112445.15884
715055.494255	9112401.27304

715035.811943	9112352.44034
714989.005607	9112339.94034
714940.91143	9112370.72494
714775.275749	9112157.65884
714817.88134	9112080.17776
714807.670158	9112000.26443
714787.775749	9111957.65884
714726.262992	9111949.96536
714758.753532	9111838.25271
714804.767936	9111840.07766
714875.275749	9111813.41446
714956.287712	9111816.62491
714870.132011	9111751.11587
714640.902275	9111816.34414
714618.503898	9111956.9783
714604.21099	9112046.59317
714557.71746	9112172.09213
714519.877189	9112297.52548
714543.622917	9112425.73135
714557.400077	9112576.29593
714471.064323	9112601.87423
714456.991142	9112666.90567
714531.991142	9112713.44345
714568.560356	9112739.37423
714500.275749	9112770.15884
714522.881645	9112832.32467
714517.75164	9112882.65884
714531.707328	9112962.41653
714450.239128	9113015.186
714418.560356	9113051.87423
714381.060356	9113001.87423
714368.911308	9112922.14401
714332.01403	9113035.89218
714256.541007	9113298.79959
714219.491142	9113464.37423
714168.799919	9113789.16519
714254.499381	9113785.76858
714299.462455	9113876.1708
714405.947441	9113801.33102
714427.143424	9113864.79233

714487.775749	9113895.15884
714520.057243	9113802.44034
714530.640739	9113774.99893
714555.494255	9113712.87735
714602.9262	9113700.87173
714617.994255	9113739.94034
714680.494255	9113687.87735
714705.137199	9113638.1337
714742.753166	9113611.17294
714707.175773	9113574.42978
714750.275749	9113507.65884
714800.275749	9113457.65884
714832.180351	9113414.94949
714898.253959	9113442.10098
714880.38134	9113527.55325
714915.592521	9113567.34207
714983.475822	9113615.17837
715021.071952	9113635.93185
715072.178215	9113641.1412
715094.604057	9113601.98715
715112.665885	9113560.33828
715180.404228	9113555.51498
715140.899223	9113650.83053
715250.275749	9113645.15884
715255.38134	9113600.26443
715292.88134	9113574.37332
715282.670158	9113550.26443
715371.357292	9113563.90884
715366.764396	9113600.84274
715389.158195	9113618.7764
715405.834526	9113677.10006
715421.798271	9113767.45041
715470.077079	9113803.61068
715494.716972	9113863.19931
715542.88134	9113852.55325
715525.275749	9113757.65884
715562.775749	9113732.65884
715594.381278	9113703.45962
715626.69329	9113742.58621
715675.199455	9113714.80453

715693.48101	9113777.10159
715743.496269	9113814.60006
715814.684623	9113776.98715
715844.935173	9113826.10519
715792.88134	9113850.26443
715757.484001	9113891.19461
715732.897514	9113947.30575
715587.775749	9113982.65884
715543.001884	9113994.54239
715467.127555	9113964.71298
715509.069389	9114052.94845
715403.864616	9114174.09561
715440.294975	9114263.1047
715550.753349	9114283.4111
715593.188041	9114292.92495
715642.88134	9114249.37332
715687.775749	9114182.65884
715719.025749	9114113.53653
715868.024772	9114128.0339
715893.65496	9114235.31082
715932.845634	9114276.73843
715997.973197	9114325.26443
716009.876579	9114195.43655
716057.670158	9114177.55325
716095.670646	9114212.56149
716182.49163	9114249.56711
716250.275749	9114295.15884
716314.808219	9114270.44266
716368.766349	9114277.15347
716293.709892	9114370.38772
716255.282157	9114401.16012
716280.834526	9114452.10006
716310.586112	9114513.37478
716362.072319	9114554.60556
716405.834526	9114564.60006
716468.316215	9114588.21762
716532.702201	9114536.72378
716420.283073	9114795.99807
716503.194755	9114773.30673
716600.501579	9114829.41025

716630.292839	9114882.80533
716644.898551	9114931.31454
716702.703422	9114910.08651
716756.525749	9114914.41086
716812.832206	9114959.73404
716820.582145	9114863.28171
716772.137016	9114867.17422
716728.528923	9114813.44345
716740.883964	9114756.05972
716760.421318	9114733.38363
716813.425773	9114762.95669
716856.060356	9114766.38229
716818.488639	9114614.34219
716843.560356	9114531.13601
716831.991142	9114463.44345
716818.50695	9114401.62399
716824.256462	9114330.05111
716759.371513	9114247.23404
716709.327262	9114189.14688
716643.560356	9114101.87423

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar, se elaboró el mapa temático con relación a cada criterio identificado, la cual resultó la identificación de 20 áreas de las cuales solo 2 (A y B) fueron consideradas para la instalación de un relleno sanitario en la provincia de Trujillo como podemos ver en el Anexo N° 16.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La ausencia de un relleno sanitario que asegure el adecuado manejo de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Trujillo resulta perjudicial al ambiente y a la salud de la población colindante. Por ello, la presente investigación, tiene como resultado la identificación de 20 áreas, de las cuales solo 2 son consideradas como áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en la provincia de Trujillo con una extensión de 834.78 y 451.02 ha respectivamente. Además, éstas cumplen con todos los criterios de selección. Durante la elaboración de la investigación, se presentan limitantes que dificultaron el análisis de los resultados obtenidos. Dentro de estas se destaca la falta de información actualizada en los insumos cartográficos requeridos para la recopilación de datos en la investigación ya que la finalidad es ajustarse a la realidad y así garantizar su veracidad. Es así como en la investigación de Gascón, Jiménez & Pérez (2015) menciona que no fue posible trabajar todos los criterios debido a la falta de información, sin embargo, se logró ubicar potenciales terrenos para la implementación del relleno sanitario.

Ahora según los datos proporcionado por el Instituto de Estadística Nacional de Estadística e Informática (2020), en los últimos censo del 2007 y 2017, se determina la tasa de crecimiento poblacional para el año 2020 y como resultado se obtiene una proyección estimada de **1 023 164. 442 habitantes**. Esto implica una generación de residuos sólidos de **680 869. 42 (m³/año)**. Por tanto, se requiere un área mínima para el relleno sanitario en la provincia de Trujillo, de **177 026. 044 m³ o 17. 70 ha**. Este último dato, se considera un 30% de área

adicional para establecer los espacios administrativos. según la guía para la construcción de un relleno sanitario (MINAM).

También, es importante mencionar que el relleno sanitario debe contar con una infraestructura adecuada y que cumpla con los requisitos mínimos según el Art. 110 en el capítulo IV del Título IX del D.S. N° 014 -2017 – MINAM. Por ello, antes de identificar un área óptima para la localización de un relleno sanitario, se aplica las condiciones descritas en la normativa legal vigente en la selección de las áreas con la infraestructura de disposición final y se establece los siguientes criterios de selección: Distancia a la población más cercana, Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos, Accesibilidad al área (red vial), Pendiente del terreno, Uso de suelo y Áreas Naturales protegidas.

Por otro lado, se evalúa el estudio realizado por Loyaga, F. (2019), el cual se identificaron 2 áreas óptimas y 13 aceptables para la instalación, con una superficie mayor a 2 hectáreas empleando un sistema de información geográfica – SIG, utilizando 8 criterios de pendiente, vías de acceso, hidrología, centros poblados, fallas geológicas, sitios arqueológicos, infraestructura y capacidad de uso mayor. Estos criterios se evaluaron mediante la evaluación del análisis multicriterio. Del mismo modo, en la presente investigación se considera la mayoría de los criterios en mención. Además, resulta con 02 áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario, esto es debido a que para cada criterio se le otorga un porcentaje de influencia distinto por tanto difiere las cantidades resultantes por cada mapa mostrado. No obstante, cada porcentaje otorgado a los criterios resulta útil y se logra obtener un área óptima en la provincia de Trujillo.

Así mismo Espejo, A. (2017), identificó una extensión de entre 3 hasta más de 60 hectáreas para construir un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas. Para ello, utilizaron 7 mapas temáticos de los cuales 4 son zonas óptimas para un relleno. A comparación de los criterios utilizados, en la presente investigación, se pudo identificar una extensión óptima de más de 200 hectáreas, esto es debido a que no se cuenta con información actualizada y se desconoce si la extensión es privada o pública por tanto como resultado abarca una mayor extensión de terreno para obtener un área óptima en la provincia de Trujillo.

Vía, M. Muñoz, M. & Martín, B. (s.f.) indicaron que necesitan detectar zonas con vegetación y flora de alto valor que actualmente no se encuentran protegidos en la ciudad de Madrid. Tal investigación fue realizada mediante la evaluación multicriterio y los SIG. Motivo por el cual, una incorrecta construcción, el riesgo perjudicando al medio ambiente sería inminente. Es por ello, que los criterios empleados en la presente investigación, tales como como: distancia a cuerpos hídricos y áreas naturales protegidas, se le otorgo un porcentaje de influencia de 25 y 20 respectivamente, ya que la presente investigación tiene como objetivo proteger áreas de conservación privada, cuerpos hídricos presentes, etc. Cabe mencionar, que al no ser tomado en cuenta estos criterios o investigaciones realizadas, la posible construcción de un relleno sanitario en lugares no adecuados perjudicaría el bienestar público y cada uno de los componentes ambientales del distrito de Trujillo.

Así mismo Espejo, A. (2017), identificó una extensión de entre 3 hasta más de 60 hectáreas para construir un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas. Para ello, utilizaron 7 mapas temáticos de los cuales 4 son zonas óptimas para un relleno. A comparación de los criterios utilizados, en la presente investigación, se identifica 2

áreas óptimas con una extensión de 834.78 y 451.02 hectáreas, esto es debido a que no se cuenta con información actualizada y se desconoce si la extensión es privada o pública por tanto como resultado abarca una extensión amplia de terreno para obtener un área óptima en la provincia de Trujillo.

Finalmente, en el Acta de validación de Ámbito Territorial para la infraestructura de disposición final de Residuos Sólidos Municipales de la provincia de Trujillo (2019), menciona que la ubicación es en el Sector Reserva El Alto A con de 38 vértices y sus coordenadas (UTM), respectivamente, a una distancia de 5.7 Km. del centro poblado Menor El Milagro, con una extensión de 676, 561.515 m² como área de disposición final en la provincia de Trujillo. Cabe mencionar que las coordenadas indicadas en el acta fueron localizadas en el Google Earth y se tiene como resultado un área la cual los vértices N° 1, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 y 38 están ubicados cerca de la quebrada Río seco, aproximadamente a 0.05 Km. Sin embargo, de acuerdo con el D.L. N° 1278 y su reglamento D.S. N° 014 – 2017 –MINAM, las condiciones generales tales como la distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos debe ser > a 500 m. Por tanto, esta ubicación no cumple con la normativa y con la realidad ya que se encuentra con una cercanía menor a los 500 m.

4.2 Conclusiones

En la presente investigación se localizó 20 áreas de las cuales resultaron 02 áreas óptimas de 834.78 y 451.02 hectáreas para la ubicación de un relleno sanitario mediante el uso de sistemas de información geográfica aplicando la metodología de análisis multicriterio y el software ArcGIS. Además, se diagnosticó la tasa de

crecimiento poblacional para determinar la cantidad de habitantes en el año 2020, la cantidad de residuos generados y el área mínima requerida para el relleno sanitario en la provincia de Trujillo para el año 2020. También, se aplicó las condiciones descritas en el Art. 110 en el capítulo IV del Título IX del D.S. N° 014 -2017 – MINAM (Condiciones para la ubicación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos para la selección de áreas óptimas. En base a ello, se estableció las características y criterios de selección adecuados para la localización óptima de un relleno sanitario las cuales fueron: Distancia a la población más cercana, Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos, Accesibilidad al área (red vial), Pendiente del terreno, Uso de suelo y Áreas Naturales protegidas. Así mismo, se elaboró diferentes mapas temáticos con relación a cada criterio identificado para la visualización del área óptima como infraestructura de un relleno sanitario. Para finalizar, se determinó que en el Acta de validación de Ámbito Territorial para la infraestructura de disposición final de Residuos Sólidos Municipales de la provincia de Trujillo (2019), tuvo como resultado un área en la cual los vértices N° 1, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 y 38 están cerca a la quebrada Río seco aproximadamente a 0.05 Km. Sin embargo, dicha ubicación difiere ya que se encuentra con una cercanía menor a lo descrito en la normativa.

4.3 Recomendaciones

Utilizar insumos cartográficos actualizados puesto que no al no contar con ellos, retrasará el análisis de la investigación.

El sistema de Información Geográfica (SIG), no solo se utiliza para la localización de áreas óptimas para un relleno sanitario sino para analizar y simular datos relacionados como territorios de ríos, carreteras, rutas óptimas de recolección para los residuos sólidos, distribución de espacios naturales, etc.

REFERENCIAS

Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom.
<http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>

Belalcázar, I. (2019). *Identificación de áreas óptimas para la localización de un relleno sanitario en las subregiones norte y oriente del Valle del Cauca*.
Revista Entorno Geográfico 18, 46-78.

Bemuren, S. & Llamazares, F. (2007) *La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente*. Cuad. Adm. Bogotá (Colombia), 20 (34): 65-87

Castañeda, F., Montoya, P. y Mejía, Z. (2010). *Metodología para la localización de rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica* . Un caso regional colombiano.

Cobos, S. Solano, J. Vera, A. Monge, J. (2017). *Análisis multicriterio basado en GIS para identificar potenciales áreas de emplazamiento de un relleno sanitario mancomunado en la provincia del Azuay*.

Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Enciso, D. *et al* (2015). *Aplicación de los sistemas de información Geográfica en la etapa del transporte y disposición Final de los residuos sólidos urbanos en el distrito Federal y zona metropolitana del valle de México.*

Esse, C. Valdivia, P. Encina, F. Aguayo, C. Guerrero, M & Figueroa, D. (2014). *Modelo de análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile.* BOSQUE 35(3): 289-299.

Espejo, A. (2017). *Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas.

Fuentes, L. & Serrano, A. (2006). *Valoración económica de los impactos socioeconómicos y ambientales ocasionados por el manejo de los residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario “La Esmeralda” del municipio de Barrancabermeja: aplicación del método multicriterio.* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

Gascón, S. Jiménez, L. & Pérez, H. (2015). *Óptima ubicación de un relleno sanitario para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá empleando sistemas de Información Geográfica.* Ing. USBMed, 6(1).

Gimenez, M. & Cardozo, C. (2012). Localización óptima de un relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio en Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el área metropolitana del Alto Paraná. 7mo Congreso de Medio Ambiente.

Gordillo, C. (2019). *Localización de un relleno sanitario en el cantón naranjal, mediante proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica.* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

Hernández, R. Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación.* (6° edición). Mc Graw Hill Education Editorial.

Ichpas, Y. & Sánchez, J. (2021). *Sitios óptimos para rellenos sanitarios mediante sistemas de Información Geográfica para la ciudad de Huancavelica.* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo. Lima.

INEI. Censos Nacionales XI de Población y VI de Vivienda, 21 de octubre del 2007, Perú: Resultados Definitivos, Tomo I. Lima setiembre de 2008.

INEI. Censos Nacionales XII de Población y VII de Vivienda, 22 de octubre del 2017, Perú: Resultados Definitivos. Lima, octubre de 2018.

Iñiguez, A. (2020). *Zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón arenillas mediante el análisis multicriterio.* Universidad Técnica de Machala. Machala.

Javier, L. (2015). *Sistemas de información geográfica y la localización óptima de instalaciones para residuos sólidos: propuesta para la provincia de Huánuco.*

(Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

Jimenez, R. (2019). *Propuesta para la ubicación de un relleno sanitario mediante el*

uso de herramientas de SIG en el municipio de Zitácuaro, Michoacán. (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Kaza, Silpa, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, y Frank Van Woerden. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Urban Development Series. Washington, DC: World Bank.

Korte, G. (2001). *The GIS Book (5th Ed. Rev.).* Autodesk Press.

Loyaga, F. (2019). *Identificación de áreas óptimas para instalar un relleno sanitario utilizando Sistemas de Información Geográfica, distrito Las Pirias - provincia de Jaén* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Jaén, Jaén.

Matellanes, R. (2014). *Los SIG aplicados al medio ambiente.* [En Línea].

<https://geoinnova.org/blog-territorio/los-sig-aplicados-al-medio-ambiente/>

Mena, C. Morales, Y. Ormazábal, Y. & Gajardo, J. (2010). *Localización de un relleno sanitario en la comuna de Parral, Chile, a través de evaluación multicriterio.*

Interciencia, 35 (9), 684 – 689.

MINAM (2011). *Guía de Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual.*

MINAM (2017). *Plan Nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016 – 2024.*

Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica.*
https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf

Paredes, E. (2018). *Identificación de áreas óptimas para el relleno sanitario de residuos sólidos de la ciudad de Sandia – Puno* (Tesis de pregrado).
Universidad Nacional del Altiplano.

Pucha, F. Fries, A. Cánovas, F. Oñate, F. González, V. & Pucha, D. (2017).
Fundamentos de SIG. Aplicaciones con ARCGIS. Ediloja Cia. Ltda.
https://www.researchgate.net/publication/318447525_Fundamentos_de_SIG/ink/5be3411092851c6b27aedf97/download

Rikalovic, A. Cosic, I. & Lazarevic, D. (2013). *GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection.* Procedia Engineering 69 (2014) 1054 – 1063

Ríos, R. (2020). *Selección de sitios idóneos para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos de gran escala mediante análisis multicriterio AHP – GIS.* (Tesis de pregrado). Universidad Científica del Sur.

Sandoval, L. (2011). *Guía de Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*. Lima: MINAM.

Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo SEGAT (2009). *Proyecto de Inversión Pública: Mejoramiento y Ampliación de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales en el distrito de Trujillo y de la Disposición Final en Trujillo Metropolitano, provincia de Trujillo – La Libertad*.

Sistema Nacional de Información Ambiental (2019). MINAM.
<https://sinia.minam.gob.pe/>

Tkach, Robert & Simonovic, Slobodan. (1997). A New Approach to Multi-criteria Decision Making in Water Resources. *J. Geogr. Inf. Decis. Anal.* 1.

Uscamayta, G. (2021). *Determinación de áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios mediante los sistemas de información geográfica, apoyado en la técnica de evaluación multicriterio en la provincia del Cusco*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo.

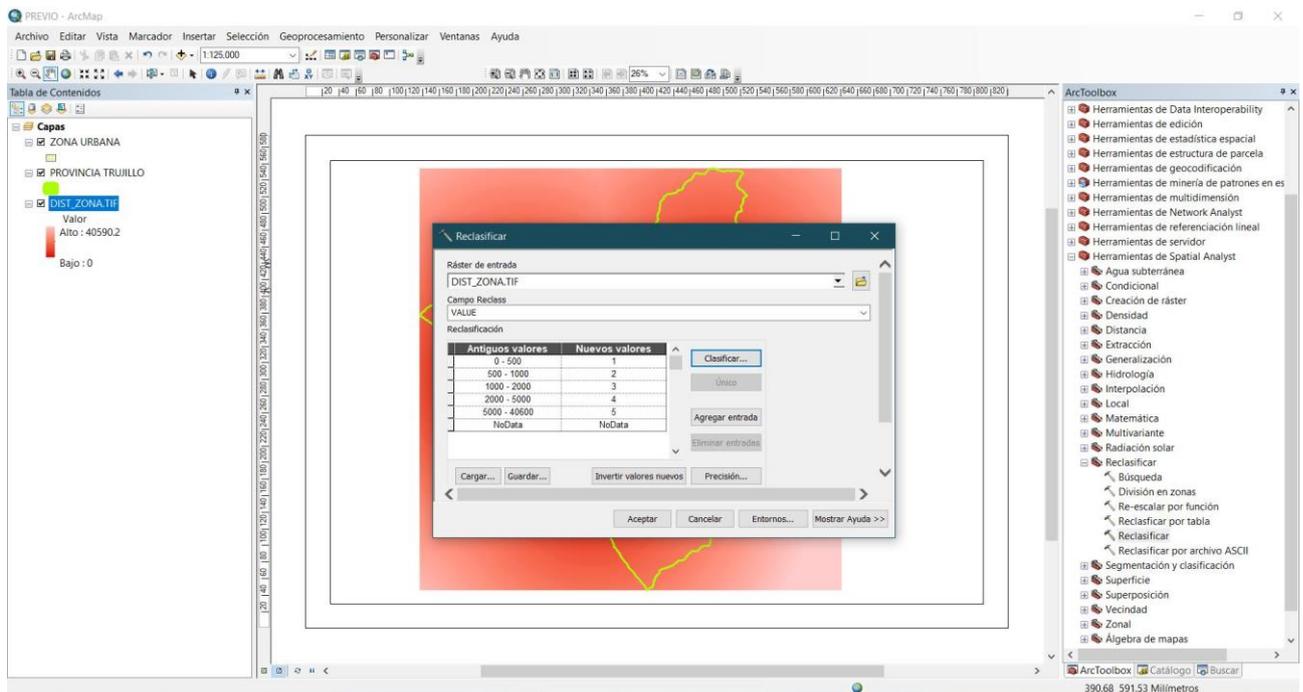
Vía, M. Muñoz, M. Martín. B. (2007). *Propuesta metodológica para la detección de áreas singulares de vegetación y flora en las áreas no protegidas de la comunidad de Madrid*". Centro de Investigaciones Ambientales de la comunidad de Madrid "Fernando Gonzáles Bernáldez".

Erba D. (2006). *Sistemas de Información Geográfica aplicados a estudios urbanos*”.

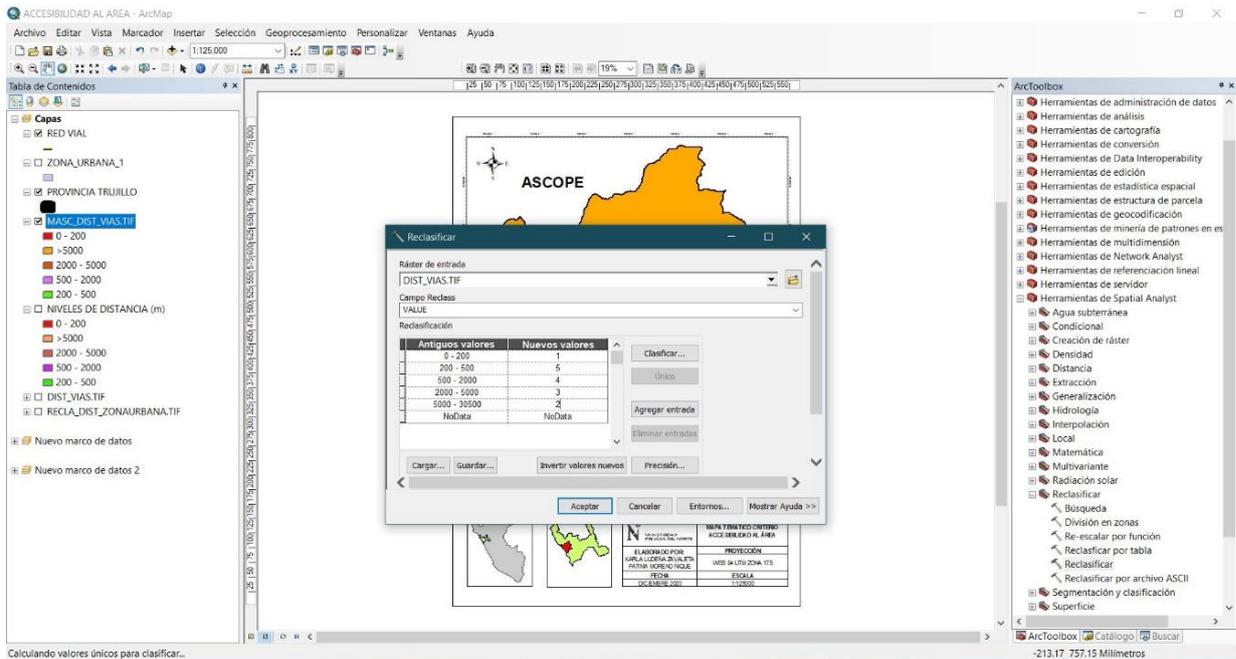
Lincoln Institute of land Policy.

ANEXOS

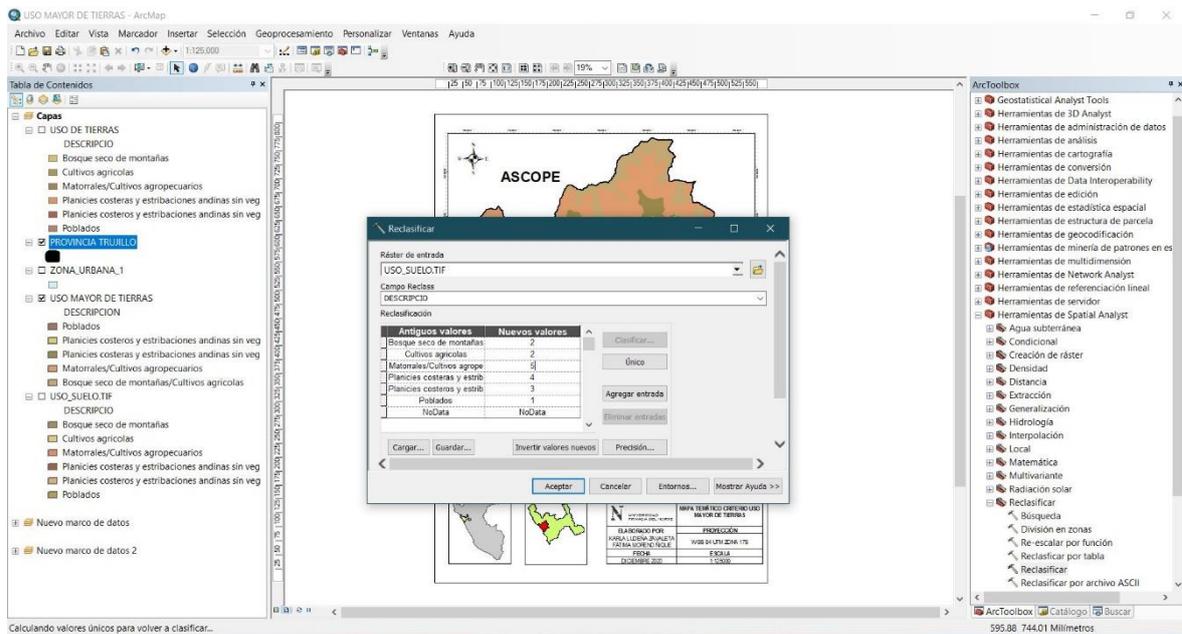
ANEXO n. ° 1. Reclasificación de distancia a zonas urbanas



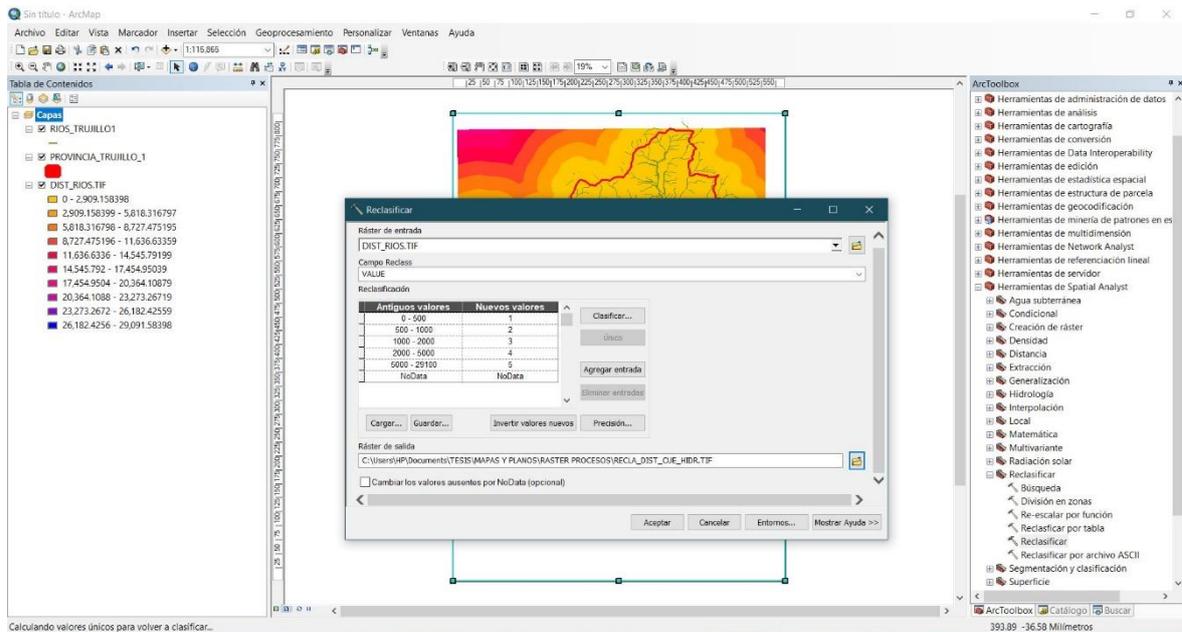
ANEXO n. ° 2. Reclasificación de accesibilidad al área



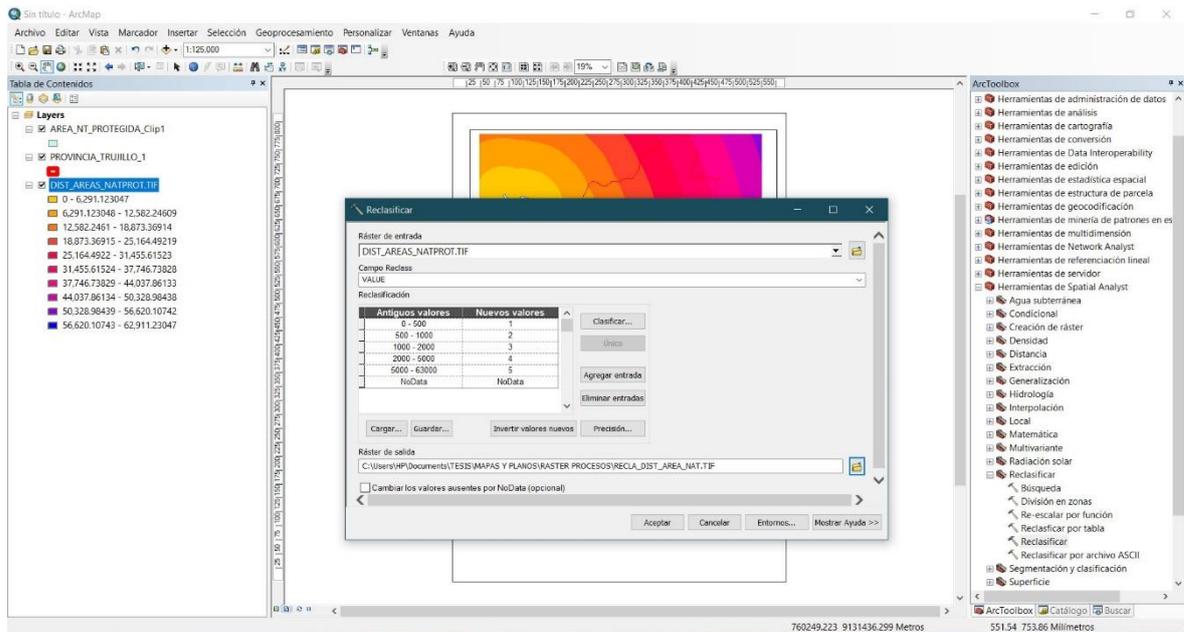
ANEXO n. ° 3. Reclasificación de uso mayor de tierras



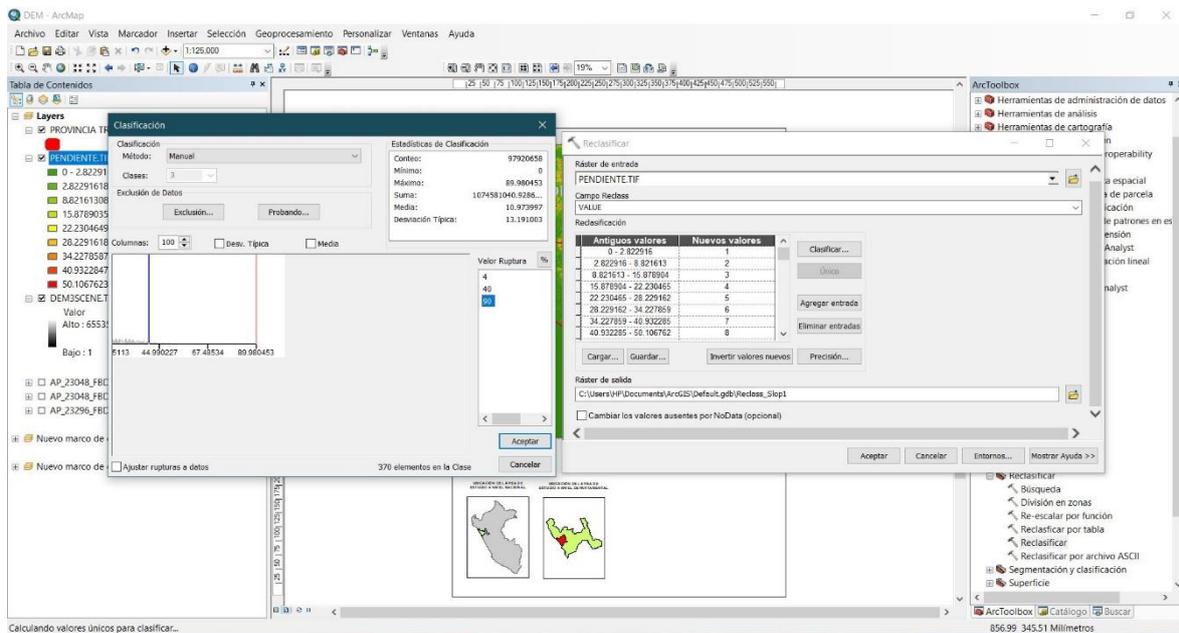
ANEXO n. ° 4. Reclasificación de criterio distancia a cuerpos hídricos



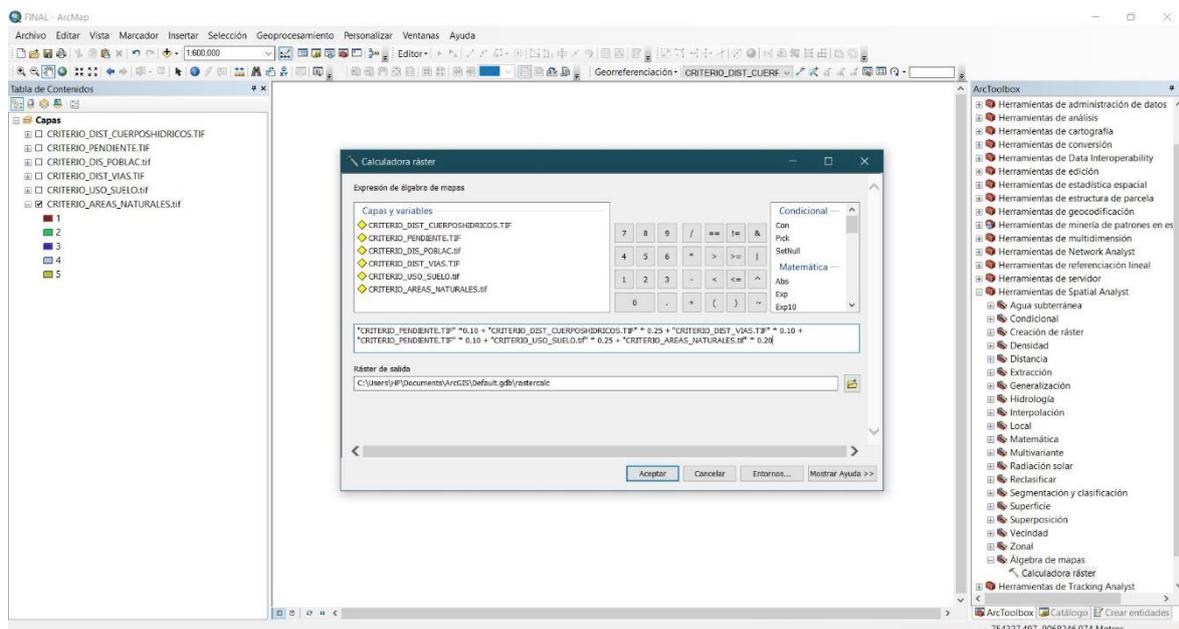
ANEXO n. ° 5. Reclasificación de criterio distancia a áreas naturales protegidas



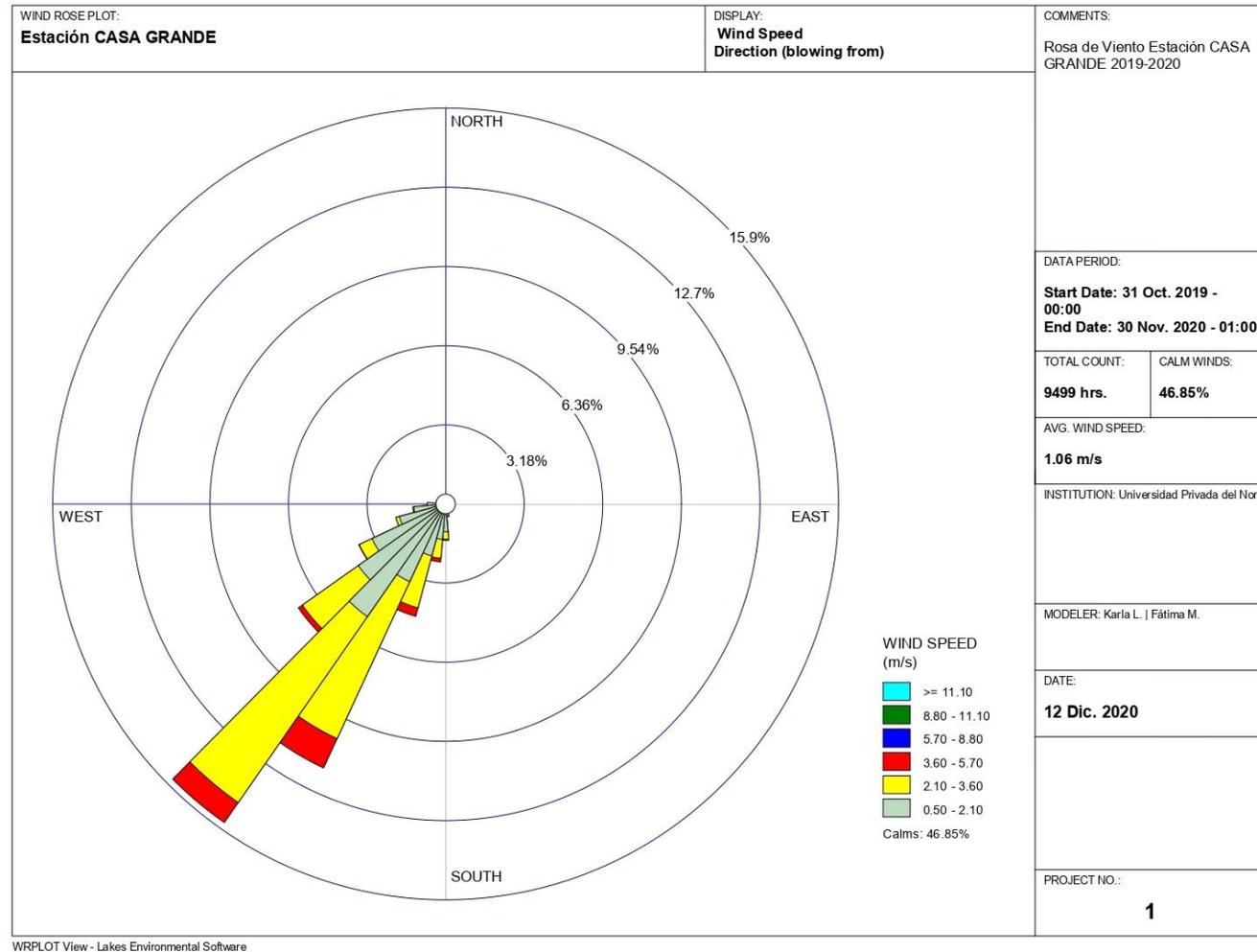
ANEXO n. ° 6. Reclasificación de criterio pendiente



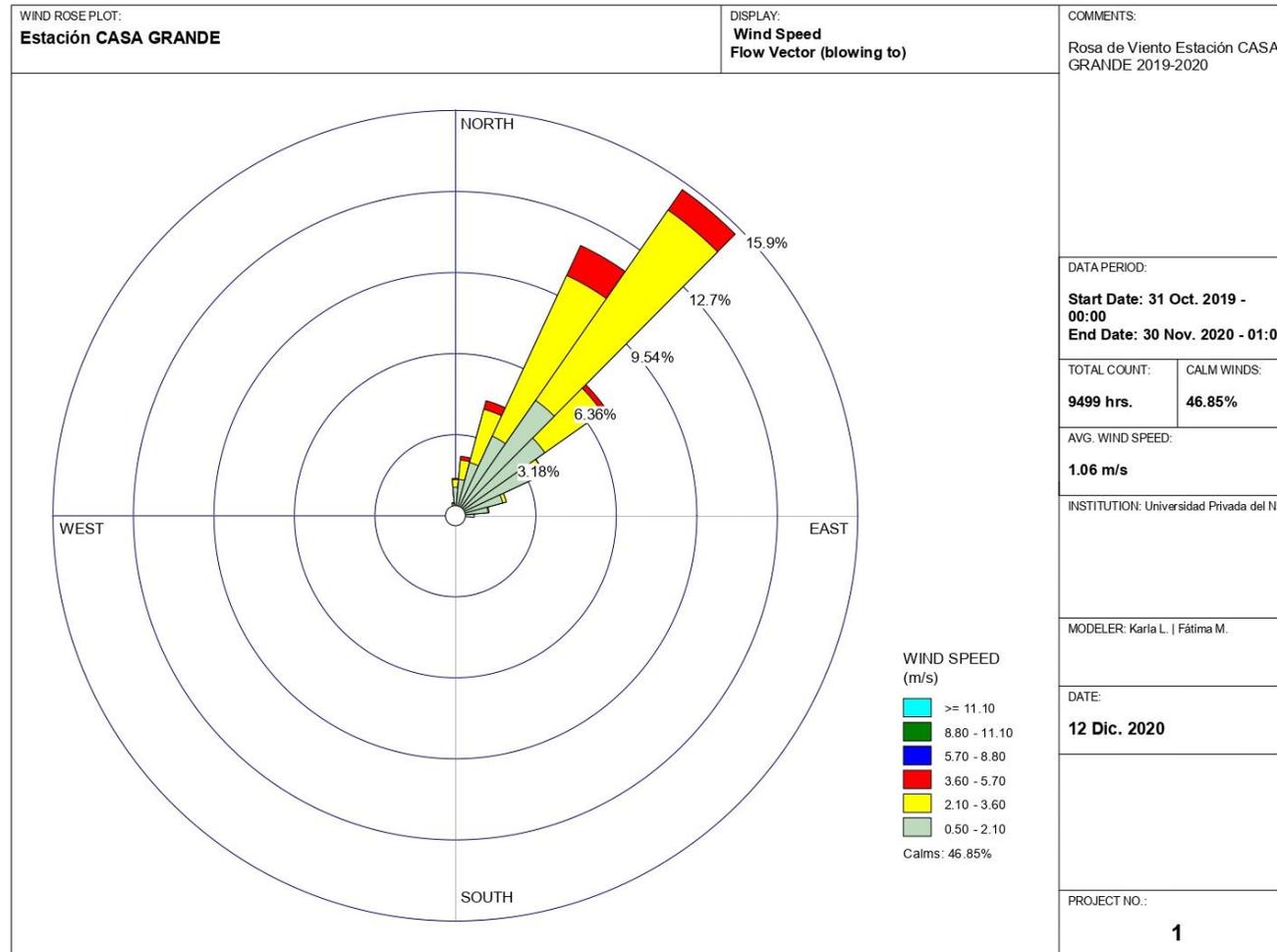
ANEXO n. ° 7. Uso de calculadora ráster



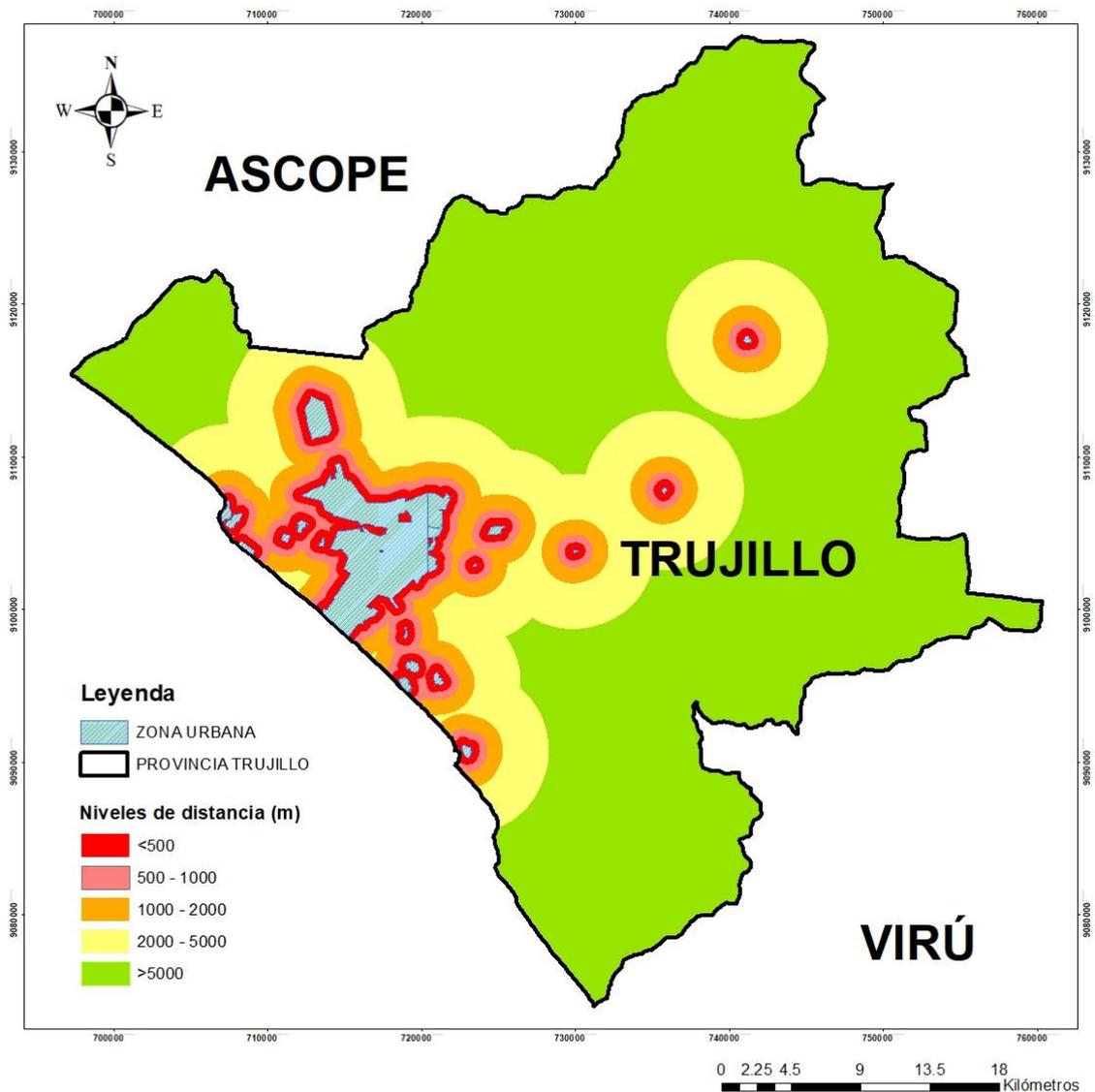
ANEXO n. ° 8. Rosa de Viento



ANEXO n. ° 9. Rosa de Viento



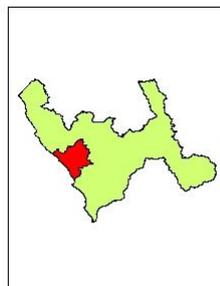
ANEXO n. ° 10. Mapa temático criterio distancia a zonas urbanas



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL NACIONAL

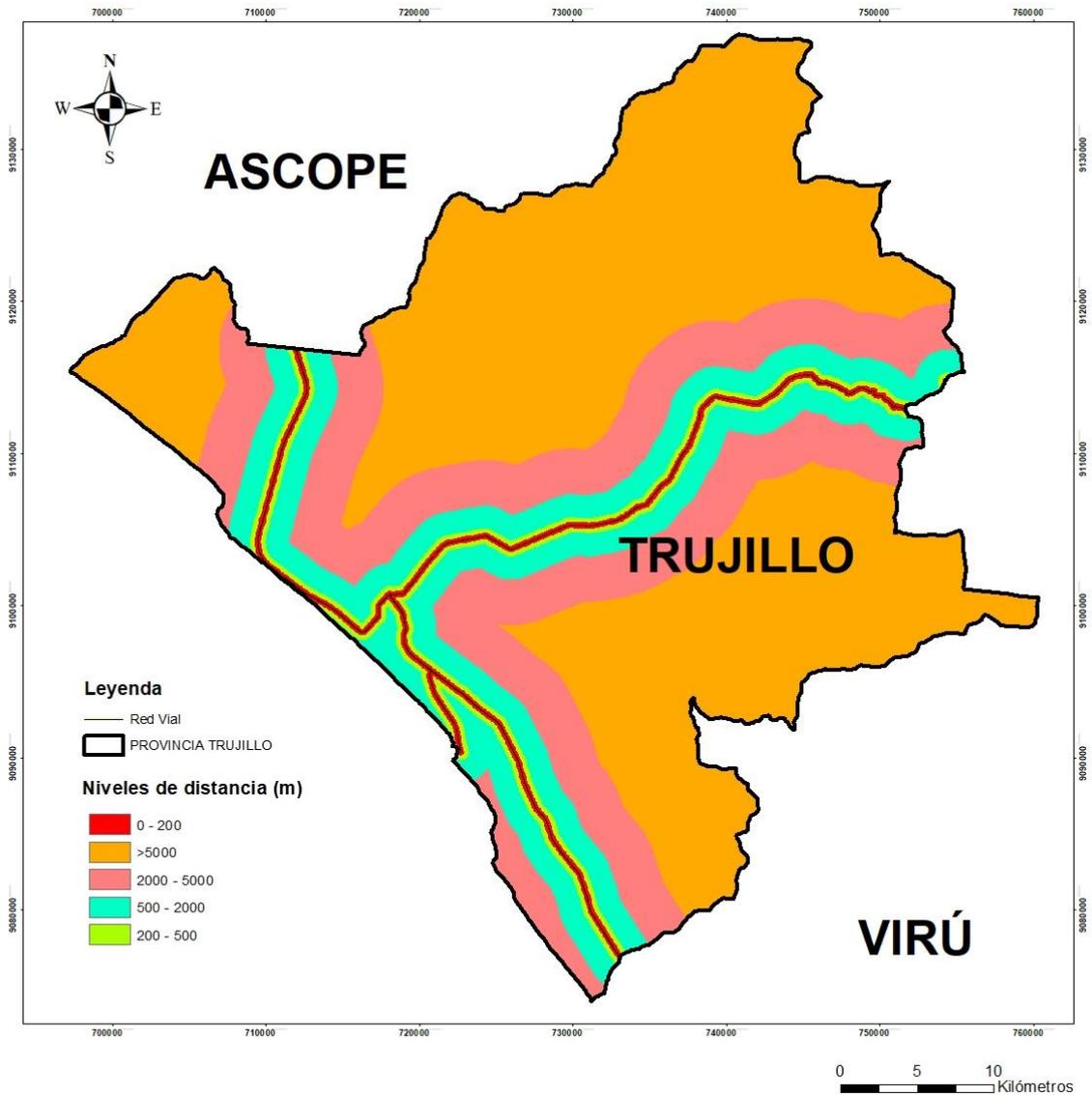


UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL DEPARTAMENTAL



LOCALIZACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO 2020	
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	MAPA TEMÁTICO CRITERIO DISTANCIA A ZONAS URBANAS
	PROYECCIÓN WGS 84 UTM ZONA 17S
ELABORADO POR: KARLA LUDEÑA ZAVALETA FÁTIMA MORENO ÑIQUE	FECHA DICIEMBRE 2020
	ESCALA 1:125000

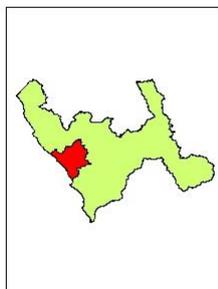
ANEXO n. ° 11. Mapa temático criterio Accesibilidad al área



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL NACIONAL



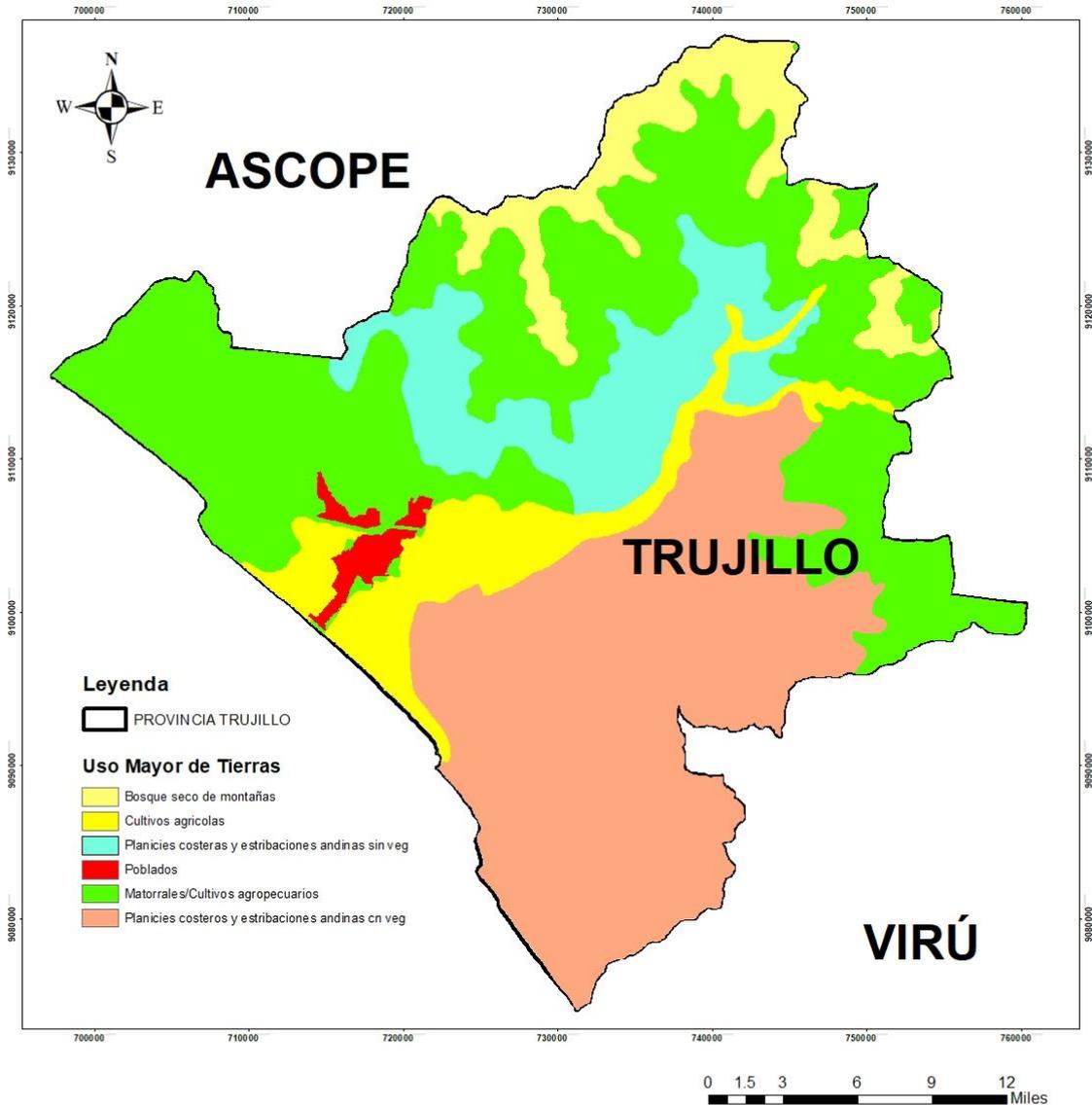
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL DEPARTAMENTAL



LOCALIZACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO 2020

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<p>MAPA TEMÁTICO CRITERIO DISTANCIA A ZONAS URBANAS</p>
	<p>PROYECCIÓN WGS 84 UTM ZONA 17S</p>
<p>ELABORADO POR: KARLA LUDEÑA ZAVALETA FÁTIMA MORENO ÑIQUE</p>	<p>ESCALA 1:125000</p>
<p>FECHA DICIEMBRE 2020</p>	

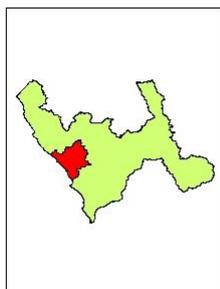
ANEXO n. ° 12. Mapa temático criterio uso mayor de tierras



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL NACIONAL



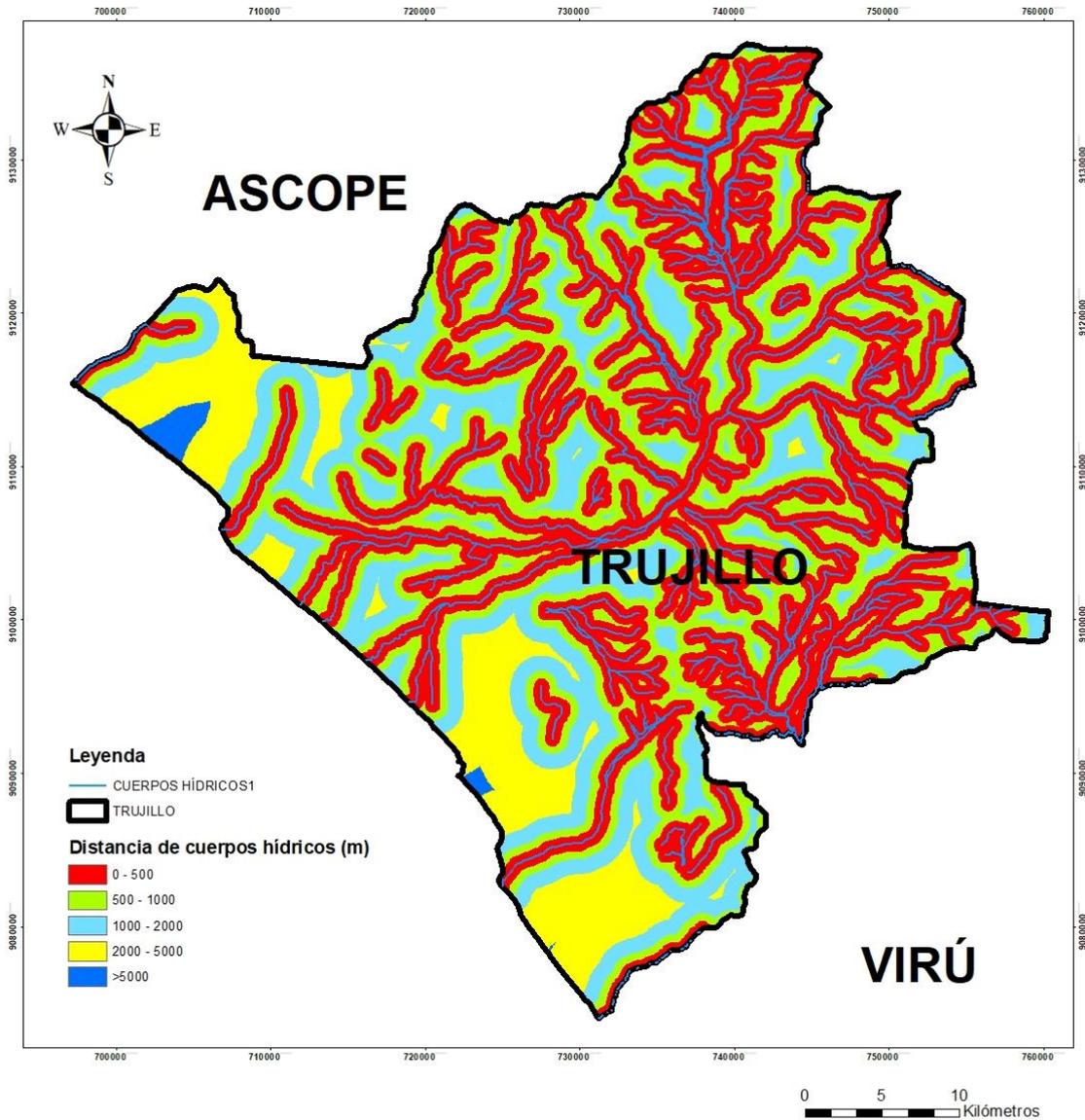
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL DEPARTAMENTAL



LOCALIZACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO
SANITARIO MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA
PROVINCIA DE TRUJILLO 2020

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	MAPA TEMÁTICO CRITERIO USO MAYOR DE TIERRAS
	PROYECCIÓN WGS 84 UTM ZONA 17S
ELABORADO POR: KARLA LUDEÑA ZAVALETA FÁTIMA MORENO ÑIQUE	FECHA DICIEMBRE 2020
	ESCALA 1:125000

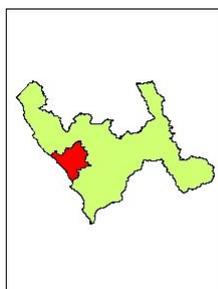
ANEXO n. ° 13. Mapa temático criterio distancia de cuerpos hídricos



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL NACIONAL

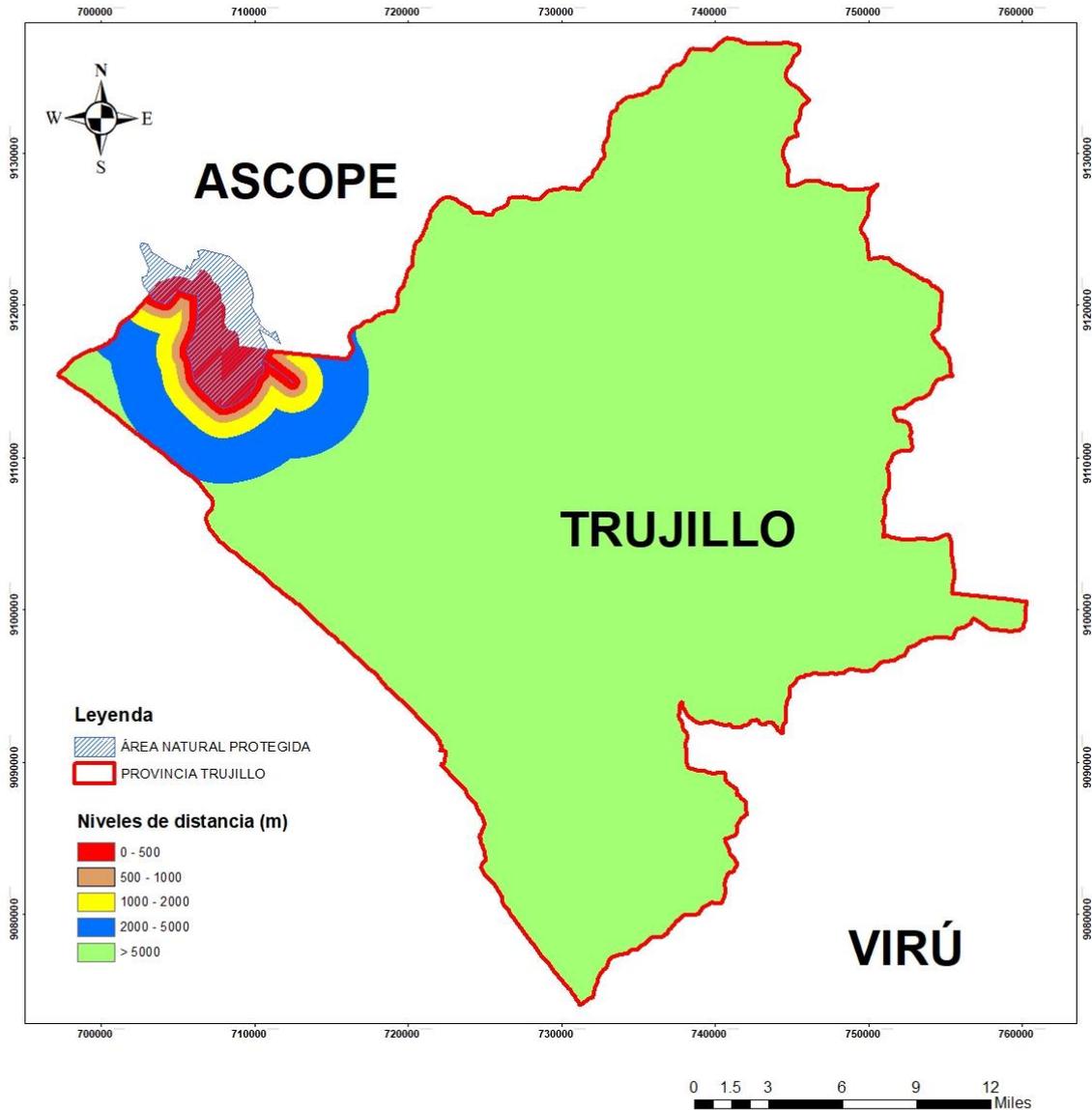


UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL DEPARTAMENTAL



LOCALIZACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO 2020	
 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	MAPA TEMÁTICO CRITERIO DISTANCIA A CUERPOS HÍDRICOS
	PROYECCIÓN
ELABORADO POR: KARLA LUDEÑA ZAVALETA FÁTIMA MORENO ÑIQUE	WGS 84 UTM ZONA 17S
FECHA	ESCALA
DICIEMBRE 2020	1:125000

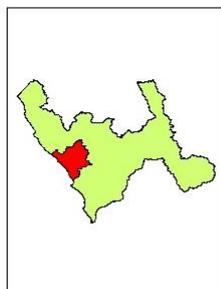
ANEXO n. ° 14. Mapa temático criterio distancia a áreas protegidas



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL NACIONAL



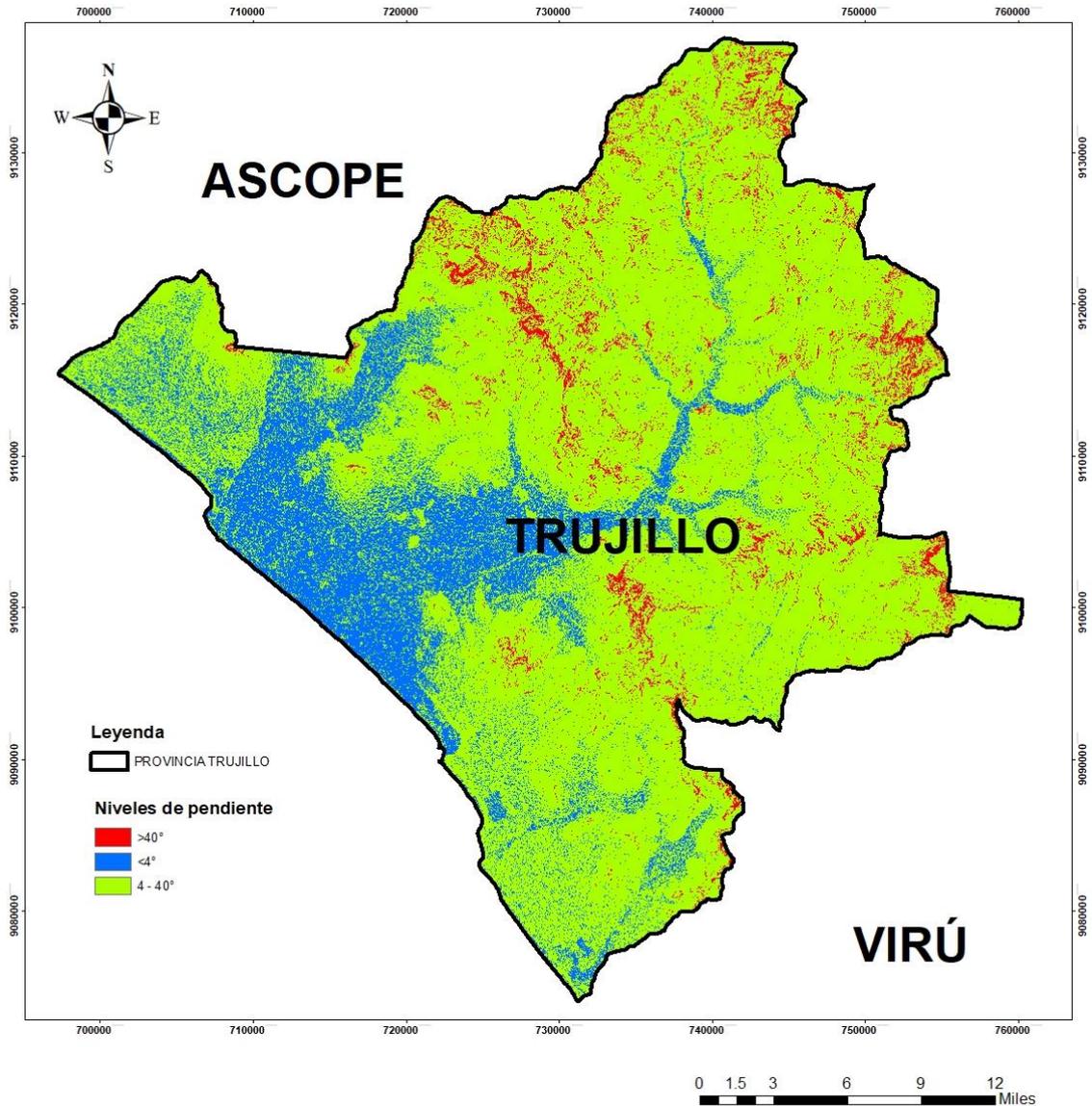
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL DEPARTAMENTAL



LOCALIZACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO 2020

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	MAPA TEMÁTICO CRITERIO DISTANCIA A ÁREAS PROTEGIDAS
	PROYECCIÓN WGS 84 UTM ZONA 17S
ELABORADO POR: KARLA LUDEÑA ZAVALA FÁTIMA MORENO ÑIQUE	ESCALA 1:125000
FECHA DICIEMBRE 2020	

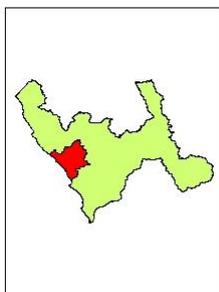
ANEXO n. ° 15. Mapa temático criterio pendientes



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL NACIONAL



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO A NIVEL DEPARTAMENTAL



LOCALIZACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO 2020



MAPA TEMÁTICO CRITERIO
PENDIENTE DEL TERRENO

ELABORADO POR:
KARLA LUDENA ZAVALA
FÁTIMA MORENO NIQUE

PROYECCIÓN

WGS 84 UTM ZONA 17S

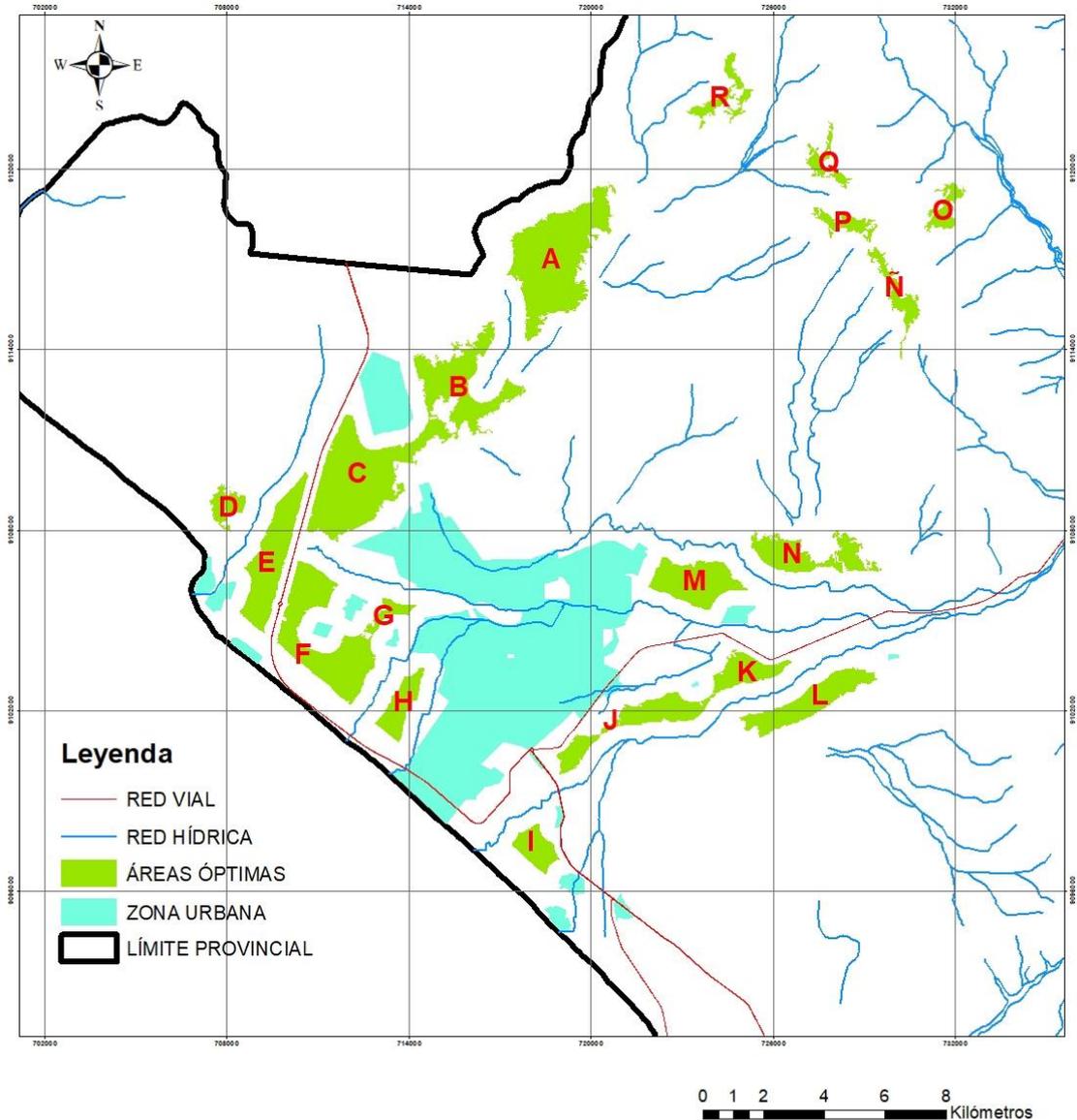
FECHA

DICIEMBRE 2020

ESCALA

1:125000

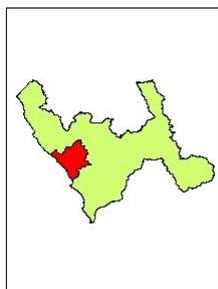
ANEXO n. ° 16. Mapa de áreas identificadas



UBICACIÓN DEL ÁREA DE
ESTUDIO A NIVEL NACIONAL



UBICACIÓN DEL ÁREA DE
ESTUDIO A NIVEL DEPARTAMENTAL



LOCALIZACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA UN RELLENO
SANITARIO MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA
PROVINCIA DE TRUJILLO 2020



MAPA DE ÁREAS ÓPTIMAS
IDENTIFICADAS PARA LA
INSTALACIÓN DE UN RELLENO
SANITARIO

ELABORADO POR:
KARLA LUDEÑA ZAVALA
FÁTIMA MORENO ÑIQUE

PROYECCIÓN

WGS 84 UTM ZONA 17S

FECHA

DICIEMBRE 2020

ESCALA

1:125000