



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 153-2023-FCA/UNACH

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que el Informe Final de Tesis Titulado. **“Identificación de áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario aplicando evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca-2023”**; desarrollado por el **Bach. José Dany Vásquez Oblitas** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 22%** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el **REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA** aprobado mediante **RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 120-2022-UNACH**.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 12 de setiembre de 2023.

Atentamente

Dra. Doris Elena Delgado Tapia
Directora de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA JDVO:

Identificación de áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario aplicando evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca-2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	sialpiura.regionpiura.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	www.repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uea.edu.ec Fuente de Internet	1%

127 Aurea Cecilia Gallego Salguero. "Análisis territorial de la ganadería de la Comunidad Valenciana mediante tecnologías SIG y análisis multicriterio", Universitat Politecnica de Valencia, 2015
Publicación <1 %

128 RICCI COSSIO LUIS MARTIN. "PAMA de la Infraestructura de Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales (Relleno Sanitario) en la Ciudad de Tacna-IGA0002872", R.D. N° 386-2013/DSB/DIGESA/SA, 2021
Publicación <1 %

129 engineering.futureuniversity.com
Fuente de Internet <1 %

130 repositorio.unach.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

Similitud según fuente	
Índice de similitud 22%	Internet Sources: 21%
	Publicaciones: 10%
	Trabajos del estudiante: 9%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



**Identificación de áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario aplicando
evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca-2023**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

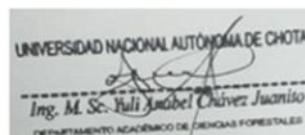
PRESENTADO POR:

Bachiller: José Dany Vásquez Oblitas

Asesor: M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito

CHOTA-PERÚ

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 022-2023/EPIFA-FCA/UNACH

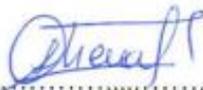
Siendo las 12:00 horas, del día 26 de Julio de 2023, reunidos en el auditorium de la EPIFA en forma presencial, los miembros de evaluación y asesor de la Tesis titulada: "Identificación de áreas potenciales para la instalación de relleno sanitario aplicando evaluación multicriterio en el distrito de Chota- Cajamarca", integrado por:

M. Sc. Azucena Chávez Collantes	Presidente
M.Sc. Ismael Suárez Medina	Secretario
Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo	Vocal
M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito	Asesor

Sustentado por el **Bach. José Dany Vásquez Oblitas**, con la finalidad de obtener el Título Profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda A.probar la tesis, calificándola con la nota de: 15 (Quince), se eleva la presente acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Firmado en: Colpa Matara, 26 de Julio del 2023



.....
M. Sc. Azucena Chávez Collantes
Presidente



.....
M.Sc. Ismael Suárez Medina
Secretario



.....
Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo
Vocal



.....
M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito
Asesor

Dedicatoria

A Dios, por concederme la vida y haberme guiado durante los 5 años de carrera universitaria y llegar hasta estas instancias de mi formación profesional.

A personas muy especiales, que constantemente han estado y están brindándome su apoyo de diferentes maneras y que dan lo mejor de sí para continuar prosperando tanto personalmente como profesionalmente.

A mis padres Samuel Vásquez Dávila y Ermila Oblitas Bustamante, hermanas por ser los pilares más importantes y por demostrar su cariño y apoyo incondicional.

Agradecimientos

A Dios por haberme guiado en toda mi trayectoria de formación profesional y brindarme una etapa llena de aprendizajes y experiencias vividas junto a compañeros y docentes.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH) de la cual recibí mi formación académica profesional a nivel de pregrado, y resaltar la labor de todos los docentes que proporcionaron sus conocimientos, experiencias y consejos para salir adelante.

A la M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito por todo su apoyo brindado como asesora, por su tiempo y conocimientos brindados, durante la elaboración de esta investigación.

A mis padres, hermanas y demás familiares por darme su apoyo constantemente, por los principios, convicciones que infundieron en mí y ser una persona con valores, también por concederme la ocasión de llevar una educación de la mejor manera. Lo cual se convierten en mi motivación para seguir superándome cada día más.

Gracias a las personas que, de una u otra manera, han sido claves en mi formación profesional y en la elaboración de este trabajo de investigación, por sus consejos, apoyo, ánimo, compañía y todo lo brindado durante todo este tiempo.

CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Justificación de la investigación.....	14
1.4. Objetivos	15
1.4.1. Objetivo general.....	15
1.4.2. Objetivos específicos.....	15
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes	16
2.1.1. A nivel internacional.....	16
2.1.2. A nivel nacional	20
2.1.3. A nivel regional.....	22
2.2. Bases teóricas científicas	23
2.2.1. Residuos sólidos.....	23
2.2.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	31
2.3. Marco conceptual	38
2.4. Hipótesis.....	41
2.5. Operacionalización de variables	43
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	45
5.1. Tipo y nivel de la investigación.....	45
5.2. Diseño de investigación	45
5.3. Métodos de investigación.....	45
5.4. Población y muestra	47
5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
5.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico	57
5.7. Aspectos éticos	57
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1. Descripción de resultados	58
4.2. Contrastación de hipótesis	94
4.3. Discusión de resultados.....	95
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
5.1. Conclusiones.....	98

5.2. Recomendaciones	98
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	100
CAPITULO VII. ANEXOS	108
7.1. Anexo 1. Imágenes de campo del “Área 1”	108
7.2. Anexo 2. Imágenes de campo del “Área 2”	111
7.3. Anexo 3. Imágenes de campo del “Área 3”	113
7.4. Anexo 4. Imágenes de campo del “Área 4”	114
7.5. Anexo 5. Imágenes de campo del “Área 5”	115
7.6. Anexo 6. Imágenes de campo del “Área 6A”	116
7.7. Anexo 7. Imágenes de campo del “Área 6C”	117

Índice de Ilustraciones

Tablas

Tabla 1. <i>Variables temáticas de los criterios de restricción</i>	29
Tabla 2. <i>Variables temáticas de los criterios de exclusión</i>	29
Tabla 3. <i>Límites permisibles para los requisitos de localización</i>	30
Tabla 4. <i>Operacionalización de variables</i>	43
Tabla 5. <i>Criterios de restricción para ser evaluados en el distrito de Chota</i>	48
Tabla 6. <i>Criterios de exclusión para ser evaluados en el distrito de Chota</i>	48
Tabla 7. <i>Ponderación de los criterios de restricción, categorías y valores a evaluar</i>	51
Tabla 8. <i>Ponderación de los criterios de exclusión</i>	52
Tabla 9. <i>Categorización para cada criterio de restricción</i>	58
Tabla 10. <i>Extensión superficial de cada categoría</i>	78
Tabla 11. <i>Cálculo de área requerida de acuerdo con el volumen de residuos sólidos producidos en el distrito de Chota</i>	84
Tabla 12. <i>Extensión superficial de las áreas potenciales</i>	88

Figuras

Figura 1. <i>Fases para la identificación de áreas potenciales para el emplazamiento de rellenos sanitarios</i>	28
Figura 2. <i>Mapa de ubicación del distrito de Chota</i>	46
Figura 3. <i>Espacialización de pendientes</i>	59
Figura 4. <i>Ámbito de influencia a la red hídrica</i>	61
Figura 5. <i>Ubicación y ámbito de influencia de las fallas geológicas</i>	63
Figura 6. <i>Ubicación y ámbito de influencia a la zona urbana</i>	65
Figura 7. <i>Espacialización de textura del suelo</i>	67
Figura 8. <i>Resultado de análisis de restricciones</i>	69
Figura 9. <i>Espacialización de las comunidades campesinas</i>	71
Figura 10. <i>Espacialización de concesiones mineras</i>	73
Figura 11. <i>Espacialización de sitios arqueológicos</i>	75
Figura 12. <i>Resultado de áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario</i>	77
Figura 13. <i>Propuestas de áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario en el distrito de Chota</i>	87
Figura 14. <i>Áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario validadas en campo</i> ...	92
Figura 15. <i>Áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario validadas en campo</i> ...	93
Figura 16. <i>Inspección del área 1</i>	108
Figura 17. <i>Presencia de fuentes de agua en el área 1</i>	109
Figura 18. <i>Especies de flora en los fragmentos de bosque natural en el área 1</i>	110
Figura 19. <i>Inspección del área 2</i>	111
Figura 20. <i>Imágenes de fuentes de agua evidenciadas en el área 2</i>	112

Figura 21. <i>Inspección del área 3</i>	113
Figura 22. <i>Inspección del área 4</i>	114
Figura 23. <i>Inspección del área 5</i>	115
Figura 24. <i>Inspección del área 6A</i>	116
Figura 25. <i>Inspección del área 6C</i>	117

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo identificar áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario a través de evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca, se combinó líneas de ponderación tomando en cuenta la influencia de cada criterio tanto de restricción (pendiente, hidrología, fallas geológicas, distancia a la ciudad de Chota zona urbana, textura de suelos) y exclusión (comunidades campesinas, concesiones mineras y centros arqueológicos correspondientes a patrimonio cultural) de acorde a la normativa vigente, estos criterios fueron procesados en el software ArcGIS 10.8, obteniendo como resultado 5 áreas validadas en campo como alternativas para la instalación de un relleno sanitario (Área 3, Área 4, Área 5, Área 6A y Área 6C) estas áreas tienen 468,25 ha ; 17,59 ha; 171,25 ha ; 18,91 ha y 42,8 ha superando el área requerida para dicha infraestructura en el distrito de Chota, se concluye que la evaluación multicriterio, el sistema de información geográfica y la validación en campo permitió identificar 5 áreas potenciales que cumplen para el emplazamiento de un relleno sanitario en el distrito de Chota.

Palabras claves: Evaluación multicriterio, Sistemas de Información Geográfica (SIG), ponderación, áreas potenciales y relleno sanitario.

Abstract

The objective of this study was to identify potential areas for the installation of a sanitary landfill through a multi-criteria evaluation in the Chota-Cajamarca district, weighting lines were combined taking into account the influence of each restriction criterion (slope, hydrology, geological faults, distance to the city of Chota urban area, soil texture) and exclusion (peasant communities, mining concessions and archaeological centers corresponding to cultural heritage) in accordance with current regulations, these criteria were processed in the ArcGIS 10.8 software, obtaining As a result, 5 areas validated in the field as alternatives for the installation of a sanitary landfill (Area 3, Area 4, Area 5, Area 6A and Area 6C) these areas have 468.25 ha; 17.59 ha; 171.25 ha; 18.91 ha and 42.8 ha exceeding the area required for said infrastructure in the Chota district, it is concluded that the multi-criteria evaluation, the geographic information system and the field validation allowed to identify 5 potential areas that meet for the location of a sanitary landfill in the district of Chota.

Keywords: Multi-criteria evaluation, Geographic Information Systems (GIS), weighting, potential areas, landfill

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los residuos sólidos son todos aquellos que no son líquidos y que ha perdido su valor primigenio, ya sea porque ha cumplido su función o está deformado, roto, caducado y hay que desecharlo. Son de diferentes tipos según el origen de generación (doméstico, industrial, comercial, constructivo o institucional), su contenido (biodegradable, vidrio, metal y plástico) y su potencial de peligrosidad (tóxico, inflamable, radiactivo e infeccioso). Pueden ser heterogéneos, como los residuos procedentes de viviendas, comunidades; y homogéneos, como los residuos procedentes de terrenos agrícolas, industrias, etc. La región geográfica, las prácticas culturales, las variaciones estacionales y la fase de emergencia también influyen en el tipo y la cantidad de residuos generados. El conocimiento de la fuente de residuos, el tipo de residuos, el volumen de residuos y los peligros para la salud generados por los residuos es importante para diseñar y operar una gestión eficaz de los residuos (Kaur et al., 2021).

Con el paso del tiempo, los residuos sólidos se han incrementado en el mundo debido al acelerado crecimiento poblacional y al mismo tiempo por sus hábitos de consumo inadecuados, trayendo múltiples problemas ambientales y sociales a consecuencia de una mala disposición final además porque las áreas de disposición final no cumplen con los requisitos técnicos establecidos en la normatividad ambiental. En tal sentido la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental [AIDIS](2018), menciona que los rellenos sanitarios se ubican en áreas seleccionadas mediante una metodología técnica que sirve para dar una buena disposición final a los residuos sólidos con el fin de prevenir impactos ambientales negativos y garantizar la salud de la población, es por ello que éstas instalaciones tienen que estar ubicados en lugares adecuados, para lo cual

los sistemas de información geográfica (SIG) son una herramienta importante que ayuda a evaluar y seleccionar sitios adecuados para disposición final de residuos sólidos mediante el procesamiento de datos.

En Perú durante los años 2014-2018, la problemática con los residuos sólidos se ha incrementado ya que se registró un aumento del 7% de la generación de residuos sólidos municipales, además la disposición final que toman estos residuos sólidos se ve reflejado aún más el problema ya que para el año 2017 se reportó que el 83% de los municipios su disposición final de estos residuos lo realizan en un botadero y tan solo el 17% lo realizan en un relleno sanitario; de esta manera, la inadecuada disposición de los residuos sólidos en los botaderos facilitan el crecimiento de agentes infecciosos, poniendo en riesgo sus derechos básicos a la vida , la salud y un ambiente apropiado, entre otras problemáticas (Defensoría del Pueblo, 2019).

En el distrito de Chota se tiene una generación per cápita municipal de residuos sólidos de 0,4 kg/hab/día. Los residuos municipales están compuestos por 54,6% de materia orgánica; 5,49% de madera y follaje ; 6,92% papel; 1,81% vidrio; 1,81% plástico PET; 2,74% plástico duro; 6,95% bolsas; 0,5% metales; 0,6% textiles; cuero, caucho y jebe 0,3%; pilas 2%; restos de medicinas y focos 0,06%; residuos sanitarios 5,76%, material inerte 4,29%; tetrabrik 0,97%; otros residuos 1,62% (Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL), 2018)

El mencionado distrito no escapa a esta problemática que se viene presentando, donde estos residuos sólidos son trasladados dándole una disposición final inadecuada en un botadero a tajo abierto, además, debe ubicarse en un lugar apto cumpliendo las condiciones o los parámetros para el emplazamiento de infraestructuras para la confinación de residuos sólidos en lo que se refiere el artículo 109 y 110 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, además según la guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos

municipales-MINAM, con Resolución Ministerial N° 124-2021-MINAM; como son la distancia mínima que tiene que estar alejado del recurso hídrico, vías, poblaciones y restricciones, de no estar ubicadas en zonas de bofedales o áreas de regulación hídrica, sitios que presentan fallas geológicas, entre otros. Entonces al hacer una confinación de estos desechos en sitios inapropiados están provocando efectos negativos a los ecosistemas y a la salud pública como: degradación del suelo de manera general, son focos de plagas y patógenos, además estos terrenos pierden su valor económico y valor paisajístico, genera la contaminación del agua mediante los lixiviados que se originan y la perturbación de la calidad del recurso aire.

Además, sabiendo que el distrito se encuentra sobre la cordillera de los andes haciendo que sus características fisiográficas dificulten su ubicación de estas áreas potenciales. En ese sentido en este trabajo lo que se realizó es la identificación de lugares con potencial para el emplazamiento de un relleno sanitario en el distrito de Chota a través del análisis espacial con los SIG, teniendo como herramienta de proceso analítico la técnica de evaluación de multicriterio; tomando criterios de restricción y exclusión de acuerdo con la guía del MINAM como variables para su procesamiento en el software ArcGis 10.8.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario aplicando evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca?

1.3. Justificación de la investigación

El desarrollo de esta investigación es importante porque aportará al conocimiento existente sobre el uso de la técnica de evaluación multicriterio en la identificación de áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario, cuyos resultados podrán ser propuestos al área de gestión de residuos sólidos de la Municipalidad Provincial de Chota para cumplir

con su responsabilidad de provisión de una infraestructura para la disposición final de sus residuos sólidos y que esta esté ubicada en condiciones óptimas; además permitirá a otras municipalidades que su área de delimitación tengas las mismas características fisiográficas que el distrito de Chota tomar los mismos criterios de selección.

Por otro lado, está investigación se realizó porque existe la necesidad de cuidar nuestros recursos naturales y así alcanzar una buena calidad ambiental en el distrito de Chota que está siendo degradado por la inadecuada eliminación o descarte de los residuos sólidos, sabiendo que Chota no cuenta con una infraestructura para la confinación de residuos como un relleno sanitario y que esta reúna las condiciones adecuadas de ubicación para la instalación, además al estar ubicado correctamente no habría una degradación paisajística sino que daría un mejor aspecto para los pobladores como para los turistas que llegan a visitar nuestra localidad, asimismo tendría una mayor protección para evitar la contaminación de los componentes ambientales como: recurso hídrico, aire y suelo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Identificar áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario a través de la evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Aplicar los criterios establecidos en la guía del Ministerio del Ambiente correspondientes al área de estudio, para seleccionar sitios donde se puedan instalar un relleno sanitario en el distrito de Chota.

- Aplicar la técnica de Evaluación Multicriterio mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para los criterios de restricción y exclusión para la localización de sitios potenciales para la ubicación de relleno sanitario para el distrito de Chota.
- Comparar las áreas potenciales obtenidas a través de la evaluación multicriterio con las visitas en campo.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Chang et al., (2008) hicieron una selección de áreas para rellenos sanitarios en una zona urbana con un acelerado crecimiento poblacional en el sur de Texas, México, mediante uso de los mapas temáticos del sistema de información geográfica junto con variables ambientales, biofísicas, ecológicas y socioeconómicas como ríos, lagos, humedales, uso del suelo, carreteras; que permiten realizar el análisis a través de la toma de decisiones multicriterio difusa (MCDM). Los resultados de la investigación muestran que lograron localizar 7 áreas, de las cuales se seleccionó el "emplazamiento 1" como el más adecuado para el nuevo vertedero en la zona urbana de la localidad de Harlingen. Concluyendo que el método MCDM incorporó sin problemas la información proporcionada para seleccionar el área para el vertedero.

Giménez y Cardozo (2012) evaluaron áreas para el emplazamiento adecuado de una infraestructura para la confinación de desechos sólidos a través de SIG utilizando la técnica multicriterio en diversos distritos de Alto Paraná en Paraguay; para lo cual ellos utilizaron el software SIG de Arc View como herramienta de geoprocésamiento de sus variables seleccionadas como distancia a la red hidrográfica, a la zona urbana, pendiente del terreno; de los cuales como resultados obtuvieron que seis sitios eran aptos para el emplazamiento en Minga Guazú, un distrito

de Alto Paraná; concluyendo que las técnicas multicriterio que utilizan los SIG permite localizar con mucha facilidad áreas adecuadas para ser usadas como rellenos sanitarios.

Velasco et al., (2013), identificaron áreas potenciales para la construcción de una infraestructura de confinamiento de desechos sólidos, haciendo el uso de técnicas geomáticas en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. En la cual se hizo una modelación en los dos formatos de almacenamiento de la información de SIG, tanto vectorial como ráster. Estos parámetros que establecieron estuvieron de acuerdo con la normativa ambiental oficial de México, obteniendo como resultados 30, 18 y 68 hectáreas, cumpliendo con la NOM-083-SEMARNAT-2003, solo dos únicos dueños; concluyendo que el análisis espacial y SIG le permitió encontrar de una forma rápida y económica las ubicaciones más adecuadas para descartar los desechos sólidos, esta investigación es fundamental en las decisiones a tomar.

Palacios (2018), determinó las áreas potenciales para la ubicación de infraestructuras para la eliminación o descarte final de residuos en Macas una ciudad ecuatoriana, donde utilizaron una de las técnicas más conocidas del análisis espacial que es la evaluación multicriterio mediante un procesamiento AHP realizando la matriz de Saaty; para ello trabajaron con variables físicas y socioeconómicas como distancia a aeropuerto, a cuerpos de agua, a vías, zona urbanas, pendiente, uso del suelo; la cual a cada una de esas variables de acuerdo con su importancia les asigno valores de ponderación. Como resultado se obtuvo un área de 16, 58 ha consideradas como óptimas para su emplazamiento; concluyendo que la técnica evaluación multicriterio (EMC) interrelacionando las variables facilitó en la identificación de esos sitios en la ciudad de Macas.

Saldaña y Nájera (2019) identificaron lugares que cumplían con las condiciones para la ubicación de la infraestructura de relleno sanitario en Tepic, un municipio del estado de Nayarit en México, donde realizaron un análisis geoespacial de dicho lugar, interrelacionando cuatro

variables importantes para su evaluación (aeropistas, cuerpos de agua, distancia a la población y pendiente), además que estas se contemplan en su normatividad mexicana; aparte de ello fueron agregados dos variables de carácter natural (vegetación natural y áreas naturales protegidas); obteniendo como resultado que del total de superficie del municipio aproximadamente 9090,8 ha, equivalente al 5,4 % cumplían con la condiciones establecidas para la implementación de esa infraestructura, además los otros 94,6 % de superficie existe restricciones por algunos criterios que impiden su instalación; concluyendo que se ha logrado identificar mediante un análisis geoespacial estos sitios aptos para estos fines antes mencionado.

Lopez (2019), identificó una área óptima para la construcción de un relleno sanitario alternativo en Chocontá, un municipio de Bogotá, Colombia; donde aplicó un proceso de aplicación de valores como pesos de las variables por orden de importancia de ellas, utilizando herramientas de software SIG como distancias euclidianas y clasificaciones a cada uno de los criterios (distancia a fuentes hídricas, al área urbana, a las vías de acceso, pendientes y áreas protegidas); posterior a eso hizo una sobreposición de todas las capas que representan las variables estudiadas, también para excluir las zonas o lugares que requieren protección, obteniendo como resultado 12 sitios que cumplieron con las condiciones anteriormente establecidas y tenían una superficie amplia para instalar estas infraestructuras de disposición final. Concluyó que los SIG le facilitaron a localizar sitios óptimos para la construcción de un relleno sanitario en dicho lugar.

Majid y Mir (2021) seleccionaron un área para vertedero utilizando una técnica de evaluación de criterios múltiples basada en SIG. Un estudio de caso de la ciudad de Srinagar, India”, con base en el Sistema de Información Geográfica (GIS) y la teledetección; utilizando técnicas como la Evaluación de Criterios Múltiples (MCE) y el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) considerando los siguientes criterios de selección: distancia a carreteras, a cuerpos de agua,

a zona residencial, cercanía a aeropuerto y áreas agrícolas; obteniendo como resultados que el 98,69% del área de estudio está restringida. El índice de idoneidad de la tierra (LSI) se usa para encontrar el grado de idoneidad de diferentes sitios sobre la base de consideraciones ambientales, mientras que la distancia total de acarreo (THD) se usa para evaluar los sitios desde el punto de vista económico. Concluyendo que la técnica de evaluación multicriterio le permitió seleccionar un área para la construcción de su nuevo vertedero en la ciudad de Singapur.

Chida (2020), identificó zonas con potencial que instalen una nueva infraestructura como es relleno sanitario en el cantón de Tena, que pertenece a la provincia de Napo, Ecuador, donde se realizó un análisis geoespacial con una evaluación multicriterio en los SIG considerando los siguientes criterios de selección: cercanía al aeropuerto, ámbito de influencia a vías, distancia a los asentamientos poblacionales, distancia a las fuentes de agua, pendiente; utilizando la herramienta ArcMap 10.5 como resultado dentro de sus categorías obtuvo que ninguna zona era la mejor opción para la ubicación de esta infraestructura. Pero que el 0,09% de la zona estudiada que equivale a 361,13 ha fue considerada como una opción de categoría excelente, además identificó otras categorías como: muy buena y buena que representan el 1,27% y 6,72% respectivamente de toda la superficie. Considerando que el área mínima que se necesitaba para dicha infraestructura era de 7 ha, seleccionó un total de 13 posibles lugares, Sin embargo, solo seis lugares fueron recomendados como los más apropiados desde su perspectiva tanto económica, social y ambientalmente amigable. Concluyendo que la aplicación metodológica en dicha investigación fue apropiada ya que permitió cumplir con lo planteado.

Kazuva et al., (2020) realizó un estudio que aplica principalmente a Dar es Salaam, una ciudad de la región de África Oriental que no ha seguido los enfoques adecuados para la selección de emplazamientos y que los métodos utilizados para seleccionar los emplazamientos actuales son

de funcionamiento manual. El estudio utilizó un sistema de información geográfica (SIG) combinado con un análisis de decisiones multicriterio (MCDA) para determinar objetivamente los vertederos óptimos, considerando criterios de selección como: geología, tipo de suelo, recurso hídrico, red de carreteras y elevación; como resultado el mapa final de idoneidad elaborado mediante la superposición de las capas de mapas de criterios mostró que sólo la clase de idoneidad alta (0,46%) de superficie presentaba niveles de idoneidad aceptables para la ubicación de un vertedero. Concluyendo que el método utilizado en este estudio apropiado para llegar a una ubicación ideal para la instalación de un relleno sanitario.

Sisay et al., (2021) hizo un estudio donde el objetivo era determinar las áreas donde se pueden emplazar vertederos óptimamente en la ciudad de Gondar (Etiopía). Para alcanzar los objetivos, se empleó un método de análisis multicriterio basado en SIG, en la cual se tuvieron en cuenta nueve criterios para seleccionar los vertederos adecuados (pendiente, asentamientos, tipo de suelo, red de carreteras, áreas protegidas, aeropuerto, pozos, distancia a ríos). El resultado del mapa de idoneidad muestra que alrededor del 4,5% del área de estudio es muy adecuado para el vertedero; concluyendo que este estudio podría utilizarse como una aportación inicial para identificación más detallada de la selección del vertedero para que tenga una mejor gestión en la eliminación de los residuos generados.

2.1.2. A nivel nacional

Espejo (2018) investigó la localización de un área potencial que sea técnica y ambientalmente conveniente para la ubicación de un relleno para la ciudad de Chachapoyas, Perú, este estudio aplicó una metodología que combina la evaluación multicriterio y los sistemas de información geográfica considerando ciertos parámetros de localización como topografía, cercanía a cuerpos de agua, distancia a la zona urbana,

distancia al aeropuerto, distancia a carreteras; para cada criterio fueron ponderados con 0 (no óptimos) y 1 (óptimos). Según el análisis que ha realizado fueron localizados cuatro áreas aptas dentro del lugar de estudio, siendo el sitio óptimo más representativo en superficie el de 60, 43 ha; concluyendo que la utilización de los SIG y sus herramientas le permitieron localizar 4 áreas aptas para instalar un relleno sanitario.

Además, Mamani (2018) realizó una investigación donde identifica sitios aptos que puedan construir un relleno sanitario para la ciudad de Huayrapata perteneciente a la provincia de Moho, en la región Puno; siguiendo una metodología de análisis espacial con los SIG, abarcando el software ArcGIS para aplicar y procesar los datos espaciales con el análisis multicriterio, considerado los criterios existentes al lugar de la guía del MINAM, como pendiente, fallas geológicas, ríos, entre otros. Como resultado pudo localizar cuatro áreas con potencial para la implementación de un relleno sanitario, el área más representativa tiene 766 ha. Concluyendo que mediante la aplicación de los SIG y sus herramientas logró identificar cuatro áreas óptimas disponibles.

Uscamayta (2021) en su investigación determinó lugares que cumplan con condiciones para la implementación de un relleno sanitario de la provincia de Cusco, para ello siguió la metodología de evaluación multicriterio aplicado con la ayuda del software ArcGIS 10.2 para los criterios que aplican para el lugar según la guía establecida por el MINAM; ponderando en tres categorías, donde el valor 1 con potencial bajo, el valor 2 representa una categoría de potencial medio y el número 3 representa una categoría de potencial alto. De acuerdo con el análisis que ha realizado logró localizar cuatro lugares con potencial medio para la ubicación de esta infraestructura. Concluyendo que el análisis espacial le permitió identificar lugares con menor cantidad de restricciones para un relleno.

Ichpas y Sanchez (2021) en su trabajo de investigación localizaron áreas que cumplían con características para la implementación de una infraestructura de disposición final (relleno sanitario) para la ciudad de Huancavelica. Este estudio lo realizaron mediante los sistemas de información geográfica utilizando el software ArcGIS 10.8 para los criterios de acuerdo con la guía del Ministerio del Ambiente, ponderando en cuatro categorías (malo, regular, bueno y muy bueno). Como resultado lograron localizar siete áreas con categorías de “muy bueno” para la ubicación de esta infraestructura, teniendo un área total en esta categoría de 127,88 ha. Concluyeron que lograron tener un modelo cartográfico para ubicar los lugares “muy buenos”.

2.1.3. A nivel regional

Loyaga (2019) en su investigación de identificación de zonas potenciales con condiciones para la implementación de un relleno sanitario en el distrito Las Pirias, en la provincia de Jaén, en la región Cajamarca; lo desarrolló mediante combinación del análisis multicriterio y aplicación espacial con los SIG, integrando los 8 criterios aplicables para el lugar según la guía del Ministerio del Ambiente (pendiente, ríos, fallas geológicas, etc.); asignó una ponderación en tres categorías 0 (sitios no aptos), 1 (sitios óptimos) y 2 (sitios aceptables). Como resultados logró localizar dos sitios con categoría “óptimos” y trece con una categoría “aceptable”. Concluyendo que se identificó áreas óptimas y aceptables con la ayuda de los SIG.

Altamirano (2019) investigó la localización de áreas potenciales que sea técnica y ambientalmente segura para la construcción de una infraestructura para la confinación de residuos sólidos en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, región Cajamarca. Este estudio lo realizó utilizando el análisis espacial de la evaluación multicriterio ayudado

del software SIG, ArcGIS 10.4.1., para los nueve criterios aplicables para el lugar de acuerdo con la guía establecida por el MINAM; asignó una ponderación en dos categorías 0 (áreas no optimas) y 1 (áreas optimas). De acuerdo con el análisis que ha realizado logró identificar seis lugares con potencial para la instalación de esta infraestructura, haciendo un total de 34,71 ha. Concluyó que la evaluación multicriterio le facilitó localizar sitios potenciales.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Residuos sólidos

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA] (2013) mencionan que los residuos sólidos son artículos, compuestos, entre otros que se degradó su valor inicial y que son descartados por la población. Estos residuos sólidos pueden ser considerados que han tenido desvalorización económica, y se les conoce comúnmente como “desperdicio”. Mihelcic y Zimmerman (2012) mencionan que en los desechos sólidos también comprende productos a base de papel y de polímeros que se producen en las viviendas, residuos como la ceniza generada por las industrias, los desechos de alimentos provenientes de restaurantes, cafeterías, etc., asimismo dentro de la materia orgánica restos que proviene de los jardines como hojas ramas, gramas, etc.; residuos farmacéuticos de los centros médicos como farmacias, hospitales y clínicas; también desechos de demolición y de construcción.

Los desperdicios sólidos pueden ser caracterizados por su fuente, es decir de que actividades provienen; de acuerdo con su origen tal como si es a base de vidrio o plástico, por su peligrosidad o composición sintética ya sea química o física. Los residuos sólidos que proliferan las enfermedades infecciosas son conocido como desperdicios putrefactos, estos pueden propagar infecciones de manera directa o indirecta al estar expuesta un suministro de alimento para los

proliferadores, allí están los insectos como las moscas y animales como las ratas, perros, aves, entre otros. Las fuentes de desperdicio sólido que provienen son los siguientes: habitacional, comercial, institucional, de construcción, desechos municipales, de industrias, actividades agropecuarias y mineras (Mihelcic y Zimmerman, 2012)

2.2.1.1. Gestión integral de los residuos sólidos

La gestión de los residuos sólidos urbanos se considera como un sistema abierto, es decir a través de un conjunto de operaciones que se relacionan entre ellas en un lugar en específico. Este conjunto de operaciones actúa unido que se engloba a este sistema con el objetivo de obtener los resultados esperados, que es la gestión óptima de los residuos sólidos. La gestión de los residuos sólidos en la actualidad es vista de manera muy amplia y compleja, sobre todo por las grandes cantidades y tipo de residuos que se generan, por la demanda de recursos económicos que es muy amplia y que este recurso es un limitante, además porque requiere de infraestructuras y tecnología moderna y la articulación de programas, políticas, reglamentos que permitan regular las condiciones ambientales (Marquez, 2016).

2.2.1.2. Manejo integral de los residuos sólidos

Se refiere a todas las funciones legales, de estrato económico y de planeación que tiene que aplicarse las fases de la gestión y los procesos de manejo de residuos sólidos desde el momento en que se genera, en base a que asegure la salud pública, condiciones ambientales adecuadas, condiciones sociales y de factibilidad técnica y estratos financiero para la disminución en la misma fuente, valorización, tratamiento hasta la confinación de los desechos. El manejo de estos desechos también se conoce como el uso de métodos, técnicas y planes para obtener el objetivo deseado en un determinado territorio, para ello debe considerarse las condiciones ambientales de cada lugar para garantizar un desarrollo

sostenible, además promulgar un programa de manejo de residuos sólidos de acorde estas condiciones (OEFA, 2013)

2.2.1.3. Tratamiento de residuos solidos

Esta etapa es un procedimiento en la cual se pretende modificar las propiedades, físicas, químicas y biológicas de estos, para reducir los impactos ambientales y asegurar el bienestar de la población; en esta etapa también permite en cierta parte valorizar o reutilizar estos residuos, facilitando su disposición final en menor cantidad y de manera sanitaria (OEFA, 2013).

2.2.1.4. Disposición final de residuos sólidos

Es el proceso final del manejo de los residuos, en la cual se busca establecer en lugares aptos para estos desechos, con el fin de garantizar el cuidado ambiental y el bienestar público. Para los desperdicios municipales la eliminación se hace a través de los rellenos sanitarios; y para los residuos diferentes a los municipales que provengan de otras fuentes su eliminación es a través de rellenos de seguridad. Siendo los rellenos sanitarios la alternativas más factible para confinar a los desechos generados por la población, donde la infraestructura asegure el desarrollo de manera sanitaria (OEFA, 2013).

2.2.1.5. Rellenos sanitarios

Según Cossu y Stegmann (2019) mencionan que es un sistema que puede describirse en general como un conducto de varias barreras, cada una de ellas destinada a reducir la carga de contaminantes en el medio ambiente, en la cual está diseñado para minimizar el transporte de contaminantes a través de las barreras, debido a que dentro de estas instalaciones existe diferentes reacciones como transferencia de masa y balance de masa; y por ello un relleno sanitario multibarrera garantiza las principales soluciones de ingeniería que se pueden adoptar

para aumentar la eficiencia de las barreras. Aunque todavía se discuten aspectos controvertidos y se abordan cuestiones abiertas, como la controlabilidad del sistema a largo plazo.

Por otra parte, Mihelcic y Zimmerman (2012) hacen referencia que un relleno sanitario es una instalación de ingeniería diseñada y operada a fin de retener los residuos como un sistema de manera segura y en definitiva por mucho tiempo. Existen tipos de rellenos sanitarios en los que se clasifica en base al tipo de desperdicios que contiene y son: escombros de construcción y demolición, desperdicio sólido municipal, desperdicio industrial y residuos peligrosos, además su diseño también dependerá del lugar donde se hará su emplazamiento. En estas instalaciones, los residuos son confinados y presionados para reducir su volumen, una vez hecho ello se cubren para evitar que lleguen a los recursos como al agua y al aire. Dentro de un relleno sanitario se originan lixiviados y gas metano; los lixiviados es un agua que ha sido alteradas sus propiedades por entrar en contacto con los residuos sólidos en descomposición, debido al metabolismo de los microorganismos y eso hace que se genere el dióxido de carbono (CO₂) y la cantidad de oxígeno se vaya reduciendo hasta consumirse en su totalidad y se vuelva un medio anaeróbico que conlleva la generación del gas metano (CH₄).

2.2.1.6. Principios básicos para el funcionamiento del Relleno Sanitario

Según Bustamante (2020) afirma que un relleno sanitario para un buen funcionamiento debe realizarse bien la compactación antes como después de ser cubiertos por el material correspondiente, el cubrimiento debe ser diario, los lixiviados y gases deben ser controlados con diversas técnicas, evitar que el agua de lluvia se infiltre al relleno sanitario

a través de canales y drenajes, además los rellenos sanitarios tienen que ser supervisados constantemente por los administradores o autoridades correspondientes.

2.2.1.7. Emplazamiento de rellenos sanitarios

Para instalar estas infraestructuras deben ser emplazadas donde el potencial de peligro que existe de las sustancias que se generan como los lixiviados y gases en contaminar los recursos del ambiente, de causar daños a la salud pública y a los diversos aspectos sociales se prevengan; pero al hablar de emplazamiento de estas instalaciones sanitarias conlleva a conflictos sociales debido a que la población cercana a la zona no tiene conocimiento que estas infraestructuras ayudan a evitar problemas, y es allí donde el rol del ingeniero tiene que hacerse presente para brindar soluciones de manera pacífica y equitativa, sobre todo hacer entender a la población de la importancia de los rellenos sanitarios (Mihelcic y Zimmerman, 2012)

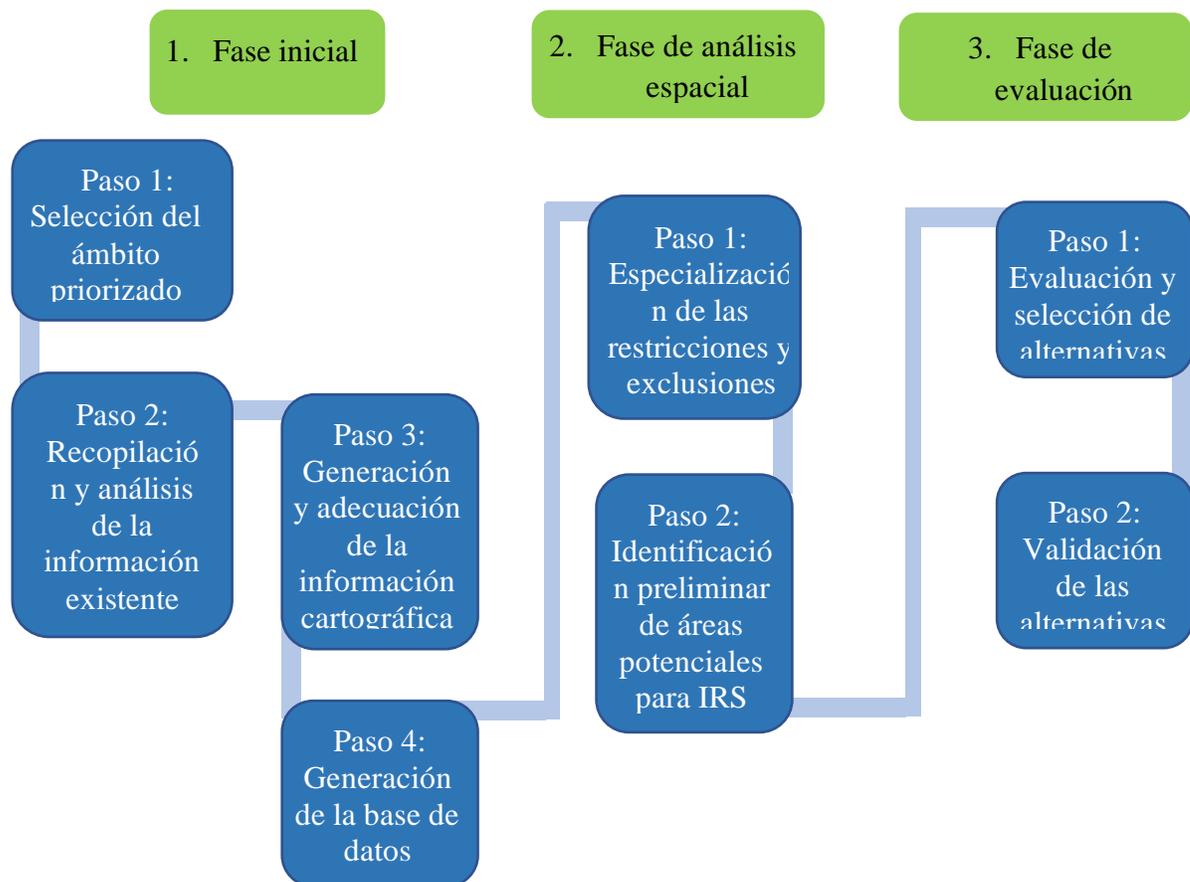
Además Mihelcic y Zimmerman (2012) afirman que para realizar el emplazamiento de acuerdo con las condiciones establecidas y que su ubicación sea óptima una de las herramientas más utilizadas es los Sistemas de Información Geográfica, los SIG son herramientas valiosas que nos permite procesar una gran diversidad de información espacial y poder evaluar todas las alternativas y elegir la que mejor satisface las condiciones establecidas. Además, esta herramienta facilita al ingeniero procesar y analizar información de demografía que tenga que ver con otras problemáticas, como la distribución del riesgo y como poder recuperarse.

2.2.1.8. Fases para la identificación de áreas potenciales para el emplazamiento de rellenos sanitarios

Para la identificación de las áreas con potencial para ubicar estas infraestructuras de confinamiento de acuerdo con la guía propuesta por el MINAM para la identificación de estas áreas potenciales, aprobada con Resolución Ministerial N° 124-2021-MINAM; recomienda seguir tres fases como proceso técnico metodológico: fase inicial, fase de análisis espacial y fase de evaluación (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2021)

Figura 1

Fases para la identificación de áreas potenciales para el emplazamiento de rellenos sanitarios



Fuente: MINAM (2021)

2.2.1.9. Criterios de restricción para la selección de área

Estos criterios de restricción son variables temáticas que son recogidas de las diferentes bases de datos cartográficos existentes en el país y que son requerimiento de acuerdo a la normativa vigente (MINAM, 2021), de las cuales se precisan a continuación.

Tabla 1

Variables temáticas de los criterios de restricción

Requisito de localización	Variables
Restricciones	<ul style="list-style-type: none">- Centros poblados- Aeródromos- Fuentes de aguas superficiales (cauce de ríos, lagos y lagunas)- Granjas porcinas y avícolas- Áreas agrícolas- Fallas geológicas- Pendientes- Infraestructura existente (embalses, represas, obras hidroeléctricas, etc.)

Fuente: MINAM (2020)

2.2.1.10. Criterios de exclusión para selección de área

Para las variables temáticas de estos criterios, solamente se tomarán la superficie que abarca estas capas para definir las zonas excluyentes y las zonas no excluyentes, estas variables también serán obtenidas de las distintas bases de datos disponibles.

Tabla 2

Variables temáticas de los criterios de exclusión

Requisito de localización	Variables
----------------------------------	------------------

Exclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas Naturales Protegidas - Peligros por inundación y remoción en masa - Zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos - Faja marginal - Franja marino-costera - Patrimonio cultural - Concesiones mineras, petroleras (en explotación) - Concesiones forestales - Comunidades campesinas y nativas
-------------	--

Fuente: MINAM (2020)

2.2.1.11. Límites permisibles para los criterios de restricción y exclusión

Para toda la información recopilada para las variables de estos criterios, se toman en cuenta los límites adecuados que se establecen en la normatividad correspondiente que permita hallar lugares con potencial para la ubicación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos como son los rellenos sanitarios (MINAM, 2021). De los cuales se detalla a continuación.

Tabla 3

Límites permisibles para los requisitos de localización

Requisitos de localización	Límites permisibles
Restricciones	
Distancia a centros poblados	≥ 500 m
Distancia a infraestructuras existen (embalses, represas, obras hidroeléctricas, etc.)	≥ 500 m
Distancia a aeródromos	$4\text{km} \geq \text{RS} \geq 13$ km
Distancia a fuentes de agua superficiales (cauce de río, lagos y lagunas)	≥ 500 m
Distancia a granjas porcinas, avícolas y animales menores	entre 5 y 10 km
Distancia a áreas agrícolas	≥ 500 m
Distancia a Fallas geológicas	≥ 1 km
Pendientes	<25 %

Exclusiones

Peligros o susceptibilidad por inundación y movimientos en masa	-
Áreas Naturales Protegidas (ANP)	-
Zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos	-
Faja marginal	-
Franja marino-costera	-
Patrimonio cultural	-

Fuente: MINAM (2021)

2.2.2.Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Para los Sistemas de Información Geográfica o simplemente más conocido como SIG existen diferentes conceptos, cada uno de ellos está visto desde diferentes perspectivas debido a que los SIG su aplicación es muy diversa o multidisciplinario (Ali, 2020). El SIG es un sistema que integra software, hardware e información espacial que trata de introducir, manipular, analizar datos espaciales, es decir estos datos representan una ubicación sobre la superficie terrestre, esa integración permite desde cuestiones sencillas como conexión de mapas hasta cuestiones más complejas como mapas temáticos tanto cualitativos como cuantitativos y nos permita tomar decisiones (Olaya, 2020).

Además los Sistemas de Información Geográfica más conocido como SIG, es muy importante porque interrelaciona diferentes procedimientos para obtener mapas generales o temáticos; en la cual el SIG hace referencia por un lado al software y por otro lado al hardware, que permite hacer un tratamiento a la información espacial; y dentro de ello también incluye a las personas que los manejan porque al final ellos forman parte en la toma de decisiones, es decir que es el conjunto de datos digitales que me representa las características del espacio físico (Mancebo et al., 2008).

2.2.2.1. Componentes de un SIG

Según Olaya (2020), afirma que los componentes que integran un SIG en todos los procedimientos son los siguientes:

- **Datos.** Los datos son uno de los componentes más importantes ya que contiene datos espaciales y datos de atributos, estos datos pueden ser almacenados en formatos vectoriales o rasterizados.
- **Métodos.** Son patrones y técnicas funcionales que son propias de una sistematización para que en general los SIG funcione exitosamente en su tratamiento.
- **Software.** Son las aplicaciones informáticas que dentro del campo de los SIG proporcionan las funciones y herramientas necesarias para recopilar, interpretar y mostrar la información espacial.
- **Hardware.** Es el ordenador en el que funciona un SIG
- **Personas.** Son los encargados de gestionar todo el sistema de los datos o información espacial, además estas llevan a cabo ciertos modelos que representan los problemas del mundo real; estos son usuarios de los SIG que allí están los técnicos que diseñan y dan mantenimiento al sistema, y también los que lo usan para analizar e interpretar.

2.2.2.2. Aplicación de los SIG en el campo medioambiental

Los SIG desempeñan un papel vital para el análisis de problemas ambientales, ya que últimamente la falta de protección del entorno natural provoca una mala calidad de vida, debido a la alteración de los recursos como aire, agua y suelo; por lo tanto, los SIG apoyan las actividades de evaluación, seguimiento y mitigación del medio ambiente y puede también

utilizarse para generar modelos medioambientales. Dentro del campo de la ingeniería ambiental esta herramienta es aplicable para una planificación y gestión eficaz en:, gestión de los recursos naturales, gestión de la agricultura, control de la calidad de aire, estudio del cambio climático, evaluación de bosques, conservación de los océanos gestión de residuos, sobre todo porque realiza un seguimiento de los efectos ambientales causado por el hombre, entre otros (Olaya, 2020).

2.2.2.3. Análisis espacial

El análisis espacial se puede hacer usando varias técnicas con la ayuda de estadísticas y sistemas de información geográfica, donde nos permite cuantificar características de eventos o elementos de la superficie terrestre, esta información espacial se relaciona con la posición, área, tamaño de los objetos, es decir que tengan un sistema de referencia de coordenadas específicamente que tenga características espaciales; además el análisis espacial involucrado con el SIG facilita la construcción de datos geográficos lo cual la información será más informativa, con más precisión, predicción y poder tener una mejor interpretación de cualquier fenómeno que suscite en la superficie terrestre; el análisis espacial se puede refinar y hacer interactivo, es decir, transformación, manipulación de mapas temáticos, aplicando procesos matemáticos sencillos, por lo cual los datos espaciales se pueden derivar en grandes bases de datos que proporcionaran información (Olaya, 2020).

Asimismo, el análisis espacial se refiere a la consulta y manipulación de datos, en los cuales incluye sus características de ubicación, es decir donde están ubicados geográficamente; es por tanto una recopilación de procesos que tiene como propósito aprovechar a lo máximo nuestros datos geográficos, para posteriormente tomar decisiones con el fin de resolver problemas. La manera de ver el tema del análisis espacial se diferencia

entre los dos formatos de almacenamiento de la información cuando se trabaja en los sistemas de información geográfica que es el vectorial y el ráster, su diferencia entre ambos formatos es por las características de su almacenamiento, a grandes rasgos el formato ráster tiene más funcionalidad para el análisis de la información espacial que el formato vectorial, debido a que aplica algoritmos matemáticos en cada pixel (Del Bosque et al., 2012).

Según Buzai y Baxendale (2013) menciona que son 5 pilares fundamentales al hablar de análisis espacial, que a continuación se describen:

- **Localización.** Se refiere al sistema de coordenadas de referencia (SRC) que toma un determinado lugar, objeto, evento, fenómeno, actividad etc., para poder localizarlo y trasladarse, o para realizar cualquier análisis de ello, lo cual está localización se puede ver a diferentes escalas.
- **Distribución espacial.** Trata sobre los elementos que representa un mismo tipo de información en la superficie terrestre, los cual estos elementos pueden tomar las diferentes geometrías del formato vectorial, que estos pueden ser polígonos, puntos y líneas, lo cual irá acompañado con datos de atributos que describe sus características, en un formato ráster estos elementos estarán dentro de un pixel para su análisis.
- **Asociación espacial.** Se refiere que al analizar una misma variable que es una capa que nos está representando algún fenómeno, esta nos brinda distintas distribuciones espaciales con distintos datos, debido que en un SIG cada capa temática tiene distintos datos tributarios que se representan en una columna.
- **Interacción espacial.** Hace referencia a la combinación de diferentes capas temáticas de manera espacial una sobre de otra, así las localizaciones, distancias, vínculos pueden ocupar un mismo espacio.

- **Evolución espacial.** Aquí toma en cuenta el análisis temporal, es decir a través del tiempo como los diferentes fenómenos, elementos, entre otros varían, esta dimensión temporal ayuda a realizar un análisis de variación y poder observar cuanto a cambiado con el paso del tiempo y poder ver la problemática, el progreso, etc.

2.2.2.4. Evaluación de multicriterio

Es una herramienta que sigue un proceso de una gran variedad de criterios que están influenciando en la ocurrencia o afectación de cualquier fenómeno, actividad, objeto sobre la superficie terrestre, de esa manera a través de estos criterios ya sea factores ambientales, sociales, económicos, culturales, entre otros poder cuantificar la medida de influencia ya sea positivamente o negativamente y nos permita entender y predecir tal o cual fenómeno, lo cual en ese sentido tomar múltiples decisiones de acuerdo a los resultados para prevenir, mitigar, restaurar de ser el caso de tener efectos negativos. En este proceso para cada variable o criterio que afecta se evalúa de manera particular almacenada en una capa donde se realiza el análisis correspondiente a sus datos que están dentro de ella, posteriormente mediante una combinación de todas las variables mediante un modelo matemático en software SIG y poder observar la influencia tan solo en una capa general, que es la que va a facilitar en las decisiones que se tomen al respecto; esta evaluación multicriterio es muy importante cuando se trabaja con Sistemas de Información Geográfica, por ejemplo con el análisis de capacidad o de aptitud se pretende encontrar zonas que cumplan con ciertas condiciones para emplazar cualquier infraestructura o para realizar cualquier actividad. (Olaya, 2020).

Por otro lado, también la Evaluación Multicriterio (EMC) es un conjunto de técnicas que está direccionada para facilitar la toma de decisiones y es multidisciplinario, es decir que puede ser utilizado en diferentes cuestiones; lo que trata es analizar diferentes alternativas

para que al final la que cumpla con los parámetros o requerimientos establecidos será elegido; todas las alternativas deben ser detalladas de acuerdo con lo que se está evaluando. La evaluación multicriterio está compuesta por elementos los cuales son: la decisión, las alternativas y los criterios, estos últimos son condiciones que deben cumplir las soluciones, los criterios pueden ser factores o restricciones, y se les asigna ponderaciones de acuerdo a su importancia en función del criterio de las personas encargadas de ver las mejores decisiones. Estos criterios al final se combinan según las llamadas reglas de decisión para obtener las alternativas y tomar decisiones (Del Bosque et al., 2012).

Según Dean (2022) menciona que para el método de evaluación multicriterio se siguen ciertos procedimientos secuenciales, para que al final se puedan obtener los resultados esperados, estos se mencionan a continuación.

- a) **Ponderación:** Consiste en la atribución de pesos a los objetivos y criterios asociados constituyendo una etapa crítica y controvertida de cualquier ejercicio de Análisis de Decisión Multicriterio (ACM), dados los importantes juicios de valor que implica este paso y la fuerte influencia que este parámetro puede tener en los resultados del análisis, con pequeños cambios en el conjunto de ponderaciones que pueden dar lugar fácilmente a diferentes clasificaciones de las opciones.
- b) **Combinación de puntuaciones y ponderaciones:** Una vez asignados los pesos y las puntuaciones, es posible combinarlos según las reglas de agregación que conlleva el método de evaluación multicriterio que se ha empleado.
- c) **Presentación de los resultados de la evaluación multicriterio:** Los resultados del análisis deben traducirse en planes de acción específicos. A este respecto, sin

embargo, no hay que olvidar que las decisiones sobre problemas políticos complejos presentan un carácter político inherente y, por lo tanto, rara vez se trata de comparar únicamente los pros y los contras de las posibles soluciones alternativas. De ahí que la evaluación multicriterio y otras técnicas de evaluación, que a menudo se exigen explícitamente en las leyes y reglamentos, sólo sirven de ayuda en el proceso político de toma de decisiones.

2.2.2.5. Software ArcGis

Es un software de SIG elaborado por el Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales (ESRI), es una empresa estadounidense, donde ESRI ha hecho una colección integral de productos de software SIG para que sea un programa completo y eficiente, por eso al hablar de ArcGis consiste en una serie de marcos como son el ArcGIS Desktop, ArcGIS Engine, Server GIS, Mobile GIS. La cual para trabajar en una máquina de escritorio se utiliza el ArcGIS Desktop que es un conjunto integrado de aplicaciones profesionales SIG, que agrupa a tres aplicaciones que son el ArcView, ArcEditor y ArcInfo, donde estos aplicativos se difieren por la cantidad de funciones a las que pueden aplicar de manera particular, además dentro de ellos poseen otros dos programas que son el ArcMap y el ArcCatalog; el ArcMap es un software donde nos permite visualizar, evaluar, analizar datos y sobre todo facilita una elaboración cartográfica de los resultados obtenidos, por otro lado el ArcCatalog facilita la gestión de los datos espaciales, es decir va almacenar la información para poder trabajar en ArcMap (Collado Y Navarro, 2013).

Además, Environmental Systems Research Institute [ESRI] (2020) afirma que ArcGIS otorga herramientas para el mapeo y el conocimiento espacial, ofrece un conjunto de capacidades para aplicar análisis basados en la ubicación es decir en el análisis espacial. Casi

todos los problemas, actividades y situaciones tienen un aspecto de ubicación, referenciadas en el espacio físico. (Esri Press, 2015) también menciona que ArcGIS no es solo un programa que representa cartográficamente la información espacial, sino que es un sistema más complejo que ayuda a descubrir, analizar, gestionar, crear, asociar, compartir, etc. datos espaciales, mapas temáticos y aplicaciones programadas para cumplir con ciertos objetivos, donde te facilita un programa abierto para poder descargar una gran cantidad de información espacial que nos ayude a elaborar múltiples mapas como trabajo final y poder compartirlos para la toma de decisiones.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Desperdicio

Se les considera a esos residuos que luego de ser utilizados por la población pierden su valor haciendo algo inservible (Mihelcic y Zimmerman, 2012).

2.3.2. Botadero

Se le considera a los lugares donde se hace una disposición final de los desechos a atajo abierto, en la que estos desechos se disponen sobre la superficie en un lugar definido y que no existe un plan o alguna infraestructura para mitigar sus efectos (Marquez, 2016).

2.3.3. Disposición final

Es la fase final dentro del manejo de los residuos que consiste en almacenar estos desechos de manera segura a través de infraestructuras de ingeniería y debe estar ubicado en lugares aptos para este proceso, con la finalidad que pueda garantizar el bienestar de la población y los recursos ambientales (Montaña, 2011).

2.3.4. Trinchera

Es un método de diseño del relleno sanitario en la cual realiza zanjas donde sus medidas dependerán del tamaño del relleno y la cantidad de residuos que se tiene, todo ello estará detallado en el expediente técnico del proyecto, para realizar estas zanjas se utilizará diferentes maquinarias; generalmente este método es ampliamente utilizado en áreas planas o bajas pendientes y en donde la presencia de rocas no sea un inconveniente para su excavación, además donde el nivel freático sea alto (MINAM, 2008).

2.3.5. Lixiviado

Un lixiviado viene a ser un líquido que se forma al entrar en contacto los residuos sólidos con la humedad de suelo o con el agua de las precipitaciones ya sea de escorrentía o infiltrada, lo cual hace perder sus propiedades iniciales y hace que sea una agua contaminada; este lixiviado va seguir su transcurso y puede llegar a otros sitios provocando la contaminación de los recursos principalmente del suelo y el recurso hídrico (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2013)

2.3.6. Biogás

Es la combinación de gases como resultado de la descomposición en un medio anaeróbico de los compuestos orgánicos presentes en los residuos, es decir en ausencia de oxígeno; esta descomposición lo realizan las bacterias anaeróbicas generando gases que conforman el biogás principalmente como dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) (Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental [AIDIS] 2018).

2.3.7. Datos espaciales

Los datos geoespaciales son entidades que combina el espacio y el tiempo en un solo modelo que determina el movimiento, la forma como se encuentra y la relación de las actividades, fenómenos, eventos sociales y objetos o también conocidos como elementos, y se caracterizan por

tener: una posición absoluta que es la localización en un sistema de referencia coordenadas (SRC), tomados como puntos x, y, z; es una posición referente que es la localización con respecto a otros elementos de la superficie (López y Torres, 2015).

2.3.8. Datum

“Punto donde las verticales del elipsoide y geoide, coinciden y se hacen tangentes al geoide” (División de Estudios y Planificación, 2015, p. 7)

2.3.9. Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC)

Es una metodología que nos ayuda a identificar la ubicación exacta de un determinado lugar, actividad, evento, objetos o elemento en el espacio, como su propio nombre lo indica que es un sistema por ello parte de un punto geocéntrico, donde las posiciones se expresan basado en un elipsoide o también llamado datum que nos permita definir ese sistema de referencia; las posiciones se expresan en coordenadas geográficas como latitud y longitud, teniendo como unidad de medida los grados, minutos y segundos; y por otro lado tenemos las coordenadas proyectadas definidas cartesianamente en X e Y (INTA, 2014).

2.3.10. Sistema de coordenadas geográficas

Un sistema de coordenadas geográficas (SCG) es la que define ubicaciones en el espacio tridimensionalmente, aunque a menudo se denomina incorrectamente sistema de coordenadas geográficas a un punto de referencia, pero el punto de referencia es sólo una parte de un sistema de coordenadas geográficas; y una de sus características es que se referencia por sus valores de longitud y latitud, donde la longitud y la latitud son ángulos medidos desde el centro de la tierra a un punto de la superficie terrestre en la cual los ángulos se miden en grados; la latitud es la distancia de cualquier punto hacia la línea ecuatorial mientras que la longitud la distancia hacia el meridiano de Greenwich (Furones, 2011).

2.3.11. Proyecciones cartográficas

Es el paso de la esfera de la tierra hacia un plano o un papel de tal manera que se hace bidimensional, es decir solamente en dos dimensiones, siempre al realizar una proyección parte de un sistema de coordenadas geográficas en la cual están referenciadas en dos valores conocidas como X e Y (Santamaría, 2011).

2.3.12. Ráster

El ráster es una de las formas del almacenamiento de la información espacial dentro de los sistemas de información geográfica, lo cual se caracteriza por estar definido por un conjunto de pixeles ordenadas en filas y columnas como celdas; donde cada pixel particularmente posee un valor que puede ser distinto, similar o igual al resto de los pixeles; estos valores indican cierta información o magnitudes de ciertos fenómenos, por ejemplo las temperaturas de un cierto lugar; en la cual estos ráster son fotografías de drones, imágenes satelitales o cualquier mapa que fuera escaneado. (ESRI, 2016).

2.3.13. Shapefile

Un shapefile es un formato que pertenece al almacenamiento de la información vectorial que almacena información geográfica representado en un formato fácil de entender, dentro de ella se encuentra su geometría ubicada espacialmente, como sus datos tributarios que representan sus características; esta información geográfica se presenta en diferentes geometrías como líneas, puntos y polígonos, dependiendo de lo que se quiere representar, y dentro de su información tributaria está añadida a su geometría respectiva formando el shapefile (ESRI, 2016).

2.4. Hipótesis

- **Hipótesis nula (H0):** No existirá alguna área potencial que reúna las condiciones adecuadas para la instalación de un relleno sanitario.

- **Hipótesis alternativa (H1):** Al menos existirá un área potencial que reúna las condiciones adecuadas para la instalación de un relleno sanitario.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 4

Operacionalización de variables

Tipo de variables	Definición de variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas instrumentos
Variable dependiente Identificación de sitios óptimos para el emplazamiento de rellenos sanitarios	Los rellenos sanitarios tienen que ser emplazados en lugares que cumpla con ciertas condiciones para garantizar el cuidado del ambiente y la población, además por si se tenga alguna falla durante las etapas de un relleno sanitario el riesgo sea mínimo	Criterios de restricción	Distancia a la ciudad de Chota (km)	Euclidean distance-ArcGis 10.8
			Fuentes de aguas superficiales (cauce de ríos, lagos y lagunas)	SIG a partir de shapes de la ZEE-Cajamarca
			Fallas geológicas	
			Textura del suelo	
		Pendientes	SIG a partir del DEM	
		Criterios de exclusión	Patrimonio cultural	SIG a partir de shapes de la ZEE-Cajamarca
			Concesiones mineras	SIG a partir de mapas temáticos del GEOCATMIN
Comunidades campesinas	SIG a partir de shapes de la ZEE-Cajamarca			
	Es una herramienta que sigue un proceso de una gran		Cartografía de distancia a la ciudad de Chota (km)	

Variable independiente Evaluación Multicriterio (EMC)-SIG	variedad de criterios que están influenciando en la ocurrencia o afectación de cualquier fenómeno, actividad, objeto sobre la superficie terrestre, de esa manera a través de estos criterios ya sea factores ambientales, sociales, económicos, culturales, entre otros poder cuantificar la medida de influencia ya sea positiva o negativamente	Mapas de criterios de restricción	Cartografía de cuerpos de agua	ArcGis 10.8
			Mapa de fallas geológicas	
			Mapa de pendientes	
			Mapa de patrimonio cultural	ArcGis 10.8
		Mapa de criterios de exclusión	Mapa de concesiones mineras	
			Mapa de comunidades campesinas	

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

5.1. Tipo y nivel de la investigación

Este trabajo tiene un tipo de investigación descriptiva debido a que los resultados fueron obtenidos gracias a la evaluación multicriterio teniendo en cuenta los parámetros establecidos tanto como criterios de restricción y exclusión, en la cual para optimizar su evaluación y tener buenos resultados sobre los parámetros establecidos se asignará como positivo a los que estén dentro del límite y a los que sobrepasen como negativo. Como información se tuvo los shapefiles de los parámetros y modelo digital de elevación (DEM) descargados de los diferentes geos servidores que existen en nuestro país.

5.2. Diseño de investigación

Este trabajo investigativo tuvo un diseño no experimental transeccional causal, ya que se obtuvo información de diferentes bases de datos y también se generó información luego de procesar en el software dentro del campo de los SIG que es ArcGIS desktop 10.8. Según Hernández (2014) menciona que cuando nos referimos a este diseño de investigación, es cuando nos ayuda a determinar el comportamiento de un fenómeno como variable principal a través de otras variables secundarias.

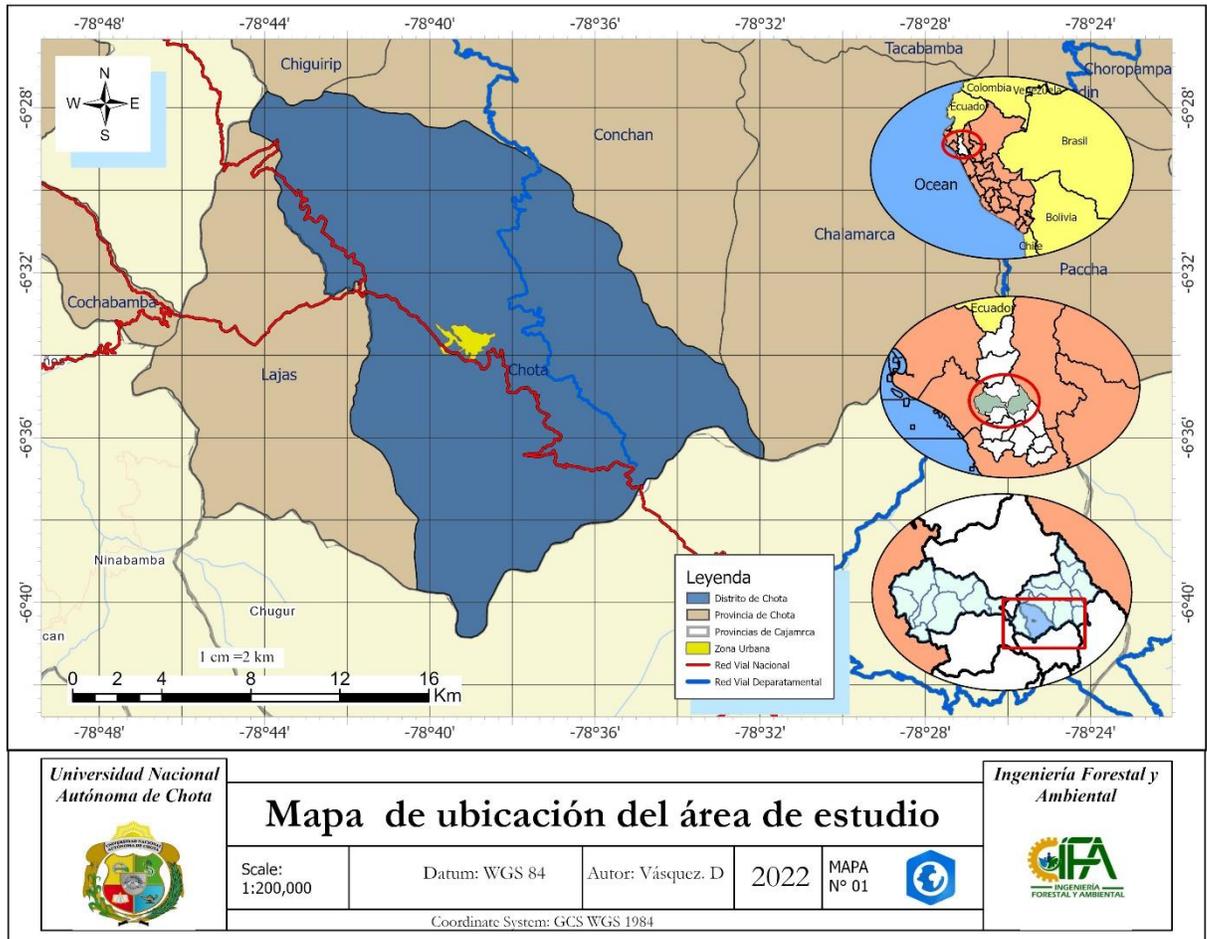
5.3. Métodos de investigación

3.3.1. Ubicación

El trabajo investigativo se desarrolló en el distrito de Chota, que es uno de los 19 distritos y capital de la provincia que lleva el mismo nombre, Chota, perteneciente a la región del norte del país, Cajamarca. Y se encuentra ubicado en $6^{\circ}33'41.77''S$ y $78^{\circ}39'0.81''O$ a una altitud de 2399 m s.n.m, tiene una extensión de 261,8 Km², representando el 6,9 % de toda la superficie de la provincia de Chota.

Figura 2

Mapa de ubicación del distrito de Chota



3.3.2. Equipos, materiales e insumos

3.3.2.1. Equipos

- Computadora, cámara fotográfica, equipo GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

3.3.2.2. Materiales

Se usó material cartográfico de los datos espaciales extraídos de las bases de datos de: Zonificación Ecológica Económica (ZEE) Cajamarca 2016, Sistema de Información Geológico y Catastral Minero (GEOCATMIN), de acuerdo a los ocho criterios tanto de

restricción y exclusión aplicables al área de estudio establecidos en la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual” por parte del ministerio del ambiente

3.3.2.3. Softwares

- Software SIG, ArcGIS versión 10.8 y Microsoft Office 365

5.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población en este trabajo investigativo se consideró la superficie territorial del distrito de Chota.

3.4.2. Muestra

La muestra en este trabajo fueron las áreas territoriales con condiciones para el emplazamiento del relleno sanitario.

5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Para identificar las áreas potenciales se utilizó las siguientes técnicas:

Fase de gabinete

3.5.1.1. Técnica de evaluación multicriterio

3.5.1.1.1. Definición de criterios

Se consideró los parámetros establecidos por la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual” por el MINAM, de los cuales se seleccionó 9 entre restricciones y exclusiones que se ha mencionado anteriormente que aplican para el distrito de Chota.

A. Criterios de restricción y exclusión

Para poder aplicar la técnica de evaluación multicriterio se definió las variables temáticas, para este caso fueron tanto los criterios de restricción y exclusión.

- a) **Criterios de restricción:** Los criterios que cumplen y tienen importancia para ser evaluados en el distrito de Chota para identificar estas áreas potenciales fueron seis, como se puede observar a continuación.

Tabla 5

Criterios de restricción para ser evaluados en el distrito de Chota

Requisito de localización	Variabes
Restricciones	Fuentes del recurso hídrico como ríos, lagos y lagunas Fallas geológicas Pendientes Distancia a la zona urbana Textura del suelo

Fuente: adaptado del MINAM (2020)

- b) **Criterios de exclusión:** Los criterios que cumplen para ser evaluados en el distrito de Chota son tres, de los cuales solamente se tomaron el área que ocupan en el territorio para darle como zonas o áreas excluyentes. De los cuales se representa a continuación.

Tabla 6

Criterios de exclusión para ser evaluados en el distrito de Chota

Requisito de localización	Variabes
Exclusiones	Patrimonio cultural Concesiones mineras Comunidades campesinas

Fuente: adaptado del MINAM (2020)

3.5.1.1.2. Obtención de datos

Se recopiló la cartografía necesaria temática y básica para los criterios establecidos de las bases de datos: GEOCATMIN y ZEE-Cajamarca. Para obtener el Modelo Digital de Elevación (DEM) se recopiló del centro de acceso abierto de Copernicus; los datos de población se recopiló del INEI-2017 y de residuos sólidos del SIGERSOL.

3.5.1.1.3. Estandarización de los criterios

En este procedimiento se convirtió el archivo de cada shape de los criterios de restricción a un formato ráster, para lograr esto se usó la herramienta Polygon to Ráster (ArcToolbox>Conversión Tools>To Ráster) porque las herramientas que se utilizaron posteriormente como RECLASSIFY (ArcToolbox>Spatial Analyst Tools>Reclass), EUCLIDEAN DISTANCE (ArcToolbox> Spatial Analyst Tools> Distance), WEIGHTED OVERLAY (ArcToolbox >Spatial Analyst Tools >Overlay) o RASTER CALCULATOR (ArcToolbox> Spatial Analyst Tools>Map Algebra) trabajan solo con archivos en formato ráster. Entonces mediante la herramienta Reclassify (ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Reclass) se agregan los valores de idoneidad a cada capa shape de los criterios de restricción; para este estudio se asigna valores de idoneidad en una escala del 0 al 2, siendo 2 óptima, 1 aceptable y 0 la no apta.

3.5.1.1.4. Límites permisibles para los criterios de restricción y exclusión (ponderación)

Una vez definidas las variables temáticas con los criterios de restricción y exclusión que aplican para el distrito de Chota se prosiguió con ver los límites permisibles para cada uno de ellos.

Se tomó en cuenta las especificaciones según el tipo de criterio, para los criterios de restricción se consideró una ponderación de 0 a 2 según la siguiente sub escala: el valor representado con el número 2 es el más alto siendo el mejor que cumple los requerimientos

de acuerdo a la normativa vigente para emplazar un relleno sanitario; el valor intermedio representado con el número 1, estas son aceptables pero que tienen ciertas limitaciones en los requerimientos para la zonificación, pero eso no es impedimento para emplazar dicha infraestructura; el valor más bajo está representado como 0, por el mismo hecho que no cumple con los requerimientos de localización para emplazar un relleno. Para el criterio de exclusión se tomó el área que abarca las variables, para excluir de la selección medidas en dos categorías zonas con exclusión es igual a 0 y las zonas sin exclusión igual a 1. Finalmente se hará la superposición ponderada es decir agrupar todas las variables o criterios tanto de selección como de restricción y exclusión, para identificar las áreas que se pueden instalar un relleno sanitario.

Para los criterios de restricción se consideró los límites para cada variable temática en tres categorías, representadas en tres escalas y cada una de ellas con respectivo valor para su ponderación (no apta = 0, aceptable = 1, optima = 2). Que a continuación se detalla.

Tabla 7*Ponderación de los criterios de restricción, categorías y valores a evaluar*

CRITERIO	CATEGORÍA	ESCALA	VALOR
Pendiente	No apta	>50 %	0
	Aceptable	25-50%	1
	Optima	0-25%	2
Hidrología	No apta	<500 m	0
	aceptable	500-1000m	1
	Optima	>1000m	2
Fallas Geológicas	No apta	<500m	0
	Aceptable	500-1000 m	1
	Optima	>1000 m	2
Distancia a la Ciudad de Chota (km)	No apta	<1km y >16 km	0
	Aceptable	1 km-2 km	1
	Optima	2km-16 km	2
Textura de suelos	No apta	Moderadamente gruesa	0
	Aceptable	Media	1
	Optima	Moderadamente fina	2

Fuente: Elaboración basado en el MINAM

Para los criterios de exclusión los límites se verán representados en 2 categorías, considerando dos alternativas y cada una de ellas asignadas un valor (excluyente = 0 y no excluyente = 1). Como se detalla a continuación.

Tabla 8

Ponderación de los criterios de exclusión

CRITERIO	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	VALOR
Patrimonio cultural	Excluyente	Superficie que ocupa	0
	No excluyente	Fuera de la superficie	1
Comunidades campesinas	Excluyente	Superficie que ocupa	0
	No excluyente	Fuera de la superficie	1
Concesiones mineras	Excluyente	Superficie que ocupa	0
	No excluyente	Fuera de la superficie	1

3.5.1.1.5. Integración de los criterios al SIG

Mediante la herramienta EUCLIDEAN DISTANCE (ArcToolbox> Spatial Analyst Tools> Distance) con ello se generó las distancias al pixel de origen de cada uno de los criterios establecidos por restricción; posteriormente con RASTER CALCULATOR (ArcToolbox> Spatial Analyst Tools>Map Algebra) ayudó a ponderar todos las variables de los criterios de restricción que estamos trabajando; luego la herramienta Intersect (Geoprocessing) ya teniendo convertido a formato vectorial del procedimiento anterior de la ponderación se realizó la intersección con el criterio de exclusión que está desde un inicio en formato vectorial.

3.5.1.1.6. Determinación del área requerida

Para calcular el área que se necesitó para un relleno se estima a través de cálculos matemáticos de acuerdo al volumen de residuos sólidos y para el tiempo de vida útil de dicha infraestructura, en función a la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario.

a) **Proyección de crecimiento poblacional**

Ecuación 1

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

Po = Población actual distrito de Chota

r = Tasa de crecimiento poblacional:

n = t_{final} - t_{inicial} (intervalo en años): Vida útil veinte años

b) **Producción per cápita (ppc)**

La ppc en el distrito de Chota es de 0,43 kg/hab/día en el 2021, la ppc hacia el año 2045 varía, en ese sentido se recomienda incrementar 0,5 % cada año (tabla 11).

c) **Cantidad de residuos sólidos**

Ecuación 2:

$$DS_d = pob \times ppc$$

Donde:

DS_d = Cantidad de residuos sólidos generados por día en kg/día

Pob = Población total

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

d) Volumen de residuos sólidos compactado

Ecuación 3:

$$V_{diario\ compactado} = \frac{DS_p}{D_{rsm}}$$

Ecuación 4:

$$V_{anual\ compactado} = V_{diario\ compactado} \times 365$$

Donde

DS_p = Cantidad de residuos sólidos generados (kg/día)

D_{rsm} = Densidad de los residuos sólidos recién compactados (400 kg/m³)

e) Volumen de material de cobertura

Ecuación 5:

$$m.c. = V_{anual\ compactado} \times 0.20$$

Donde:

m.c. = Material de cobertura, que se representa como el 20% del volumen de los residuos compactados

f) Volumen de residuos sólidos anual estabilizado

Ecuación 6:

$$V_{anual\ estabilizado} = \frac{DS_p}{D_{rsm}} \times 365$$

Donde

DS_p = Cantidad de residuos sólidos generados en kg/día

D_{rsm} = Densidad de los residuos sólidos estabilizados equivalente a 500 kg/m³

g) Volumen de relleno sanitario

Ecuación 7:

$$V_{RS} = V_{\text{anual estabilizado}} + m.c$$

Donde:

V_{RS} = Volumen de relleno sanitario (m³/año)

m.c. = Material de cobertura

h) Área requerida

Ecuación 8:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$$

Donde:

A_{RS} = Área por llenar (m²)

V_{RS} = Volumen a ocupar un relleno sanitario (m³/año)

h_{RS} = Profundidad promedio de un relleno sanitario (4m)

i) Área total requerida

Ecuación 9:

$$A_T = \sum_i^n (F \times A_{RS})$$

Donde:

A_T = Área total que se necesita (m²)

F = Factor de aumento para las áreas adicionales se asume el 30% del área que se debe rellenar (A_{RS})

3.5.1.1.7. Identificación de las áreas para el relleno sanitario

Se realizó el mapa final de posibles áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios para el distrito de chota.

Fase de campo

3.5.1.1.8. Verificación en campo

La verificación en campo se realizó en cada una de las áreas seleccionadas durante la fase gabinete mediante los diversos procesos con la técnica de evaluación multicriterio, donde en cada zona seleccionada se ubicó con la ayuda del equipo GPS, cámara fotográfica y wincha.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Se realizó la recopilación y el análisis de la información adquirida de las diferentes bases de datos como las entidades públicas, privadas y geo servidores del Estado en los formatos de almacenamiento de información ya sea formato vectorial (shape) y ráster.

El programa ArcGis 10.8 permitió realizar diversos geo procesos, para crear el mapa de cada uno de los criterios o variables, para ello se utilizó la caja de herramientas “ArcToolbox” dentro de ello las herramientas de CONVERSION TOOLS>TO RASTER>POLYGON TO RASTER, que permitió la conversión de los shape a ráster; luego se utilizó Euclidean distance, permitiendo obtener distancias hasta los pixeles de origen, que seria las variables o criterios, esta herramienta sigue la siguiente ruta ArcToolbox> SPATIAL ANALYST TOOLS> DISTANCE> EUCLIDEAN DISTANCE; posteriormente se reclasifico los valores que se obtiene del paso anterior según la escala y valor de ponderación para cada criterio descritas anteriormente (ver tabla 1 y 2) (2= OPTIMA, 1= ACEPTABLE y 0= NO APTA) siguiendo la siguiente ruta ArcToolbox> SPATIAL ANALYST TOOLS>

RECLASS> RECLASSIFY; finalmente se convierte del formato ráster a formato vectorial permitiendo ampliar el uso y la aplicabilidad de los datos. Para el mapa de exclusiones las áreas de las variables se asignó un valor de 0= excluyente y 1= no excluyente para cada shape de los criterios. Por último, se da la integración de los dos criterios para hallar las áreas para la instalación del relleno sanitario, mediante la herramienta de intersect para los archivos shape.

5.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico

El procesamiento de análisis estadístico fue un patrón de inferencia estadística, es decir donde se hacen conclusiones frente a un previo análisis, donde se desarrolló mediante el análisis espacial con los SIG y evaluación multicriterio, para localizar sitios con potencial para el emplazamiento de un relleno sanitario en el distrito de Chota.

5.7. Aspectos éticos

El trabajo investigativo se llevó a cabo con la finalidad de proporcionar un contenido que sea preciso y que estuviera en los lineamientos éticos del que desarrolla el trabajo investigativo, fundamentándose en investigaciones que están relacionados, sin cambiar o alterar los resultados conseguidos. De acuerdo con los lineamientos del MINAM para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de los rellenos sanitarios manuales y mecanizados, se pueden mostrar resultados confiables, según la guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales-2021.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Criterios de restricción evaluados para la identificación de áreas optimas

Una vez rasterizados las capas de las variables del criterio de restricción se ha reclasificado las distancias euclidianas en tres (03) categorías para cada una de ellas (pendiente, hidrología, fallas geológicas, textura de suelos y distancia a la ciudad de Chota,) establecidas con sus respectivos valores “0” quiere decir que el área no cumple con la escala establecida de acuerdo a cada criterio, “1” la escala está dentro de lo permitido pero con ciertas limitaciones, “2” la escala si cumple con lo establecido, la categorización se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 9

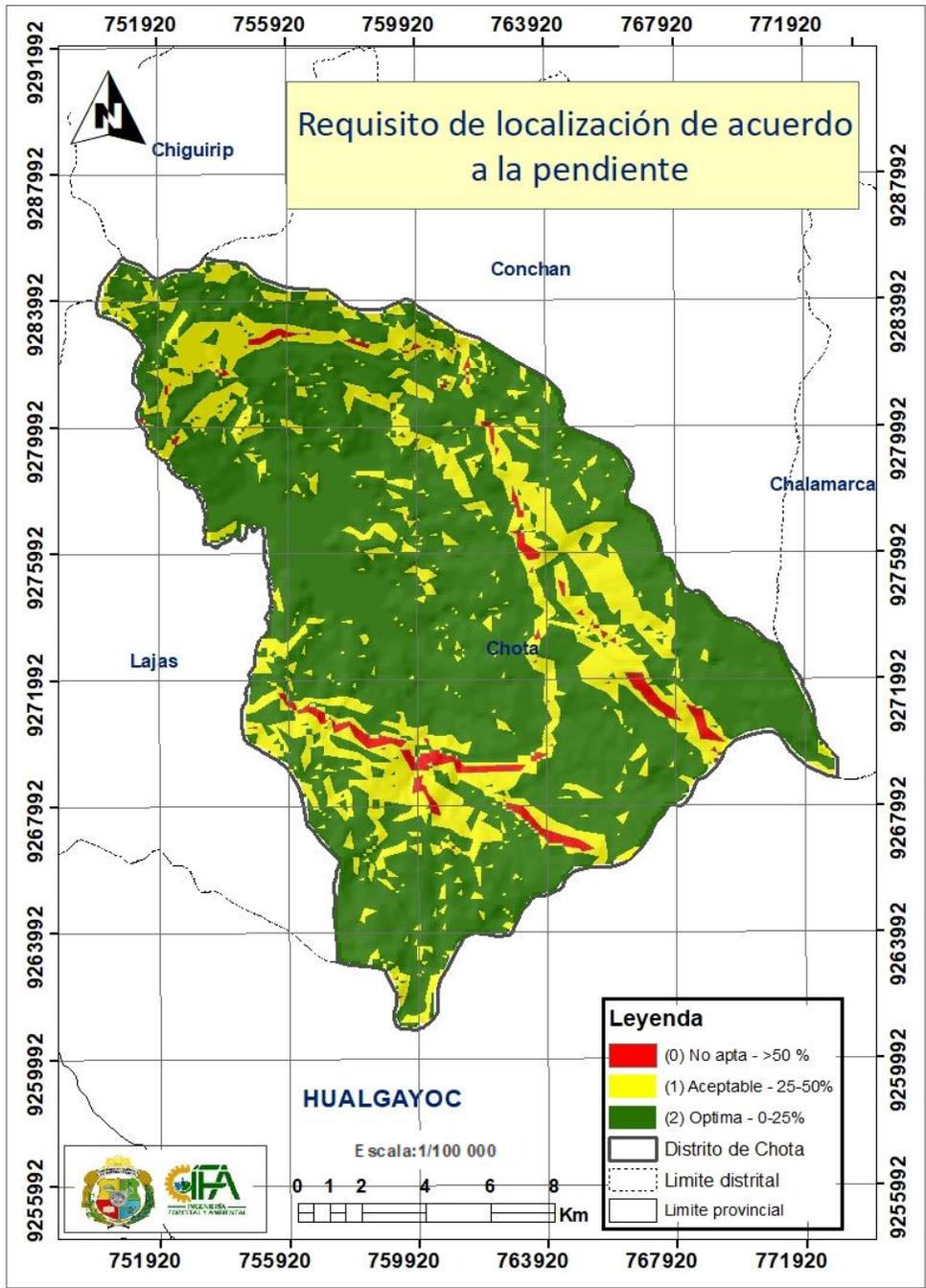
Categorización para cada criterio de restricción

Valores (ponderación)	Calificación del resultado (categorías)
0	No apta
1	Aceptable
2	Optima

Los criterios de restricción fueron tomados de acuerdo con los lineamientos del MINAM para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de los rellenos sanitarios manuales y mecanizados, encontrados en la guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales-2021.

Figura 3

Espacialización de pendientes

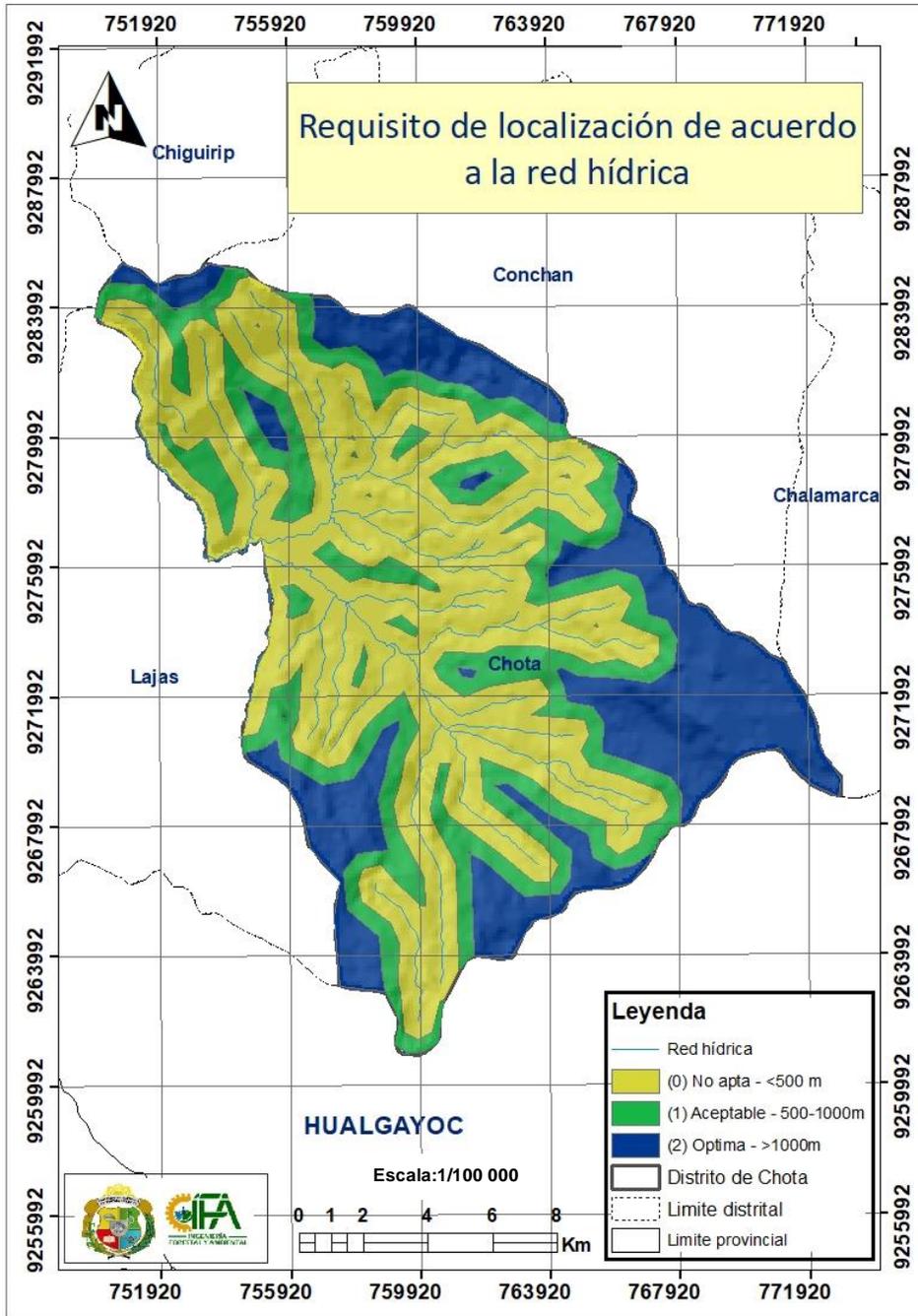


En la figura 3 se muestra el mapa en función al requisito de localización de acuerdo con la pendiente ponderada en las tres categorías: áreas “No aptas” mayor al 50% de pendiente, “Aceptable” en un rango de 25 y 50% de pendiente, y “Optima” entre 0 y 25% de pendiente.

Palacios (2018), en su estudio para la ciudad de Macas, Ecuador para el criterio de pendiente consideró para la selección de área que sea menor al 15%. Por otro lado, Saldaña y Nájera (2019) en su estudio para el municipio de Tepic, Mexico consideró para la selección de área sea menor a 35°, equivalente a 70%, superiores a ello no cumple requisito. Comparando se refleja una variación en el rango de pendiente para la selección de área, esto podría ser porque los aspectos técnicos y legales varían en cada país, para el caso de Perú de acuerdo con la guía del MINAM antes mencionada, establece que el rango de selección va hasta 50%, superior a ello no se pueden ubicar rellenos sanitarios en las clasificaciones muy empinado a extremadamente muy empinado.

Figura 4

Ámbito de influencia a la red hídrica



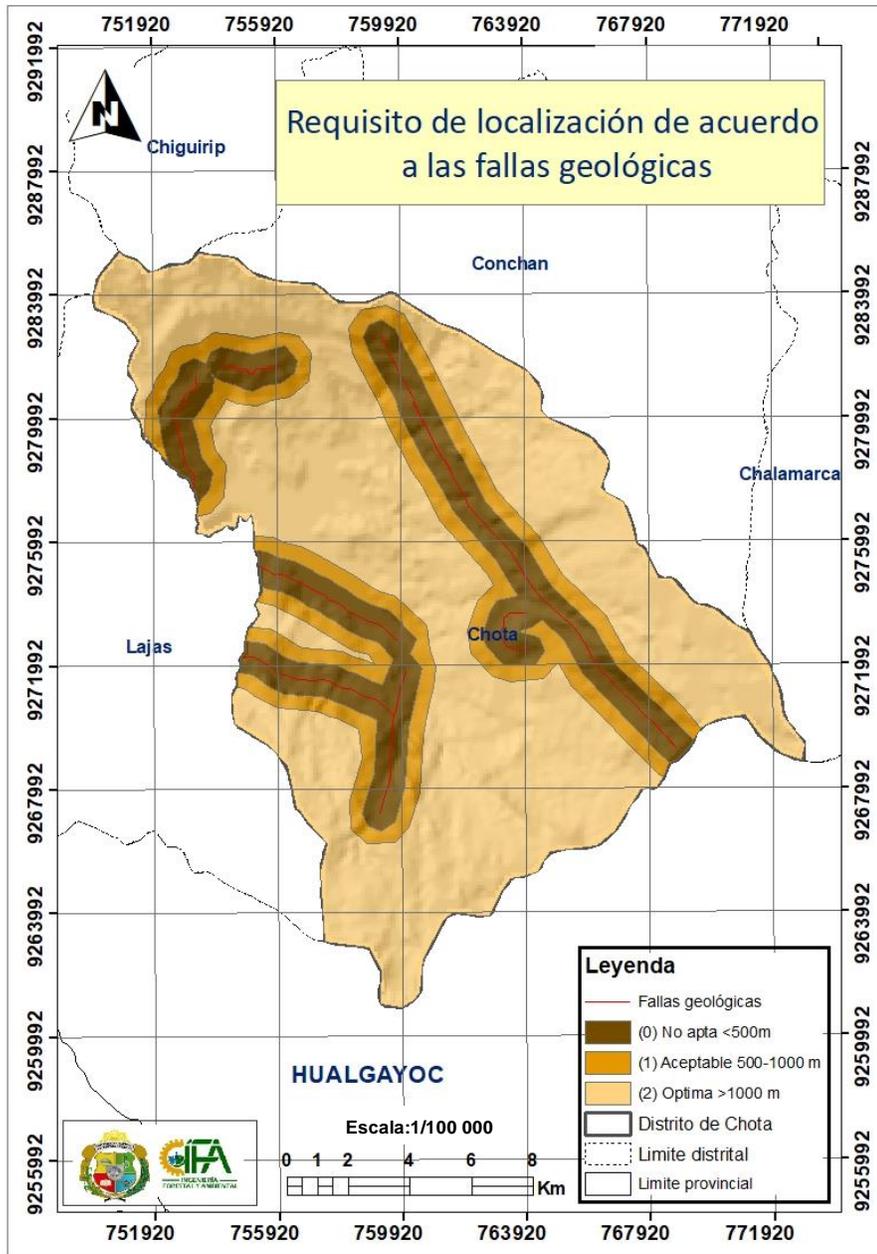
En la figura 4 se observa el mapa en función al requisito de localización de acuerdo con la distancia a la red hídrica ponderada en tres categorías: áreas “No aptas” que es menor a 500 m

donde no se puede implementar estas infraestructuras, “Aceptables” de un rango de 500m a 1000 m, y áreas optimas mayor a 1000 m

Flores (2018), en su investigación para los municipios de Atlacomulco, Ixtlahuaca y Jocotitlán para el criterio de distancia a recursos hídricos para el criterio de selección consideró las áreas mayores a 500 m de los cuerpos de agua, considerando ese límite mínimo clasificó en tres categorías de 500 a 1000 m “potencial bajo”, 1000 a 1500 m “potencial medio”, y mayores a 1500 “potencial alto”; cabe resaltar que las áreas a distancias menores a 500 m, se consideró como nula. Con respecto a esta investigación se puede decir que el límite mínimo de distancias a los cuerpos de agua es la misma, sin embargo, en la categorización y clasificación de los rangos varía, esto debido al criterio de cada evaluador.

Figura 5

Ámbito de influencia de las fallas geológicas

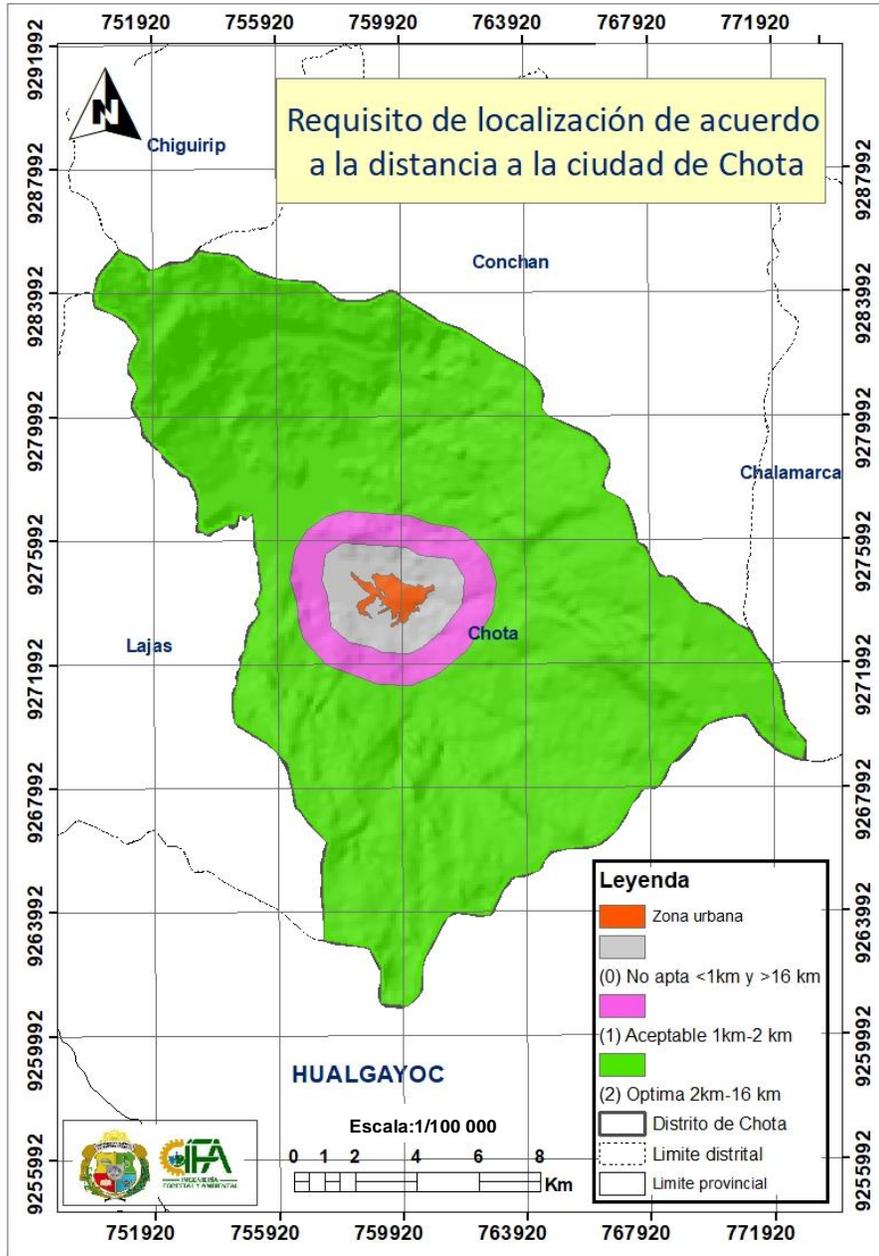


En la figura 5 se evidencia el mapa en función al requisito de localización de acuerdo a las distancias de las fallas geológicas; las áreas menores a 500 m son “No aptas”, las áreas con una influencia 500 a 1000 m se considera “Aceptable”, y las áreas que se encuentran mayor a 1000 m se consideran como “Optima”.

Jiménez (2019) en su estudio en los distritos de Zitácuaro y Michoacán para el criterio de distancias a fallas geológicas consideró zonas restringidas cuando se encuentran menor a 500 m, siendo requisito de localización mayor al límite mínimo. Con respecto a esta investigación se observa que el requisito mínimo de localización es el mismo, variando en la categorización y clasificación de rangos.

Figura 6

Ubicación y ámbito de influencia a la zona urbana

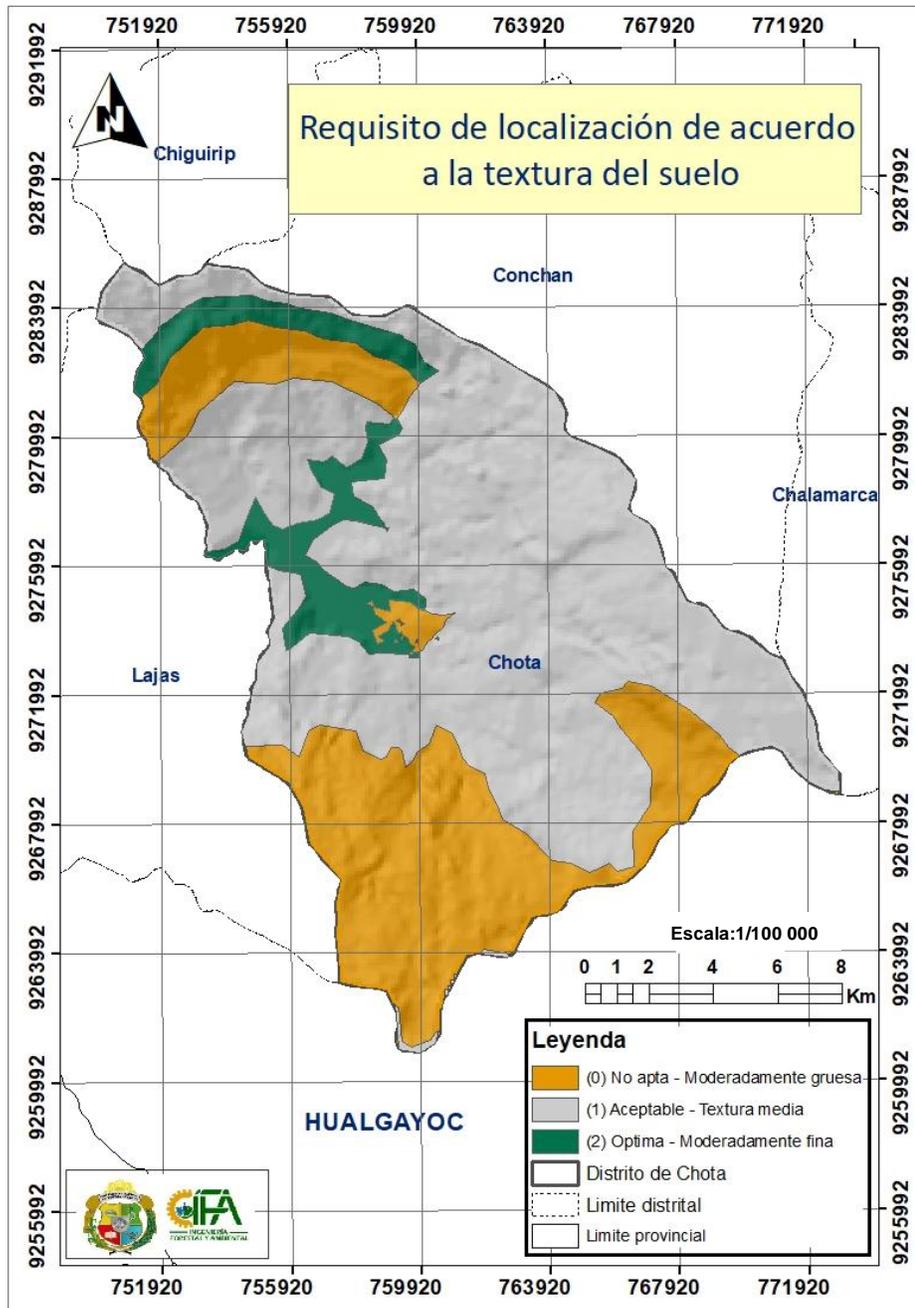


En la figura 6 se observa el mapa de acuerdo con la influencia a la zona urbana; las áreas menores a 1 km y mayores a 16 km de la ciudad de Chota consideradas “No aptas”, de 1km a 2km consideradas “Aceptables”, y las áreas entre 2 y 16 km “Optimas”

MINAM (2021) en el caso de estudio para el criterio de distancia a la ciudad de Huancayo consideró valores límites o de referencia, las áreas clasificadas mayores a 16 km considerado en la categoría de importancia baja, las áreas entre 1-16 km en la categoría de importancia aceptable. Con respecto al presente estudio se tiene la misma clasificación de rangos, aunque con distinto nombre de categorización.

Figura 7

Espacialización de textura del suelo

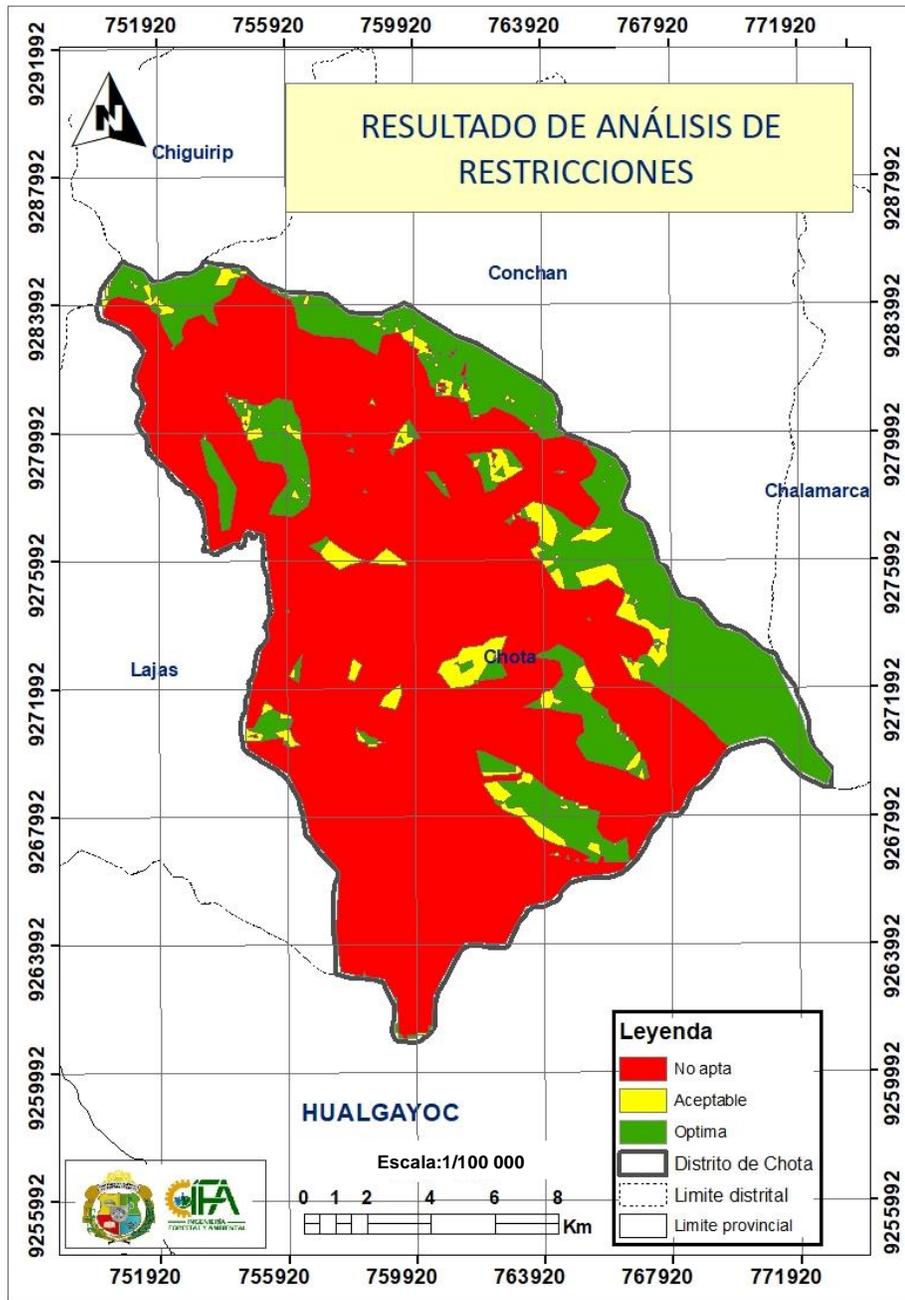


En la figura 7 se observa el mapa en función al requisito de localización de acuerdo con la textura del suelo; las áreas con textura moderadamente gruesa consideradas “No aptas”, las áreas con textura media “Aceptables”, y las áreas con textura moderadamente fina como “Óptimas”.

Ichpas y Sanchez (2021) en su investigación realizada para la ciudad de Huancavelica consideró sobre drenaje de suelo dos categorías, “favorables” cuando el drenaje es excesivo (E), algo excesivo (B) y moderado (D); “no favorables” cuando el drenaje es imperfecto (E) y pobre (P); para la construcción de un relleno consideró la categoría donde el drenaje no es favorable. Con respecto a este estudio tiene relación porque la textura de suelo influye en el drenaje del agua en el suelo.

Figura 8

Resultado de análisis de restricciones



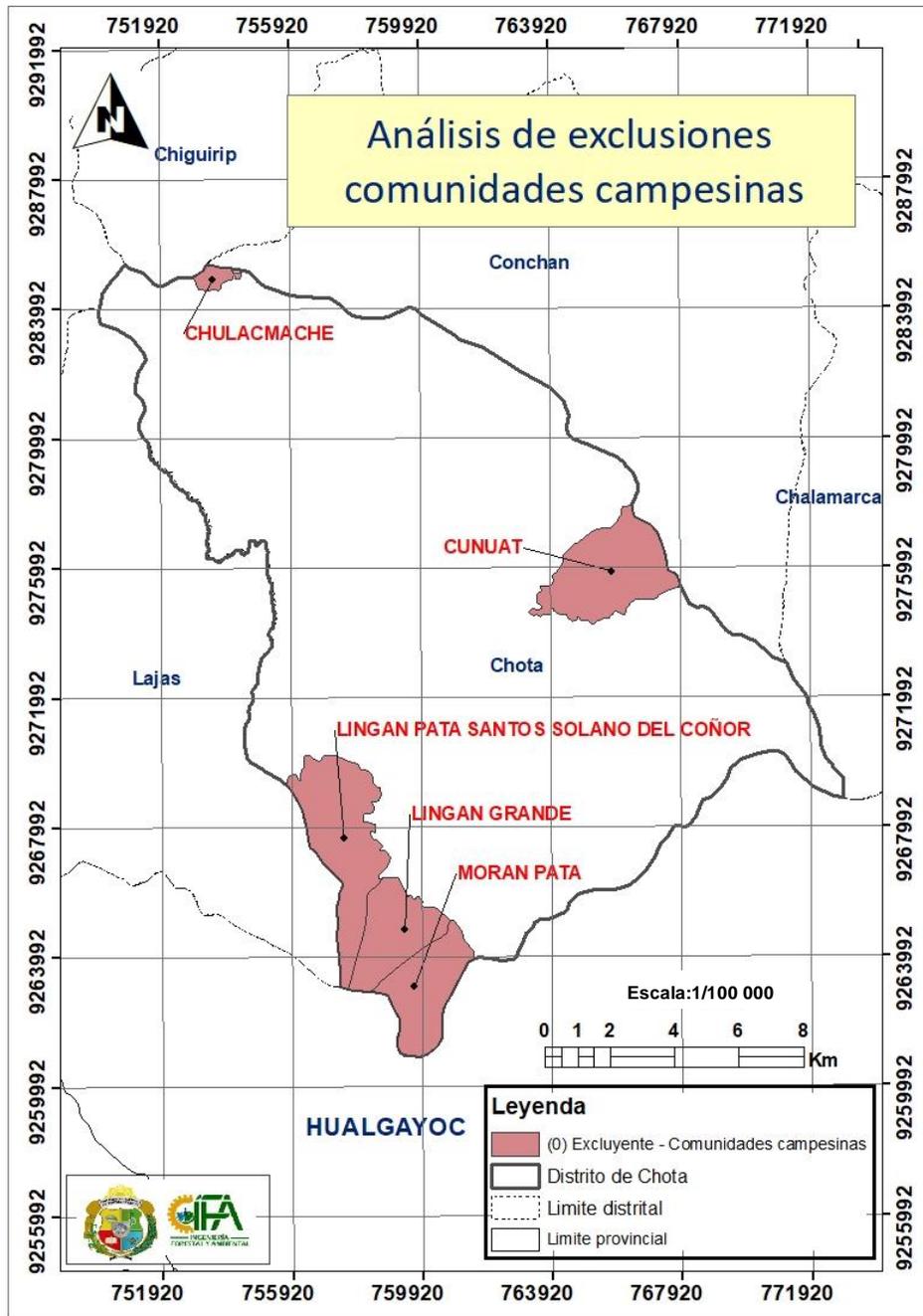
En la figura 8 se observa el mapa resultante de la superposición de las cinco (05) shapefiles de los criterios de restricción, clasificado en tres categorías; áreas “No aptas” de color rojo, áreas “Aceptables” de color amarillo, y las áreas de color verde “Óptimas”.

4.1.2. Criterios de exclusiones evaluados para la identificación de áreas optimas

Las capas de los criterios de exclusiones en el distrito de Chota se consideraron tres (03); comunidades campesinas, concesiones mineras y patrimonio cultural, eso quiere decir que estas áreas se excluyen directamente, donde allí no puede implementarse la infraestructura de un relleno sanitario, estas capas se excluyen con la capa del resultado de la superposición de las restricciones.

Figura 9

Espacialización de las comunidades campesinas

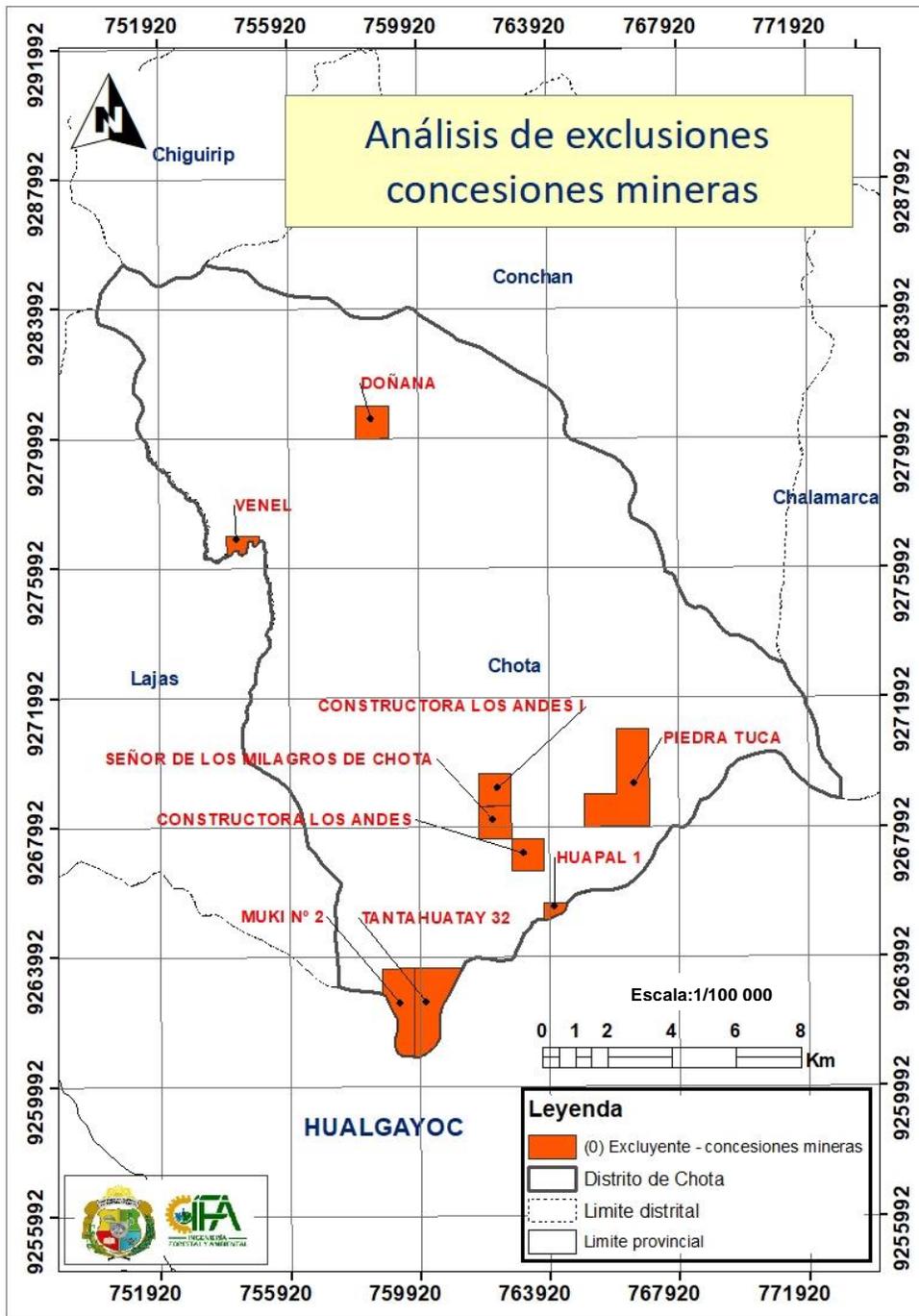


En la figura 9 se evidencia el mapa de exclusión por las comunidades campesinas, en el distrito de Chota se encuentran cinco consideradas por el Ministerio de Cultura; que son las comunidades de: Chulacmache, Cunuat, Lingan Pata, Lingan Grande y Moran Pata.

El Instituto Latinoamericano de Capacitaciones Jurídicas [ILCJ] (2020), menciona que las comunidades campesinas son organizaciones de interés público, con existencia legal y personería jurídica, integradas por familias que habitan y controlan determinados territorios, ligadas por vínculos ancestrales, sociales, económicos y culturales, expresados en la propiedad comunal de la tierra. En ese sentido se excluye la ubicación de un relleno sanitario en estas 5 comunidades campesina porque puede afectar la propiedad comunal de la tierra, además las comunidades campesinas a menudo tienen un fuerte vínculo con la tierra y su entorno natural; la instalación de estas infraestructuras puede ser percibida como una invasión de su territorio y una amenaza para su forma de vida tradicional.

Figura 10

Espacialización de concesiones mineras



En la figura 10 se presenta el mapa de exclusión de acuerdo con las concesiones mineras, en el distrito de Chota existen nueve concesiones mineras, de las cuales cuatro son de sustancia

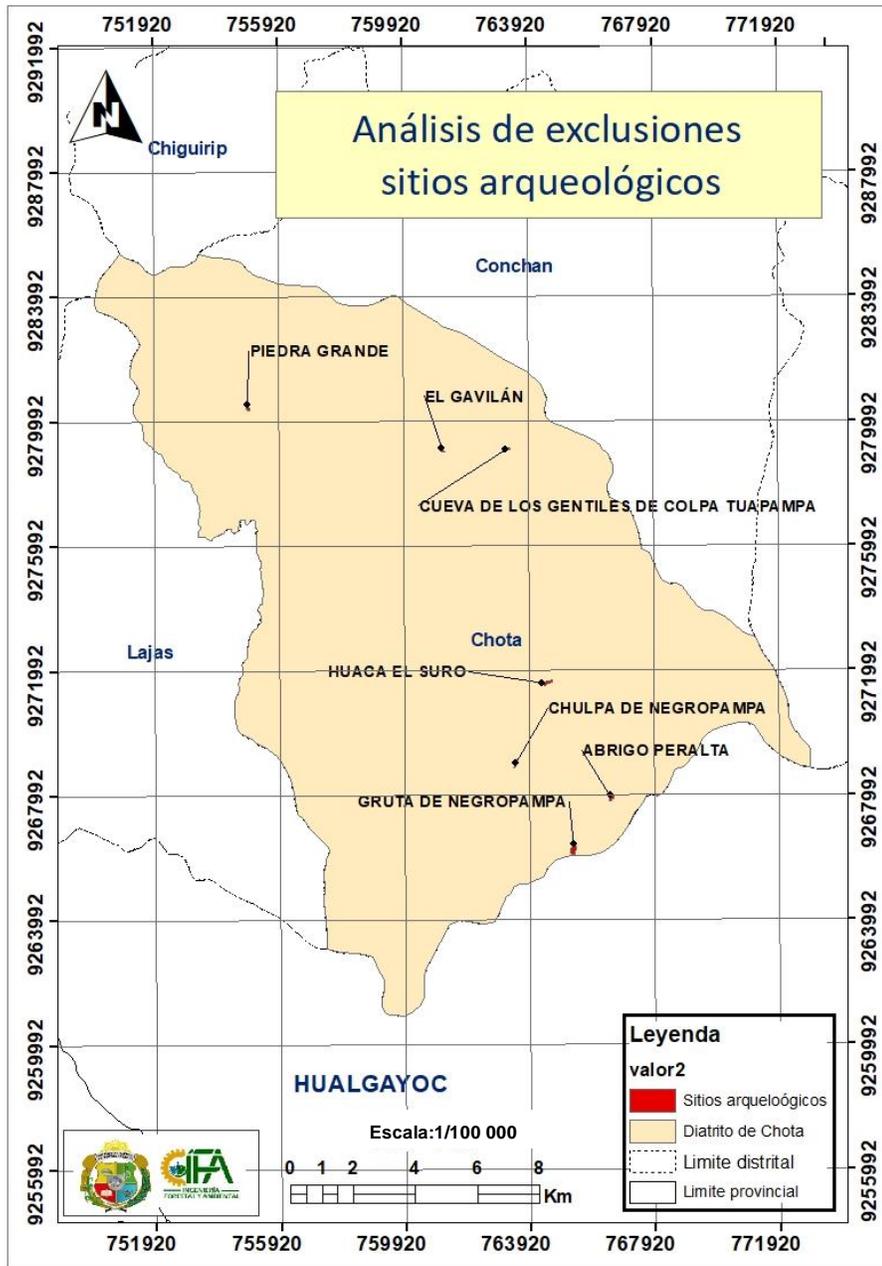
metálicas (Tantahuatay 32, Muki n° 2, Constructora de los Andes y Constructora de los Andes I) y cinco de no metálicas (Señor de los milagros, Piedra Tuca, Huapal 1, Venel y Doñana)

Las concesiones mineras están sujetas a leyes y regulaciones específicas relacionadas con la actividad minera, Estas leyes y regulaciones pueden limitar o prohibir otras actividades. Las concesiones mineras a menudo están destinadas a actividades relacionadas con la extracción de minerales y su procesamiento, estas actividades requieren un uso específico del suelo y la infraestructura asociada (CEPAL, 2019).

Por lo tanto, estas leyes y regulaciones pueden limitar o prohibir la construcción de instalaciones como rellenos sanitarios en áreas de concesiones mineras, esto se debe a que las actividades mineras y la gestión de residuos sólidos municipales requieren diferentes enfoques y técnicas.

Figura 11

Espacialización de sitios arqueológicos



En la figura 11 se muestra las exclusiones de acuerdo con los sitios arqueológicos, en el distrito de Chota está considerado siete sitios arqueológicos (Cueva de los gentiles, Piedra grande, El gavilán, Grutas de Negropampa, Chulpas de Negropampa, Abrigo Peralta y Huaca el Suro)

Los sitios arqueológicos contienen valiosos vestigios del pasado, como estructuras, artefactos y restos humanos, que son fundamentales para comprender y preservar nuestra historia y patrimonio cultural, estos sitios son considerados recursos culturales irremplazables y únicos (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2022).

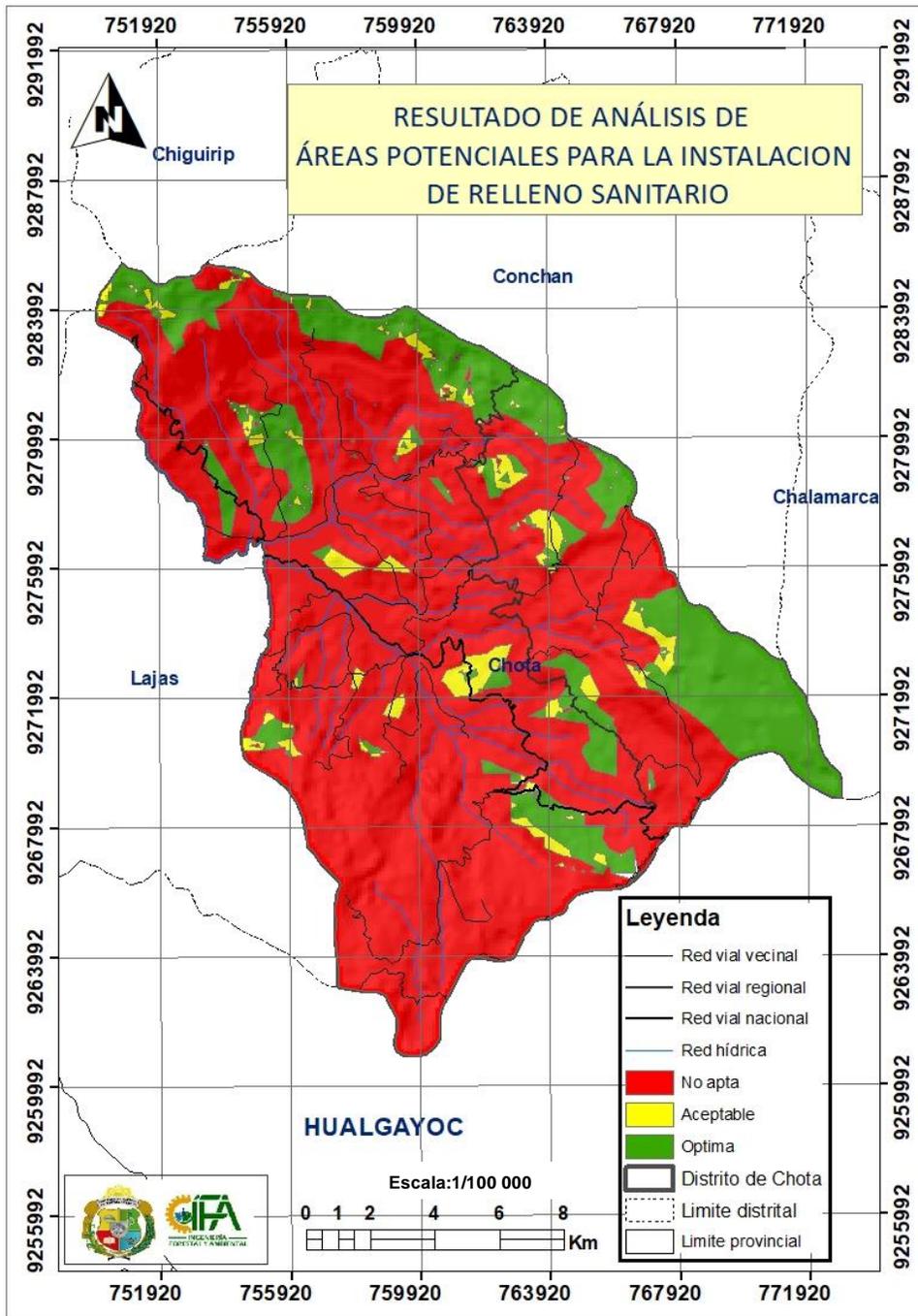
En ese sentido se excluye la instalación de un relleno sanitario en un sitio arqueológico porque podría causar daños irreparables o incluso la destrucción total de estos recursos, lo que resultaría en la pérdida de información invaluable sobre el pasado.

4.1.3. Categorización de áreas potenciales preliminares para la instalación de un relleno sanitario

Para la localización de áreas potenciales ya teniendo la capa del resultado de restricciones se interseca con las capas de exclusiones para separar a las áreas “No aptas” y se pueda mostrar espacialmente, el resultado de ello tenemos la capa categorizada en tres categorías: “No aptas”, “Aceptable” y “Óptimas”.

Figura 12

Resultado de la categorización de áreas potenciales para el emplazamiento de un relleno sanitario



En la figura 12 se presenta la categorización de áreas potenciales para la construcción de un relleno sanitario en el distrito de Chota, sus características superficiales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10

Extensión superficial de cada categoría

Categoría	Valor	Área (m²)	Área (ha)	Área (km²)	%
No apta	0	206159029	20615,90	206,16	77,27
Aceptable	1	10670175,2	1067,02	10,67	3,99
Optima	2	49968942,2	4996,89	49,97	18,73
Total		266798146	26679,81	266,80	100

En la tabla 10 se muestra la extensión superficial de cada categoría, siendo la más representativa la categoría no apta con 77,27 % y la de menor extensión superficial la categoría aceptable con el 3.99 %; en adelante se tomó las categorías aceptables y óptimas para hallar las áreas potenciales preliminares.

Altamirano (2019), consideró 2 clasificaciones “área no apta” con valor de 0; “Área apta” con valor de 1, dentro de la categoría “área apta” ponderó 3 subcategorías, dónde 1 es óptimo (para aquellas áreas menos alejadas), 2 es aceptable (para aquellas áreas moderadamente alejadas) y 3 es regular (para áreas muy alejadas). Por otro lado, Ichpas y Sanchez (2021), clasificó en 4 categorías: “malo” (terreno no aceptable o de opción marginal), “regular” (terreno moderadamente aceptable), “bueno” (terreno aceptable), y “muy bueno” (terreno aceptable de primera opción); el más representativo le resultó la categoría mala con el 65,43% y el menos representativo la categoría muy bueno con el 0.25 %.

4.1.3.1. Estimación del área que se necesita a través del cálculo del volumen de residuos sólidos generados

El área requerida para el depósito de los residuos sólidos se calculó según la cantidad de residuos sólidos que se producen en el distrito de Chota, por lo cual se recopiló los datos requeridos para su estimación, como: cantidad de población, tasa de crecimiento poblacional, ppc, etc.

a) Proyección del crecimiento demográfico

Ecuación 1:

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

Po = Población actual distrito de Chota: 49 863 hab. (INEI-2017)

r = Tasa de crecimiento poblacional: 1% anual (INEI)

n = t_{final} – t_{inicial} (intervalo en años): Vida útil veinte años desde el 2025; más ocho años del 2017-2025

La población hacia el 2045 aumentará en 16 021 hab., lo cual este crecimiento poblacional debe estimarse para cada año (tabla 11) ya que la cantidad de residuos sólidos dependerá de producción per cápita (ppc) por la cantidad de población para cada año.

b) Producción per cápita (ppc) .

La ppc en el distrito de Chota es de 0,43 kg/hab/día en el 2021, la ppc hacia el año 2045 varía, en ese sentido se recomienda incrementar 0,5 % cada año (tabla 11).

c) Cantidad de residuos solidos

Ecuación 2:

$$DS_d = pob \times ppc$$

Donde:

DS_d = Cantidad de residuos sólidos generados por día en kg/día

Pob = Población total

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

La cantidad de residuos sólidos generados por día (kg/día) se estimó en cada año de acuerdo con la cantidad de población y ppc (tabla 11; columna 3), de acuerdo con ello se calculó la cantidad de residuos sólidos por año (ton/año) que se han producido hasta el 2045 (tabla 11; columna 4)

d) Volumen de residuos sólidos compactado

Ecuación 3:

$$V_{diario\ compactado} = \frac{DS_p}{D_{rsm}}$$

Ecuación 4:

$$V_{anual\ compactado} = V_{diario\ compactado} \times 365$$

Donde

DS_p = cantidad de residuos sólidos generados en kg/día

D_{rsm} = densidad de los residuos sólidos recién compactados (400 kg/m³)

La determinación del volumen de residuos sólidos compactados por día se calculó entre la cantidad de residuos sólidos producidos por día (kg/día) dividido entre la densidad de residuos sólidos recién compactados que se considera 400 kg/m³ (tabla 11, columna 6); todo ello se multiplicó por 365 días equivalente a un año (tabla 11, columna 7)

e) Volumen de material de cobertura

Ecuación 5:

$$m.c. = V_{anual\ compactado} \times 0.20$$

Donde:

m.c. = material de cobertura, que se representa como el 20% del volumen de los residuos sólidos compactados

El volumen del material de cobertura se determinó para cada año siguiendo la ecuación 5 (tabla 11, columna 9)

f) Volumen de residuos sólidos anual estabilizado

Ecuación 6:

$$V_{\text{anual estabilizado}} = \frac{DS_p}{D_{rsm}} \times 365$$

Donde

DS_p = cantidad de residuos sólidos generados en kg/día

D_{rsm} = densidad de los residuos sólidos estabilizados, que es equivalente a 500 kg/m³

El volumen de residuos sólidos estabilizados se determinó dividiendo la cantidad de residuos sólidos producidos (kg/día) con la densidad de los residuos sólidos estabilizados, que para ello se considera 500 kg/m³, luego se multiplicó por 365 días equivalente a un año, todo ello hasta el año 2045 (tabla 11, columna 10).

g) Volumen de relleno sanitario

Ecuación 7:

$$V_{RS} = V_{\text{anual estabilizado}} + m.c$$

Donde:

V_{RS} = volumen de relleno sanitario (m³/año)

m.c. = material de cobertura

El volumen de relleno sanitario se determinó para cada año por toda la vida útil del relleno sanitario hasta el 2045 en m³/año (tabla 11, columna 11).

h) Área requerida

Ecuación 8:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$$

Donde:

A_{RS} = área por llenar (m²)

V_{RS} = Volumen de relleno sanitario (m³/año)

h_{RS} = profundidad promedio del relleno sanitario (4m)

El área requerida se estimó dividiendo el volumen de relleno sanitario entre la profundidad del relleno que se consideró 4m (tabla 11, columna 13)

i) Área total requerida

Ecuación 9:

$$A_T = \sum_{2025}^{2045} + (F \times A_{RS})$$

Donde:

A_T = área total requerida (m²)

F = factor de aumento para las áreas adicionales se asume el 30% del área que se debe rellenar (A_{RS})

La superficie total que se necesita para el relleno sanitario se estimó primero aumentando el 30 % al área que se debe rellenar para las áreas adicionales para las vías de entrada, áreas de retiro de linderos, instalaciones sanitarias, etc. (tabla 11, columna 14) luego se hizo la

sumatoria para los 20 años de duración, resultando un total de 17, 21 ha que sería el área necesaria para abastecer con la cantidad de residuos sólidos que se generan en el distrito de Chota (tabla 11).

Tabla 11

Cálculo de área requerida de acuerdo con la cantidad de residuos sólidos generados en el distrito de Chota

Año	población (hab)	ppc (kg/hab/día)	Cantidad de residuos solidos				volumen m3			Área requerida (m2)		
			diaria (kg/día)	anual (ton/año)	Residuos sólidos compactados		material de cobertura	Residuos sólidos estabilizados	Relleno sanitario	Relleno AR	Total AT	
	1	2	3	4	Diaría (m ³)	Anual (m ³)	Anual (m ³)	10	11 (m ³)	13	14	
2021	51888	0,43	22327,86	8149,67	55,82	20374,18	4074,84	16299,34	20374,18	5093,54	6621,61	
2022	52407	0,43	22663,9	8272,32	56,66	20680,81	4136,16	16544,65	20680,81	5170,2	6721,26	
2023	52931	0,43	23004,99	8396,82	57,51	20992,05	4198,41	16793,64	20992,05	5248,01	6822,42	
2024	53460	0,44	23351,21	8523,19	58,38	21307,98	4261,6	17046,39	21307,98	5327	6925,09	
2025	53994	0,44	23702,65	8651,47	59,26	21628,67	4325,73	17302,93	21628,67	5407,17	7029,32	
2026	54534	0,44	24059,37	8781,67	60,15	21954,18	4390,84	17563,34	21954,18	5488,54	7135,11	
2027	55080	0,44	24421,47	8913,84	61,05	22284,59	4456,92	17827,67	22284,59	5571,15	7242,49	
2028	55631	0,45	24789,01	9047,99	61,97	22619,97	4523,99	18095,98	22619,97	5654,99	7351,49	
2029	56187	0,45	25162,09	9184,16	62,91	22960,4	4592,08	18368,32	22960,4	5740,1	7462,13	
2030	56749	0,45	25540,78	9322,38	63,85	23305,96	4661,19	18644,77	23305,96	5826,49	7574,44	
2031	57316	0,45	25925,16	9462,68	64,81	23656,71	4731,34	18925,37	23656,71	5914,18	7688,43	
2032	57889	0,45	26315,34	9605,1	65,79	24012,75	4802,55	19210,2	24012,75	6003,19	7804,14	
2033	58468	0,46	26711,38	9749,66	66,78	24374,14	4874,83	19499,31	24374,14	6093,53	7921,59	
2034	59053	0,46	27113,39	9896,39	67,78	24740,97	4948,19	19792,77	24740,97	6185,24	8040,81	
2035	59644	0,46	27521,45	10045,33	68,8	25113,32	5022,66	20090,66	25113,32	6278,33	8161,83	
2036	60240	0,46	27935,64	10196,51	69,84	25491,28	5098,26	20393,02	25491,28	6372,82	8284,66	
2037	60842	0,47	28356,08	10349,97	70,89	25874,92	5174,98	20699,94	25874,92	6468,73	8409,35	
2038	61451	0,47	28782,83	10505,73	71,96	26264,34	5252,87	21011,47	26264,34	6566,08	8535,91	
2039	62065	0,47	29216,02	10663,85	73,04	26659,61	5331,92	21327,69	26659,61	6664,9	8664,37	
2040	62686	0,47	29655,72	10824,34	74,14	27060,84	5412,17	21648,67	27060,84	6765,21	8794,77	

2041	63313	0,48	30102,04	10987,24	75,26	27468,11	5493,62	21974,49	27468,11	6867,03	8927,14
2042	63946	0,48	30555,07	11152,6	76,39	27881,5	5576,3	22305,2	27881,5	6970,38	9061,49
2043	64585	0,48	31014,93	11320,45	77,54	28301,12	5660,22	22640,9	28301,12	7075,28	9197,86
2044	65231	0,48	31481,7	11490,82	78,7	28727,05	5745,41	22981,64	28727,05	7181,76	9336,29
2045	65884	0,49	31955,5	11663,76	79,89	29159,39	5831,88	23327,51	29159,39	7289,85	9476,8
										Sumatoria	172100,44
										Total (ha)	17,21 ha

En la tabla 11 se muestra el procedimiento para estimar la extensión que se necesita para un relleno sanitario de acuerdo a la generación de residuos sólidos, resultando que para el distrito de Chota se requiere un área de 17,21 ha para un tiempo de vida útil de 20 años de dicha infraestructura, se tomó en cuenta desde el año 2025 al 2045.

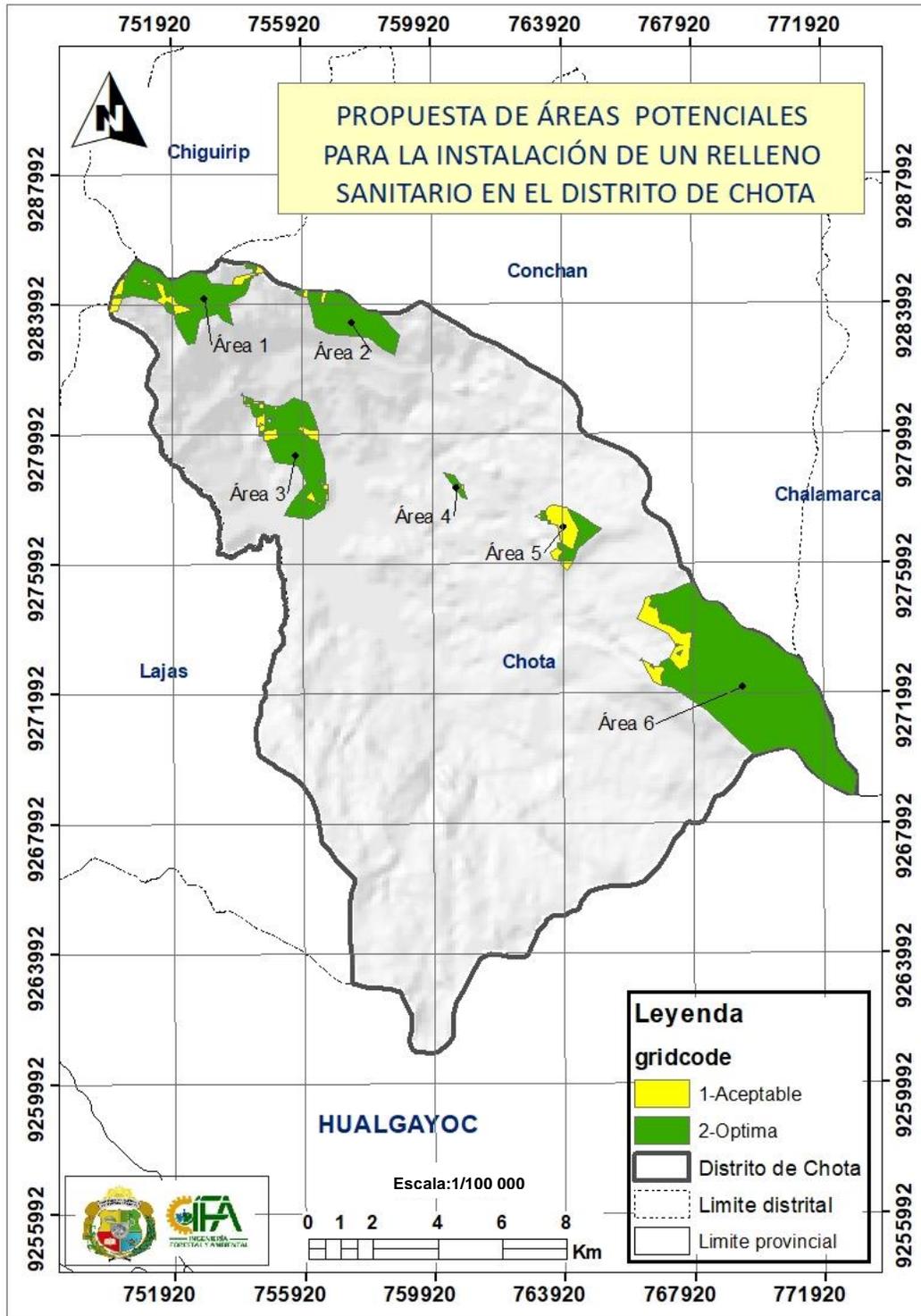
Bustamante (2020), estimó el área que necesitaba un relleno sanitario para una vida útil de 20 años (2010-2030), resultándole un requerimiento de 14,6 hectáreas. Con respecto a los resultados que se obtuvo, la diferencia es debido a que la generación de residuos sólidos es distinta en diferentes lugares dependiendo directamente de la cantidad de población y su generación per cápita.

4.1.3.2. Propuesta de áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Chota

Una vez efectuado la categorización de las áreas, se hizo una condicional para seleccionar solamente las áreas “Aceptables” y “Óptimas”, de estas se hizo un filtro más exhaustivo filtrando las áreas que cumplen con la superficie mínima que necesita de acuerdo con la producción de residuos sólidos, durante el tiempo de vida útil del relleno, considerado 20 años; además se descartó las áreas o zonas donde la población está muy concentrada y las áreas donde hay fragmentos de vegetación natural (Bosque natural La Palma Chota) utilizando una imagen satelital Sentinel 2A.

Figura 13

Propuestas de áreas con potencial para el emplazamiento de un relleno sanitario en el distrito de Chota



En la figura 13 se muestra seis (06) propuestas de áreas con potencial para el emplazamiento de un relleno sanitario en el distrito de Chota, estas áreas están comprendidas entre las categorías “Aceptables” y “Óptimas” (tabla 12)

Tabla 12

Extensión superficial de las áreas potenciales

Áreas potenciales	Área-ha (categoría)		Área total (ha)
	Aceptable (1)	Óptima (2)	
1	70.239653	399.97701	470.216663
2	7.237164	1097.48357	1104.72073
3	54.467281	413.786985	468.254266
4	1.1552	16.434992	17.590192
5	95.907922	75.345769	171.253691
6	125.869255	1676.15652	1802.02578

Nota. Esta tabla muestra la extensión superficial por categoría y el total de cada área propuesta en gabinete.

4.1.3.3. Fase de campo

Se procedió la visita a campo con el fin de verificar las 06 probables áreas potenciales de acuerdo a la tabla 12 y figura 13 que se identificaron utilizando la evaluación multicriterio con los SIG tomando en cuenta los criterios de restricción y exclusión que se ha evaluado.

a. Área 1

Se encuentra ubicada en las coordenadas UTM centroide 752669 Este y 9284696 Norte, a una altitud 3 246 ms.n.m, localizada en la comunidad de Leoneropampa, dentro del área se encontró fragmentos de bosque natural con la presencia de especies de la familia melastomatácea (género: *Brachyotum*), helecho arbóreo (género: *Cyathea*), especies de la familia Rubiaceae, especies de la familia Orquidiaceae (género *Fernandezia*), especie del género *Pseudogynoxys*, el resto de área estaba cubierto por ichu (*Stipa ichu*); además se encontró fuentes de agua como

nacientes de agua cerca a los fragmentos de bosque y pequeñas lagunas; lo cual eso hace que esta área quede descartada para la instalación de un relleno sanitario.

b. Área 2

Se sitúa en las coordenadas UTM centroide 757007 Este y 9283856 Norte, a una altitud de 2 891 ms.n.m, localizada entre las comunidades de El Progreso y Mestizopampa; dentro del área se encontró fragmentos de bosque natural con la presencia de especies de lanche familia Myrtaceae (género Myrcianthes), helecho arbóreo género Cyathea, especies de la familia Melastomataceae, especies de la familia Orquidiaceae, especie del género Tillandsia, además la presencia de especies exóticas como pino (*Pinus patula*) y ciprés (*Cupressus.sp*) y el resto de área cubierta por pasto natural; dentro de ella también se encontró fuentes de agua como nacientes en los fragmentos de bosque, área desacertada para la instalación de un relleno sanitario.

c. Área 3

Se encuentra en las coordenadas UTM centroide 756300 Este y 9278325 Norte, a una altitud de 2 404 ms.n.m, está localizada en las comunidades Llasavilca Centro y Llasavilca Bajo; en el área se evidenció la presencia de especies como: aliso (*Alnus glutinosa*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus patula*) y maguey (*Agave americana*), no se evidencio la presencia de fuentes de agua y la pendiente promedio evaluada en campo es de 19 %, lo cual esta área se consideró potencial para la instalación de un relleno sanitario.

d. Área 4

Está situada en las coordenadas UTM centroide 760660 Este y 9278418 Norte, a una altitud de 2 434 ms.n.m, localizada en la comunidad de Colpa Pampa, la zona en ciertas partes era suelo desnudo y en otras estaba cubierta por gramíneas, no se evidencio fuentes de agua, por

lo mismo que esta área es considerada como potencial en función a los criterios establecidos anteriormente en gabinete.

e. Área 5

Se sitúa en las coordenadas UTM centroide 764364 Este y 9276898 Norte, a una altitud de 3 141 ms.n.m, ubicada en la comunidad de Choctapata, en el área se encontraron especies arbustivas, especies exóticas como pino (*Pinus patula*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*), cierta parte estaba cubierto de pasto natural, además dentro del área se presencié rocas sobrepuestas; no se evidenció fuentes de agua, lo cual esta área se consideró como potencial.

f. Área 6

Esta zona por ser muy extensa se delimitó tres áreas que se visitó en campo para verificar si son aptas, se localizan en la comunidad de Progreso Pampa.

Área 6 A

Se sitúa en las coordenadas UTM centroide 767777 Este y 9272924 Norte, a una altitud de 3 469 ms.n.m, el área estaba rodeado de la especie de pino (*Pinus patula*) y quinal (*Polylepis racemosa*) y el área estaba cubierto por ichu (*Stipa ichu*), pasto natural y algunas áreas de cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), no se presencié fuentes de agua y la pendiente media verificada en campo fue de 17%, lo cual queda en evidencia que esta área es potencial de acuerdo a los criterios establecidos anteriormente.

Área 6 B

Se ubica en las coordenadas UTM centroide 768182 Este y 9272315 Norte, a una altitud 3 606 ms.n.m, en el área había presencia de las especies de pino (*Pinus patula*), quinal (*Polylepis racemosa*), ichu (*Stipa ichu*), se presencié una fuente de agua dentro del área, el mismo hecho que esta área quedó descartada.

Área 6 C

Se ubica en las coordenadas UTM centroide 768706 Este y 9271378 Norte, a una altitud 3 667 ms.n.m, en la zona se encontraba especies como pino (*Pinus patula*), ichu (*Stipa ichu*), quinal (*Polylepis racemosa*), también se evidencio que el suelo contenía rocas sobrepuestas; no se presencié fuentes de agua y la pendiente media es de 16%, lo cual esta área se consideró como área potencial.

Figura 14

Áreas con potencial para la construcción de un relleno sanitario validadas en campo

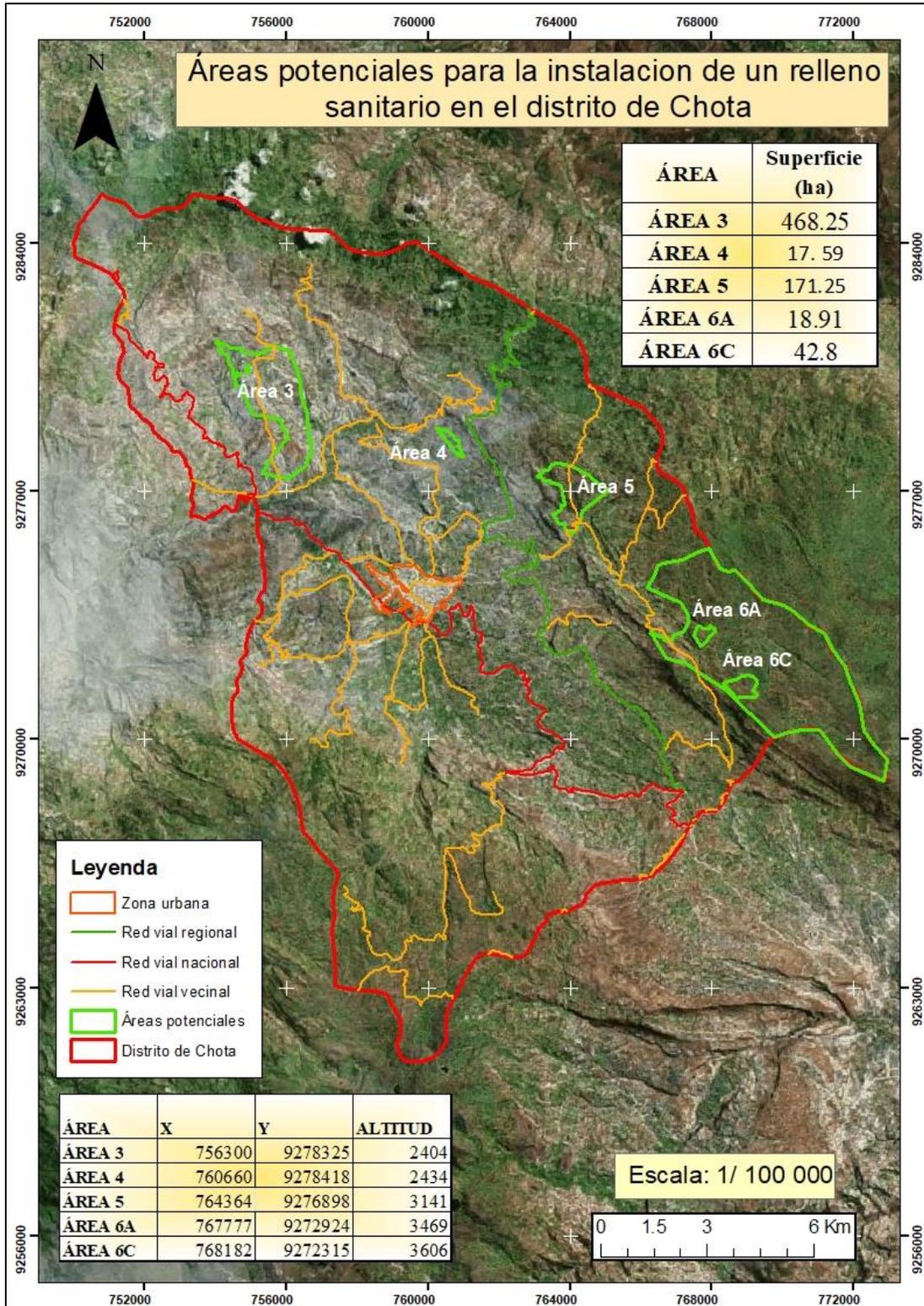
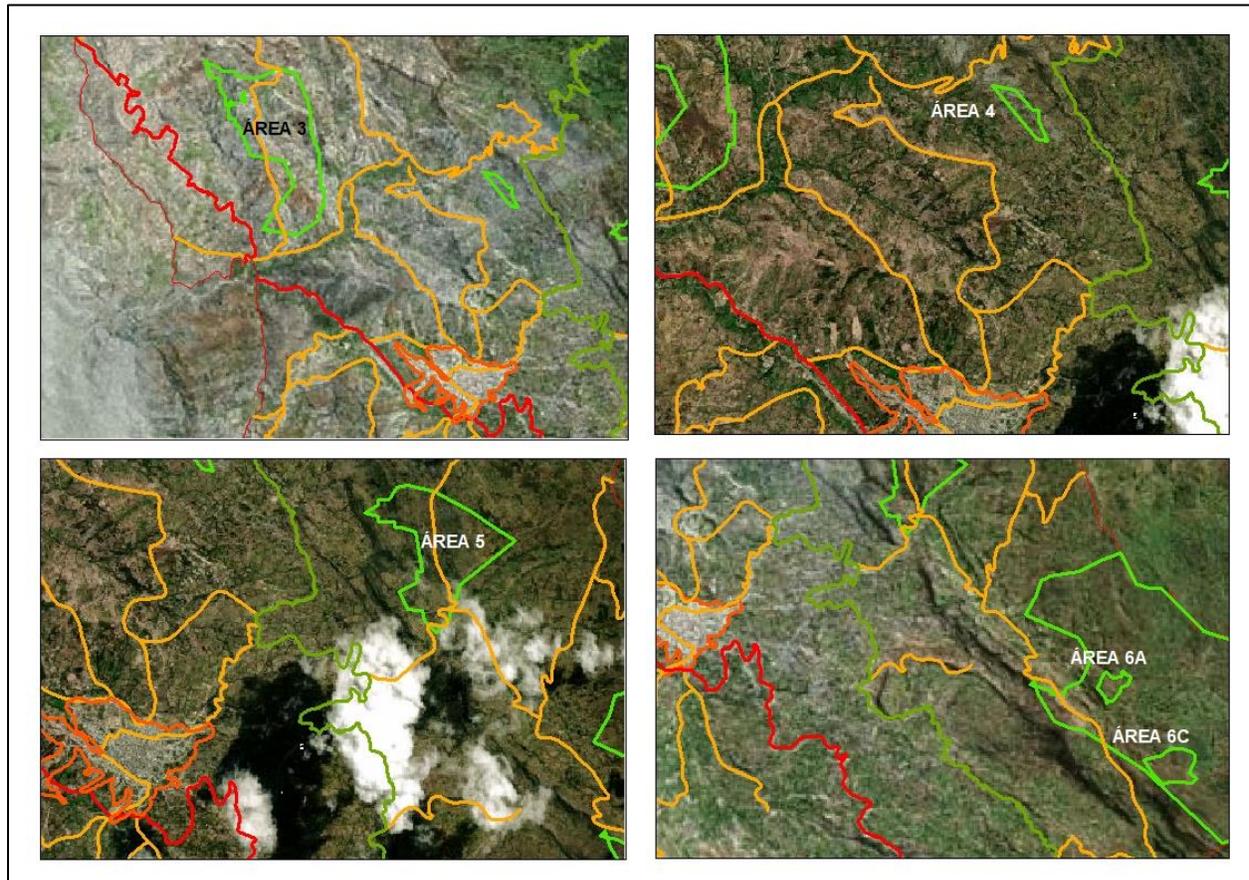


Figura 15. Áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario validadas en campo



En las figuras 14 y 15 se muestra el resultado final de las alternativas luego de ser validadas en campo, de acuerdo con la tabla 12 y figura 13 estas áreas son: “Área 3”, “Área 4”, “Área 5” y “Área 6”, en el área 6 hay 2 subáreas validadas (6A y 6B), lo cual esto indica que hay 5 alternativas de áreas con potencial para la instalación de una infraestructura para confinar los residuos sólidos municipales.

4.2. Contrastación de hipótesis

La hipótesis planteada fue: al menos existirá un área potencial que reúna las condiciones adecuadas para la instalación de un relleno sanitario en el distrito de Chota.

De acuerdo con lo desarrollado en esta investigación se determinó que la hipótesis planteada es válida. En conformidad con los resultados obtenidos mediante el análisis espacial con los SIG, evaluación multicriterio y validación en campo se identificó 5 lugares con potencial para la construcción de un relleno sanitario en el distrito de Chota, de acuerdo con los criterios de restricción y exclusión que se han considerado y su respectiva evaluación y validación de las alternativas en campo, estas áreas superan la extensión superficial requerida de acuerdo con la cantidad de residuos sólidos que se originan durante el tiempo de vida útil de dicha infraestructura.

4.3. Discusión de resultados

Los resultados del presente estudio considerando los 8 variables de los criterios establecidos por el ministerio del ambiente (MINAM) mediante la guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales, donde estos criterios fueron integrados a través de los sistemas de información geográfica, evaluación multicriterio y posteriormente validación en campo donde se obtuvo 5 áreas potenciales; en comparación con Bustamante (2020) quien trabajó con 9 variables a través de análisis multicriterio y SIG para el cantón Santa Rosa, provincia El Oro-Ecuador, donde su resultado fue que 3 lugares o áreas tenían un mejor cumplimiento con el reglamento de la normativa vigente.

De acuerdo con esta comparación vale mencionar que la evaluación de las áreas o zonas potenciales varía en diferentes regiones tanto en extensión como en el número de zonas identificadas, esto depende de la geografía y en específico los criterios aplicables al lugar espacialmente pueden ser distintos en diversas ciudades o provincias, además de la extensión del área estudiada.

En la investigación de Mamani (2020) desarrolló un análisis en el distrito de Huayrapata, provincia de Moho, Puno, fue enfocado en 4 criterios: Pendiente, ríos, lagos y fallas geológicas procesado en el software ArcGIS 10.5, donde las variables de los criterios fueron menos que en el presente estudio y al final le dio un balance más específico, tomando como referencia la cercanía a las vías de acceso con la finalidad de disminuir costos de apertura de vías, como resultado de su selección obtuvo 4 áreas con potencial de 766, 247, 154 y 161ha.

Chida (2020) desarrolló la identificación en el cantón Tena provincia de Napo, Ecuador, para ello utilizó 10 variables aplicables al lugar (influencia al aeropuerto, influencia a las vías, influencia a los asentamientos humanos, influencia hacia las fuentes de agua, pendiente,

permeabilidad, susceptibilidad de inundación, uso del suelo, cantidad de precipitación y la napa freática), lo cual las variables de los criterios fueron más y algunas diferentes; luego integró en software ArcMap 10.5, resultándole 13 posibles sitios, donde desde su perspectiva tanto económica, social y ambiental solo recomendó 6 lugares como las más aptos.

Por otro lado Sánchez et al., (2016), realizó una identificación para el estado de Hidalgo, México, donde utilizó criterios para 3 dimensiones (ambiental, socioeconómica y técnica). En la dimensión ambiental: distancia a cuerpos de agua, tipos de suelo, áreas naturales protegidas (ANPs); en la dimensión socioeconómica: zona poblacional, zonas de cultivos; en la dimensión técnico: vías de acceso, procedencia de residuos sólidos, pendientes. Entre las tres dimensiones cada una tuvo un peso ponderado diferente, igual que en los criterios de cada dimensión. Lo cual fue estandarizado en tres categorías (nivel más favorable, nivel intermedio, nivel menos favorable)

Haciendo una comparación, ellos hicieron un dimensionamiento de los criterios que le permita una asignación de pesos de acuerdo con el orden de importancia que consideraron, en cambio en este estudio solamente se considera criterios sin dimensionamiento, debido a que el peso ponderado tiene un porcentaje igual para cada una de ellas. Con respecto a la aplicación de algunos criterios va a depender de tener la información espacializada, por ejemplo: procedencia de residuos sólidos, para poder aplicar en Perú tiene que estar representada espacialmente y sobre todo validada por alguna autoridad. Por esa razón que la aplicación de los criterios depende de la cantidad de información que se tiene y de acuerdo con la normatividad vigente.

MINAM (2021) menciona que para la validación de las posibles áreas con potencial para una infraestructura de disposición final de residuos sólidos en gabinete debe ser complementada y ayudada con imágenes satelitales y evaluadas en campo que pueden ser los siguientes factores que no son restrictivos: Vías de acceso, factor climático, propiedad del terreno, expansión poblacional,

entre otros. Por lo cual en esta investigación luego del resultado de gabinete fue necesario evaluar las zonas donde existía alta concentración de viviendas y zonas de bosque natural como el bosque de La Palma, y en campo se validó de acuerdo con los criterios de presencia de agua y pendientes.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se consideró 8 criterios aplicables para identificar áreas potenciales para un relleno sanitario estos criterios son 5 restricciones (pendiente, hidrología, fallas geológicas, textura de suelos y distancia a la ciudad de Chota zona urbana) y 3 exclusiones (comunidades campesinas, concesiones mineras y centros arqueológicos correspondientes a patrimonio cultural); los mismos que luego se estandarizó en una escala de 0 “No apta”, 1 “Aceptable” y 2 “Optima”.
- La aplicación de la evaluación multicriterio ha permitido hacer en un primer momento las sobreposiciones de las capas de los criterios de restricción de acuerdo a la estandarización en las tres categorías, para que luego se interseque espacialmente con las capas de exclusiones, obteniendo el mapa final de las seis posibles áreas con potencial para la construcción de un relleno sanitario en el distrito de Chota.
- En la validación de campo se verificó las 6 áreas preliminares, de las cuales el área 1 y 2 quedaron descartadas por la presencia de fuentes de agua y pequeños fragmentos de bosque natural, quedando 5 áreas potenciales validadas (Área 3, Área 4, Área 5, Área 6A y Área 6C), su extensión es de 468,25 ha; 17,59 ha; 171,25 ha; 18,91 ha; 42,8 ha quedando como alternativas para la implementación de un relleno sanitario.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que los resultados obtenidos en dicha investigación sean considerados por la Municipalidad Provincial de Chota para que puedan planificar la obtención del sitio, además de gestionar un proyecto para instalar o construir un relleno sanitario, y reducir los riesgos ambientales y a la salud pública por la inadecuada disposición final de los RRSS.

- Además, a dicha institución pública se recomienda antes de definir el sitio final de las 5 alternativas realizar algunos estudios sociales a fin de evitar conflictos posteriores, también estudios sobre la flora y la fauna presentes en dichos lugares y cuál de ellas tendrían un menor impacto.
- Para lograr un desarrollo sostenible en lo que se refiere a la gestión de los residuos sólidos se recomienda a las entidades públicas, estudiantes, investigadores a determinar zonas con potencial para la implementación de un relleno sanitario en los diferentes distritos de la provincia de Chota, región y del país; de esa manera evitar la contaminación de los recursos ambientales y garantizar la salud pública en cuanto a los RRSS.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Ali, E. (2020). *Geographic Information System (GIS): Definition , Development , Applications & Components*. March.
https://www.researchgate.net/publication/340182760_Geographic_Information_System_GIS_Definition_Development_Applications_Components
- Altamirano, J. (2019). *Identificación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos municipales utilizando análisis espacial, distrito Chirinos - San Ignacio*. 1–52.
<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/219>
- Asociacion Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). (2018). *Gestion integral de residuos solidos urbanos* (P. Tello Espinoza, D. Campani, & D. R. Sarafian (eds.)).
<https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>
- Bustamante, C. (2020). *Análisis multicriterio basado en un SIG enfocado a determinar áreas potenciales para el emplazamiento de un relleno sanitario en el cantón Santa Rosa, provincia de El Oro*. [Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BUSTAMANTE NORIEGA CARLOS ALFREDO.pdf>
- Buzai, G., & Baxendale, C. (2013). *Aportes del análisis geográfico con sistemas de información geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial*. XXVII, 113–141.
<https://personaysociedad.uahurtado.cl/index.php/ps/article/download/43/41/>
- CEPAL. (2019). *Planificación para el desarrollo territorial sostenible en América Latina y el Caribe*. Instituto Latinoamericano y Del Caribe de Planificación Económica y Social

(ILPES), 59. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44731/1/S1900439_es.pdf

Chang, N., Parvathinathan, G., & Breeden, J. B. (2008). *Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region*. 87, 139–153. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.011>

Chida, K. (2020). Análisis multicriterio basado en SIG para identificar potenciales áreas para establecer un relleno sanitario en el cantón tena de la provincia Napo, Ecuador. In *Human Relations*.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=bth&AN=92948285&site=eds->

http://bimpactassessment.net/sites/all/themes/bcorp_impact/pdfs/em_stakeholder_engagement.pdf<https://www.glo-bus.com/help/helpFiles/CDJ-Pa>

Collado, J., & Navarro, J. (2013). *ArcGIS 10 prácticas paso a paso* (Primera ed). https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/486b2a87-50a9-4c3a-8c03-25285fa812cc/TOC_6098_01_01.pdf?guest=true

Cossu, R., & Stegmann, R. (2019). Solid Waste Landfilling. In *Solid Waste Landfilling*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-02435-0>

Dean, M. (2022). *A Practical Guide to Multi-Criteria Analysis A Practical Guide to Multi-Criteria Analysis Dr Marco Dean Bartlett School of Planning , University College London. January*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15007.02722>

Defensoría del Pueblo. (2019). ¿Donde va nuestra basura? Recomendaciones para mejorar la gestión de los residuos sólidos municipales. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Primera ed, Vol. 53, Issue 9). <https://www.defensoria.gob.pe/wp->

content/uploads/2019/11/INFORME-DEFENSORIAL-181.pdf

Del Bosque, I., Fernández, C., Forero, L., & Pérez, E. (2012). *Los Sistemas de Información Geográfica y la Investigación en Ciencias Humanas y Sociales*. [http://digital.csic.es/bitstream/10261/64940/1/Los SIG y la Investigacion en Ciencias Humanas y Sociales.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/64940/1/Los%20SIG%20y%20la%20Investigacion%20en%20Ciencias%20Humanas%20y%20Sociales.pdf)

División de Estudios y Planificación, D. G. de A. (2015). *Conceptos Básicos de Georreferencias y su utilización en las labores de la Dirección General de Aguas*. <https://snia.mop.gob.cl/sad/SIS5780.pdf>

Espejo, A. (2018). Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica distrito de Chachapoyas Amazonas- 2017. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(3), 71–77. <https://doi.org/10.25127/ucni.v1i3.429>

ESRI. (2016). *¿Qué son los datos ráster?—Ayuda | ArcGIS for Desktop*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>

ESRI. (2020). *Acerca de ArcGIS | Plataforma de Mapeo y Analítica*. <https://www.sigsa.info/es-mx/arcgis/about-arcgis/overview>

Esri Press. (2015). *The ArcGIS Book10 Grandes Ideas Sobre Cómo Aplicar La Geografía Al Mundo Que Nos Rodea*. http://downloads.esri.com/LearnArcGIS/pdf/es/The-ArcGIS-Book_ES.pdf http://learn.arcgis.com/es/arcgis-book/?adumkts=branding&aduc=web&adum=general&aduSF=vanity&utm_Source=other&aduca=m17the_arcgis_book_interactive_pdf&aduco=thearcgisbook&aducp=smartcomm

Furones, Á. (2011). Sistema y marco de referencia terrestre. Sistemas de coordenadas. *Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría*, 1–22.

<http://www.upv.es/unigeo/index/docencia/etsigct/astrologia/teoria/astrologiaT2.pdf>

Giménez, M., & Cardozo, C. (2012). Localización óptima de relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) en el área metropolitana del Alto Paraná. *VII Congreso de Medio Ambiente*, 20.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26832/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 148).
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Ichpas, Y., & Sanchez, J. (2021). Sitios óptimos para rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica para la ciudad de Huancavelica. In *Universidad Andina del Cusco*.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto Latinoamericano de Capacitaciones Jurídicas. (2020). *Las comunidades campesinas en Perú*.
<https://ilcj.edu.pe/las-comunidades-campesinas-en-peru-que-son-y-como-estan-reguladas/>

INTA. (2014). *Sistemas de Información Geográfica con Qgis 2 . x - Nivel I -*.
<http://www.upv.es/unigeo/index/docencia/etsigct/astrologia/teoria/astrologiaT2.pdf>

Kaur, A., Ha, N. T., Trinh, B. S., & Kumar, R. (2021). Breakthroughs in solid waste management

and environmental health. *Recent Trends and Advances in Environmental Health*, February, 267–291.

https://www.researchgate.net/publication/349325027_BREAKTHROUGHS_IN_SOLID_WASTE_MANAGEMENT_AND_ENVIRONMENTAL_HEALTH

Kazuva, E., Zhang, J., Tong, Z., Liu, X., Memon, S., & Mhache, E. (2020). *GIS- and MCD-based suitability assessment for optimized location of solid waste landfills in Dar es Salaam , Tanzania.*

Licenciatura, R., & Ambientales, C. (n.d.). *Universidad autónoma del estado de México.*

Lopez, C. (2019). *Ubicación óptima del área de relleno sanitario de contingencia para el municipio de chocontá.* 1–17.

https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/31816/Lopez_Cuervo_Camilo_Andres_2019.pdf?sequence=2

López, D., & Torres, A. (2015). ¿Cuáles son los componentes del dato espacial? In *Centro de Investigación en Geografía y Geomática.*

[https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/181/1/08-¿_Cuáles_son_los Componentes_del_Dato_Espacial_-_Diplomado_en_Análisis_de_Información_Geospacial.pdf](https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/181/1/08-¿_Cuáles_son_los_Componentes_del_Dato_Espacial_-_Diplomado_en_Análisis_de_Información_Geospacial.pdf)

Loyaga, F. (2019). Identificación de áreas óptimas para instalar un relleno sanitario utilizando sistema de información geográfica en el distrito Las Pirias - Provincia de Jaén. *Universidad Nacional de Jaén*, 71. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/149>

Majid, M., & Mir, B. (2021). Landfill site selection using GIS based multi criteria evaluation technique. A case study of Srinagar city, India. *Environmental Challenges*, 3, 1–14.

<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100031>

- Mamani, V. (2020). *Identificación de áreas potenciales para la instalación del relleno sanitario aplicando sistemas de información geográfica, en el distrito de Huayrapata, Provincia de Moho, Puno-2020.* 1–13.
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3760/Vanessa_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mancebo, S., Ortega, E., Valentin, A., Martín, B., & Martín, L. (2008). *LibroSIG : aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental* (1ª edición). <http://oa.upm.es/2080/>
- Marquez, L. (2016). *Residuos sólidos: un enfoque multidisciplinario: Vol. I* (Issue December). https://www.researchgate.net/publication/308057682_Residuos_Solidos_Un_enfoque_multidisciplinario_Vol_I
- Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2012). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño* (Primera Ed). http://marina.geologia.uson.mx/academicos/iminjare/ICA/REFERENCIAS/220588573_Ingenieria_ambiental_fundament.pdf
- MINAM. (2021). *Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales.* [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2020314/ANEXO_RM.124-2021-MINAM - Guia Identificacion de Zonas para IDF.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2020314/ANEXO_RM.124-2021-MINAM-Guia_Identificacion_de_Zonas_para_IDF.pdf.pdf)
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2008). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual.* <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20130703125736.pdf>
- Montaña, E. P. (2011). *Procedimiento para la gestión y disposición de residuos sólidos y*

peligrosos. [https://gerenciacampus.uniandes.edu.co/content/download/2304/11870/file/5.Disposicion de Residuos.pdf](https://gerenciacampus.uniandes.edu.co/content/download/2304/11870/file/5.Disposicion%20de%20Residuos.pdf)

Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. In *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2014.07.001><https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2017.12.003><http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.024>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2013). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de gestión municipal provincial*. In *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental* (Issue 9). https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=16983

Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2022). *Siete importantes logros de la UNESCO en su labor de preservación del patrimonio cultural*.

P.L.A Díaz Fuentes, L. B. (2018). *Universidad Autónoma Del Estado De México Facultad De Economía*.

Palacios, I. (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. <http://geol.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2018/06/7.pdf>

Saldaña, C., & Nájera, O. (2019). Identification of potential sites for urban solid waste disposal in the municipality of tepic, nayarit, Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(Special Issue 2), 69–77. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.esp02.07>

- Sánchez, J., Rojas, M., Araiza, J., & Mabel Vaca. (2016). *Selección de un sitio para la instalación de un centro de procesamiento de residuos sólidos urbanos en Hidalgo*. 9. www.somers-ac.org.
- Santamaría, P. (2011). *La Cartografía Y Las Proyecciones Cartográficas*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/492575.pdf>
- Sisay, G., Gebre, S. L., & Getahun, K. (2021). GIS-based potential landfill site selection using MCDM-AHP modeling of Gondar Town, Ethiopia. *African Geographical Review*, 40(2), 105–124. <https://doi.org/10.1080/19376812.2020.1770105>
- Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL). (2018). *Consulta de Datos Sigersol Municipal 2008-2018*. <https://sigersolreporte.minam.gob.pe/sigersolreporte/>
- 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. In *Universidad Andina del Cusco*. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Velasco, J., Vásquez, I., Nájera, H., Aguilar, L., & Mendoza, S. (2013). Los sig aplicados a la localización de zonas potenciales para la disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). *Revista de Ciencias de La Unicach*, 7(2), 109–114. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12753/1878>

CAPITULO VII. ANEXOS

7.1. Anexo 1. Imágenes de campo del “Área 1”

Figura 16

Inspección del área 1



Figura 17

Presencia de fuentes de agua en el área 1



Figura 18

Especies de flora en los fragmentos de bosque natural en el área 1



7.2.Anexo 2. Imágenes de campo del “Área 2”

Figura 19

Inspección del área 2



Figura 20

Imágenes de fuentes de agua evidenciadas en el área 2



7.3.Anexo 3. Imágenes de campo del “Área 3”

Figura 21

Inspección del área 3



7.4.Anexo 4. Imágenes de campo del “Área 4”

Figura 22

Inspección del área 4



7.5.Anexo 5. Imágenes de campo del “Área 5”

Figura 23

Inspección del área 5



7.6.Anexo 6. Imágenes de campo del “Área 6A”

Figura 24

Inspección del área 6A



7.7. Anexo 7. Imágenes de campo del “Área 6C”

Figura 25

Inspección del área 6C

