



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

**“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director(e) 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. **“Uso de la evaluación multicriterio en sistemas de información geográfica para determinar la localización óptima de un relleno sanitario en el distrito de Conchán, Chota, Perú”**. desarrollado por **Rosa Nilda Idrogo Tarrillo** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental **Asesor: Dr. Alejandro Seminario Cunya** y **coasesor: Ing. Jhon Antoni Sánchez Rojas**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 20%** sin incluir bibliografía, citas y fuentes con menos de 10 palabras; 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, 06 de mayo de 2024.

Atentamente

Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres
Director (e) de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

RADCT/D(e)UIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2024

CO-001-2024-UIFCA(e)-UNACH

Correo: investigacionfca@unach.edu.pe

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uea.edu.ec Fuente de Internet	<1%
9	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1%

Jatunpampa y Pacopata del Distrito de los Morochucos - Cangallo - Ayacucho-IGA0001219", R.D. N° 165-2013/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

78

Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados

Trabajo del estudiante

<1 %

79

dspace.ucacue.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

80

repositorio.unas.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

81

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

82

repositorio.untrm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

83

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

84

www.no-burn.org

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental



Uso de la evaluación multicriterio en sistemas de información geográfica para determinar la localización óptima de un relleno sanitario en el distrito de Conchán, Chota, Perú.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

PRESENTADA POR:

Bachiller: Rosa Nilda Idrogo Tarrillo

Asesor: Dr. Alejandro Seminario Cunya

Co - Asesor: Ing. Jhon Antoni Sánchez Rojas

CHOTA – PERÚ

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 11-2024/EPIFA-FCA/UNACH

Siendo las 16 horas, del día 18 de marzo del 2024, reunidos en el auditorium de la EPIFA en forma presencial, los miembros de evaluación y asesor de la Tesis titulada: "Uso de la evaluación multicriterio en sistemas de información geográfica para determinar la localización óptima de un relleno sanitario en el distrito de Conchán, Chota, Perú", integrado por:

M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez **Presidente**

Ing. Eisner Will Castillo Rojas **Secretario**

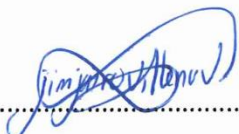
M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito **Vocal**

Dr. Alejandro Seminario Cunya **Asesor**

Sustentado por la Bach. **Rosa Nilda Idrogo Tarrillo**, 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 **APROBAR** la tesis, calificándola con nota de : (**16 DIESEISES**), se eleva la presente acta al Coordinador de 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, 18 de marzo del 2024.


.....

M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez

Presidente


.....

Ing. Eisner Will Castillo Rojas

Secretario


.....

M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito

Vocal


.....

Dr. Alejandro Seminario Cunya

Asesor

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a DIOS que siempre estuvo conmigo, por guiarme en los momentos de dificultad, por mantenerme fuerte frente las adversidades de la vida.

Agradecer al Dr. Alejandro Seminario Cunya por su asesoramiento y experiencia durante el desarrollo de este proyecto.

Agradecer a mi co- asesor Ing. Jhon Antoni Sánchez Rojas por su asesoría y apoyo para lograr esta meta en la vida.

También agradezco al Ing. Luis Miguel Tarrillo Vásquez, por su respaldo absoluto y sus conocimientos compartidos.

A Fernando Saavedra Fustamante por su aliento y su apoyo incondicional para poder lograr esta meta en la vida.

DEDICATORIA

Va dedicado a mis padres con todo el afecto, amor y gratitud que les tengo, a mi madre Domitila Tarrillo Ydrogo y mi padre Israel Idrogo Edquén quienes fueron los pilares de mi educación, gracias porque siempre tuve su apoyo económico y moral.

A mi querido hermano José Wilson Idrogo Tarrillo, por acompañarme y apoyarme siempre por celebrar mis logros como si fueran suyos.

A mi abuelita Lucila Edquén Benavides, por su apoyo, sus consejos y a mi abuelito Segundo Pedro Idrogo Fustamante por su apoyo desde niña por su preocupación y amor incondicional y estoy segura que me ilumina desde el cielo y dirige mis pasos.

INDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	3
DEDICATORIA.....	4
Resumen	13
Abstract.....	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Justificación de la investigación	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos	18
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases teóricas.....	26
2.2.1. Residuos sólidos.....	26
2.2.2. Relleno sanitario.....	26
2.2.2.1. Tipos de rellenos sanitarios.	27
2.2.3. Criterios para el estudio de selección de área de disposición final de residuos sólidos.....	27
2.2.3.1. Ubicación del área para futuro relleno sanitario.....	27
2.2.3.2. Disponibilidad de material de cobertura.....	27
2.2.3.3. Vida útil.	28
2.2.3.4. Vías de acceso.	28
2.2.3.5. Topografía.	28
2.2.3.6. Condiciones climáticas	28

2.2.3.7. Geología.	29
2.2.3.8. Hidrología.	29
2.2.3.9. Preservación del patrimonio arqueológico.	29
2.2.3.10. Preservación de áreas naturales protegidas.	30
2.2.3.11. Fallas geológicas, inestables o inundables.	30
2.2.3.13. Compatibilidad con infraestructura de otros sectores.	30
2.2.4. Sistemas de información geográfica	30
2.2.4.1. Componentes de los Sistemas de Información geográfica.	31
2.2.4.3. Herramienta Model Builder	32
2.2.4.4. Análisis espacial.	33
2.2.4.4.1. Localización.	34
2.2.4.4.2. Distribución espacial.	34
2.2.4.4.3. Asociación espacial.	34
2.2.4.4.4. Interacción espacial.	34
2.3. Marco conceptual	35
2.3.1. Botadero	35
2.3.2. Georreferenciación	35
2.3.3. Software ArcGis	35
2.3.4. Shapefile	36
2.3.5. Información tipo ráster	36
2.4. Formulación de la hipótesis	36
2.5. Operacionalización de variables.	36
2.5.1. Variables e indicadores.	36
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	39
3.1. Ubicación	39
3.2. Tipo y nivel de la investigación	41

3.3. Diseño de investigación	41
3.4. Métodos de la investigación.....	41
3.5. Población y muestra y muestreo	41
3.5.1. Población	41
3.5.2. Muestra	42
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	42
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	42
3.6.1.1. Recopilación de información secundaria (documentos).....	42
3.6.1.2. Observación.	42
3.6.2. Instrumentos para la recolección de datos.....	43
3.6.2.1. Base de datos.	43
3.6.2.2. Sistema de posicionamiento global (GPS).	43
3.6.2.3. Cámara fotográfica.	43
3.6.2.4. Ficha de registro de datos.	43
3.6.2.5. Laptop hp Core i7.	43
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	44
3.7.1. Procesamiento	44
3.7.1.1. Fase inicial.....	44
3.7.1.2. Fase de análisis espacial	47
3.7.1.2.1. Elaboración de capas especializadas de los criterios a utilizar.	47
3.7.2. Análisis e interpretación de datos.....	49
3.7.2.1. Calculó el área necesaria para el relleno de Conchán.	50
3.5. Aspectos éticos	55
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. Descripción de los resultados	56
4.1.1.1. Mapa de pendientes.	57

	Pág.
4.1.1.2. Mapa de vías de acceso.	60
4.1.1.3. Mapa de hidrología.	64
4.1.1.4. Mapa de centros poblados.	67
4.1.1.5. Mapa de fallas geológicas.	70
4.1.1.6. Mapa de sitios arqueológicos.	73
4.1.1.7. Mapa de Capacidad de uso mayor de suelos.	75
4.1.2. Análisis multicriterio para la localización óptima de un relleno sanitario.	81
4.1.2.1. Análisis multicriterio de pendientes.	81
4.1.2.2. Análisis multicriterio de vías de acceso.	85
4.1.2.3. Análisis	88
4.1.2.4. Análisis multicriterio de centros poblados.	91
4.1.2.5. Análisis multicriterio de fallas geológicas.	94
4.1.2.6. Análisis multicriterio de sitios arqueológicos.	97
4.1.2.7. Análisis multicriterio de capacidad de uso mayor de suelo.	100
4.1.2.8. Análisis multicriterio de infraestructura.	104
4.1.3. Elaboración de mapa con las zonas óptimas para la instalación del relleno sanitario.	109
4.1.3.1. Calculó el área necesaria para el relleno de Conchán.	109
4.1.4. Evaluación y validación de alternativas mediante imágenes satelitales descargadas de la USGS y verificación en campo.	117
4.1.4.1. Descripción de las áreas óptimas identificadas en campo.	118
4.1.5. Diseño del modelo geoespacial en Model Builder.	125
4.2. Contrastación de hipótesis	127
4.3. Discusión de resultados	127

	Pág.
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1. CONCLUSIONES	132
5.2. RECOMENDACIONES.....	133
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	144

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Variables e indicadores.....	37
Tabla 2 Fuentes de obtención de datos para cada criterio	44
Tabla 3 Ponderación de los criterios, categorías y valores a evaluar	46
Tabla 4 Herramientas de procesamiento para la elaboración de las capas espacializadas de las variables a utilizar	48
Tabla 5 Rango de pendientes según rango de desnivel	58
Tabla 6 Red vial vecinal	61
Tabla 7 Red vial departamental	61
Tabla 8 Red hídrica.....	65
Tabla 9 Cantidad de centros poblados	67
Tabla 10 Fallas geológicas.....	71
Tabla 11 Sitios arqueológicos en el distrito de Conchán.....	73
Tabla 12 Clasificación de capacidad de uso de suelo.....	76
Tabla 13 Centros educativos en el distrito de Conchán.....	78
Tabla 14 Ponderación según rango de pendientes	82

Pág.

Tabla 15 Resultado de ponderación de criterio pendientes	83
Tabla 16 Criterio de distanciamiento de vías de acceso	85
Tabla 17 Resultado de ponderación de criterio vías de acceso	86
Tabla 18 Criterio de distanciamiento de hidrología	88
Tabla 19 Resultado de ponderación de criterio de hidrología.	89
Tabla 20 Criterio de distanciamiento a centros poblados	91
Tabla 21 Resultado de ponderación de criterio de centros poblados	92
Tabla 22 Criterio de distanciamiento de fallas geológicas	94
Tabla 23 Resultado de ponderación de criterio fallas geológicas	95
Tabla 24 Criterio de distanciamiento de sitios arqueológicos	97
Tabla 25 Resultado de ponderación de criterio sitios arqueológicos	98
Tabla 26 Criterio capacidad de uso mayor de suelo según clasificación.	100
Tabla 27 Resultado de ponderación de criterio capacidad de uso mayor de suelos. ...	102
Tabla 28 Criterio de distanciamiento de infraestructura.....	104
Tabla 29 Resultado de ponderación de criterio infraestructura	105
Tabla 30 Cálculo para determinar área para el diseño del proyecto de relleno sanitario	113
Tabla 31 Áreas óptimas y aceptables identificadas	114

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Mapa de ubicación y localización del distrito de Conchán.....	40
Figura 2 Estructura del geodatabase.....	56
Figura 3 Mapa conceptual de la variable pendientes.....	57
Figura 4 Mapa de variable pendientes.....	59
Figura 5 Mapa conceptual de la variable vías de acceso.....	60
Figura 6 Mapa de variable vías de acceso.....	63
Figura 7 Mapa conceptual de la variable hidrología.....	64
Figura 8 Mapa de la variable hidrología.....	66
Figura 9 Mapa conceptual de la variable centro poblados.....	67
Figura 10 Mapa de la variable centros poblados.....	69
Figura 11 Mapa conceptual de la variable fallas geológicas.....	70
Figura 12 Mapa de la variable fallas geológicas.....	72
Figura 13 Mapa conceptual de sitios arqueológicos.....	73
Figura 14 Mapa de la variable sitios arqueológicos.....	74
Figura 15 Mapa conceptual de capacidad de uso mayor de suelos.....	75
Figura 16 Mapa de la variable capacidad de uso mayor de suelo.....	77
Figura 17 Mapa conceptual de infraestructura.....	78
Figura 18 Mapa de la variable infraestructura.....	80
Figura 19 Mapa de áreas disponibles de criterio pendientes.....	84
Figura 20 Mapa de áreas disponibles de criterio vías de acceso.....	87
Figura 21 Mapa de áreas disponibles de criterio hidrología.....	90
Figura 22 Mapa de áreas disponibles de criterio centros poblados.....	93
Figura 23 Mapa de áreas disponibles de criterio fallas geológicas.....	96

Figura 24 Mapa de áreas disponibles sitios arqueológicos	99
Figura 25 Mapa de áreas disponibles de capacidad de uso mayor de suelos	103
Figura 26 Mapa de áreas disponibles de infraestructura	106
Figura 27 Porcentaje de influencia de los criterios establecidos	108
Figura 28 Porcentaje de influencia de los criterios establecidos	108
Figura 29 Mapa preliminar con las zonas óptimas y aceptables para la instalación de relleno sanitario	116
Figura 30 Mapa final de áreas óptimas identificadas	123
Figura 31 Mapa final con las áreas óptimas para la instalación de relleno sanitario elaborado con la ayuda de imágenes satelitales (USGS).....	124
Figura 32 Diseño del modelo geoespacial en Model Builder.....	126
Figura 33 Área óptima localidad el Arenal	147
Figura 34 Obtención de coordenadas en el área óptima en la localidad del Arenal...	147
Figura 35 Área óptima en la localidad de Lascán	148
Figura 36 Obtención de coordenadas en el área óptima en la localidad Lascán	148
Figura 37 Área óptima en la localidad de Santa Elena.....	149
Figura 38 Obtención de coordenadas en el área óptima en la localidad Santa Elena.	149
Figura 39 Área óptima en la localidad de Chames.....	150
Figura 40 Obtención de coordenadas en el área óptima en la localidad de Chames..	150
Figura 41 Área óptima en la localidad de Santa Elena.....	151
Figura 42 Área óptima centro poblado Santa Elena.....	151

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo, utilizar un sistema de información geográfica, para determinar la ubicación óptima para un relleno sanitario en la provincia de Chota – distrito de Conchán, en base a la normativa del D.S. 014-2017 –MINAM y la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios”. El modelado espacial se realizó en software ArcGIS 10.5 utilizando la herramienta Model Builder, a través de un análisis de evaluación multicriterio, las ponderaciones para cada criterio fueron: 0, 1 y 2 donde 0, es no óptimo, 1 es óptimo y 2 es aceptable para la instalación de un relleno, también se le asignó un porcentaje de influencia a cada parámetro en base al 100%, hidrología y distancia a vías de acceso tuvo un 16%, a pendiente y capacidad de uso mayor de suelo se le estableció un 15%, a la distancia a centros poblados, distancia a fallas geológicas y distancia a sitios arqueológicos, se le asignó una ponderación de 10% y, por último, las distancias a infraestructuras una ponderación del 8%, este análisis multicriterio permitió obtener nueve áreas óptimas y 14 áreas aceptables de las cuales con verificación en campo y con la ayuda de imágenes satelitales se concluyó que existe cinco áreas óptimas para la disposición final adecuada de residuos sólidos con una extensión de 7,04 ha, 13,62 ha, 9,37 ha, 25,30 ha y 31,26 ha respectivamente.

Palabras claves: Sistemas de Información Geográfica, evaluación multicriterio, Model Builder, relleno sanitario, ponderación, áreas óptimas.

Abstract

The objective of this study was to use a geographic information system to determine the optimal location for a sanitary landfill in the province of Chota – district of Conchán, based on the D.S. regulations. 014-2017 –MINAM and the guide to the design, construction, operation, maintenance and closure of sanitary landfills.” Spatial modeling was carried out in ArcGIS 10.5 software using the Model Builder tool, through a multi-criteria evaluation analysis, the weights for each criterion were: 0, 1 and 2 where 0 is non-optimal, 1 is optimal and 2 is acceptable for the installation of a fill, a percentage of influence was also assigned to each parameter based on 100%, hydrology and distance to access roads had 16%, a slope and greater land use capacity was established a 15%, the distance to populated centers, distance to geological faults and distance to archaeological sites, was assigned a weight of 10% and, finally, the distances to infrastructures a weight of 8%, this multicriteria analysis allowed us to obtain nine areas optimal and 14 acceptable areas of which with field verification and with the help of satellite images it was concluded that there are five optimal areas for the adequate final disposal of solid waste with an area of 7, 04 ha, 13,62 ha, 9,37 ha, 25,30 ha y 31, 26 ha respectively.

Keywords: Geographic Information Systems, multi-criteria evaluation, Model Builder, landfill, weighting, optimal areas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento del problema

La inadecuada disposición final de los residuos sólidos se ha vuelto un grave problema ambiental y social, generando impactos negativos significativos en las ciudades y centros poblados del país (Nava,2018), como consecuencia de la insuficiencia de los gobiernos locales, la poca educación ambiental que se brinda, el crecimiento poblacional y una sociedad de consumo, impidiendo un manejo propicio y disposición adecuada de residuos sólidos, lo que lleva al uso de botaderos ilegales (Martel *et al.*, 2022).

Solano *et al.* (2023); afirma que en el mundo produce entre 7 mil y 10 mil millones de toneladas de desechos sólidos municipales cada año, lo que significa que alrededor de 3 mil millones de personas todavía están expuestas al daño de su salud y a efectos negativos en el medio ambiente como resultado de una gestión inadecuada de desechos sólidos.

En el Perú, el problema más grave que se desafía con relación a la gestión de residuos sólidos es la ausencia de instalaciones adecuadas para su eliminación (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016), estimándose que 30 millones de personas generan cada día un promedio de 21 000 t de residuos sólidos urbanos, equivalente a 0,8 kilogramos por persona al día (MINAM, 2021). Cabe resaltar que en todo el país se han identificado 1585 vertederos informales, de los cuales sólo 27 están catalogados como áreas que pueden convertirse en instalaciones formales para la adecuada disposición de residuos. Los departamentos con mayor número de botaderos incluyen a Ancash (149), Cajamarca (123) y Puno (111), así como departamentos con grandes superficies afectadas por

botaderos como: Lambayeque (438 ha), Ica (276 ha) y Piura (201 ha) (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2018).

Esta problemática también se presenta en la provincia de Chota, cuyos residuos sólidos de diversos distritos y centros poblados, terminan en botaderos informales impactando negativamente el suelo, el aire y el agua, la flora y la fauna y perjudicando la salud de la población.

Específicamente en el casco urbano del distrito de Conchán, según la Municipalidad Distrital de Conchán (MDC, 2019) se genera 97 t de residuos sólidos cada año, es decir una producción diaria de 0,27 t.

Actualmente, los residuos sólidos de la población de Conchán son colocados en un botadero informal, localizado en el sector el Arenal, a un trayecto aproximado de 1,89 km de la ciudad, este lugar no cumple con los criterios establecidos por la normativa nacional, y no hay estudios que sugiera un área adecuada para la correcta disposición de residuos sólidos en el distrito, además, al no contar con una instalación de disposición final adecuada no hay tratamiento de los lixiviados e impermeabilización del suelo, lo cual podría estar ocasionando contaminación de agua superficial y subterránea, deterioro del suelo, contaminación del aire y afectación de la salud de las personas aledañas al lugar del botadero.

Bajo este contexto, es necesario localizar sitios idóneos para instalar un relleno sanitario en la ciudad de Conchán, para esto los sistemas de información geográfica son

una herramienta eficaz que permite ponderar especialmente múltiples criterios físicos, ambientales y demográficos (evaluación multicriterio), para la identificación de zonas apropiadas para las instalaciones de disposición final de residuos sólidos.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la localización óptima de relleno sanitario según la evaluación multicriterio con sistemas de información geográfica (SIG) en el distrito de Conchán, provincia Chota, Perú?

1.3. Justificación de la investigación

El estudio prueba su valor en el aporte científico y técnico para lograr determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Conchán, mediante la evaluación multicriterio en sistemas de información geográfica, utilizando como herramienta el model builder.

Una adecuada ubicación para el establecimiento de un relleno sanitario reduce el riesgo de enfermedades a la población aledaña, disminuye la contaminación del agua (subterráneas y superficiales), contaminación del suelo y del aire; además los gastos en transporte, operación y mantenimiento se reducen., garantizando el equilibrio del ecosistema.

En la actualidad una herramienta esencial para procesos de selección y localización de sitios son los Sistemas de Información Geográfica, mejorando la toma de decisiones y concediendo la disposición simultánea a grandes cantidades de datos.

Es por ello surge el interés de esta investigación con el propósito de identificar áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario utilizando los SIG, para la disposición final apropiada de residuos sólidos como parte de una gestión adecuada.

Además, este estudio se transformará en un referente para otros estudios, ya que esta investigación se basa en métodos y teorías que van a originar productos que teóricamente son lineamientos para el lugar óptimo de un relleno sanitario en el distrito de Conchán, siendo una herramienta práctica, útil y de fácil interpretación por los tomadores de decisiones, así como pobladores en general, con el fin de corregir aparte de optimizar la gestión de los residuos, de esta manera brindar una alternativa innovadora y actual, por ende una calidad de vida digna para los habitantes del distrito de Conchán.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la localización óptima de un relleno sanitario aplicando evaluación multicriterio en sistemas de información geográfica en el distrito de Conchán.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Elaborar una base de datos ráster estandarizada de las variables consideradas como criterios para la localización de sitios óptimos para el establecimiento de un relleno sanitario en el distrito de Conchán.
- Desarrollar un modelo para el emplazamiento óptimo de un relleno sanitario a través de la herramienta model builder en ArcGIS.
- Elaborar mapas de los lugares que cumplan con los lineamientos para la localización óptima de un relleno sanitario en el distrito de Conchán.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En América Latina la evaluación multicriterio en SIG ha sido ampliamente usada con el objetivo de localizar sitios adecuados para la construcción de rellenos sanitarios, por ejemplo.

Giménez y Cardozo (2012) teniendo en cuenta la resolución de la Secretaría del Medio Ambiente (SEAM) N° 282, aplicó los criterios para la elección de áreas para la instalación de rellenos sanitarios. como topografía, distancia carreteras, distancia a cuerpos hídricos, distancia a aeropuertos, distancia a al casco urbano, facilidad de acceso, tamaño del área, vida útil mínima, distancia a la vivienda más próxima, Alcanzaron crear mapas temáticos para comprender mejor las áreas desarrollando un modelo cartográfico que expresa los datos de entrada, procedimientos espaciales utilizado por SIG y un valor de peso de 0 para áreas no aptas y un valor de peso de 1 para áreas aptas, las cuales fueron asignadas a cada criterio. Seleccionaron, seis parcelas con condiciones óptimas para la disposición final adecuada de los residuos sólidos, en el distrito de Minga Guazú, zona metropolitana del Alto Paraná-Paraguay con superficies; de 16 a 28 ha.

Saldaña y Nájera (2019) su investigación les permitió identificar las mejores áreas en el municipio de Tepic, México, para ubicar un relleno de desechos sólidos. Se realizó un análisis espacial del municipio de acuerdo con los estándares de la Norma Oficial Mexicana. El municipio de Tepic cuenta con características adecuadas para la instalación de un relleno sanitario en un 5,4 % de la superficie (9090, 8 ha), mientras que el 94,6 % restante tiene al menos una característica que lo limita.

Cobos *et al.* (2017) identificaron sitios potenciales para un relleno sanitario, en Ecuador- provincia del Azuay, utilizando los SIG (análisis multicriterio con combinación lineal ponderada), para la evaluación de diferentes criterios, se consideró una misma escala de valoración, utilizando valores en una escala del 1 al 10, donde 1 hace referencia a la menor valor con respecto al sitio adecuado, 5 una valor intermedio y 10 el valor más alto, así como también éstas ponderaciones fueron adaptadas a porcentajes sobre el 100% ,en consecuencia, la distancia a los cuerpos de agua representó el 26% de los criterios evaluados, seguido por la precipitación con un 18%, la permeabilidad del suelo y la estabilidad del suelo ambos representó un 15% cada uno, la distancia a las áreas urbanas comprendió el 9%, mientras que la distancia al material de cobertura representó el 7%, la inclinación de la superficie del terreno es considerada una ponderación de 5% y, la distancia a carreteras representó 3%, por último el uso del suelo representó el 2%. En el resultado del análisis multicriterio se tuvo en cuenta solo las áreas con valores de 7, 8 y 9, de las cuales los sitios con una calificación de 7 fueron las más grandes en términos de extensión, mientras que las áreas con una puntuación de 9 fueron las más pequeñas, dando como resultado 42 ha (11%) de toda la extensión de la provincia con circunstancias idóneas para la infraestructura del relleno sanitario.

Bustamante (2020); identificó zonas con potencial para la futura construcción de un relleno sanitario en Ecuador (Cantón Santa Rosa, provincia El Oro) a través de un análisis multicriterio, el peso para cada criterio se calificó 1-5-10, donde 1 representó el puntaje más bajo para el establecimiento de relleno sanitario, 5 un puntaje promedio y 10 se consideró el puntaje más alto, a cada parámetro también se le asignó un porcentaje de

influencia basado en 100%, donde la distancia a los cuerpos perennes se consideró en un 30%, la profundidad del acuífero en un 10%, la inclinación del terreno en un 10%, la textura del suelo en un 5%, la permeabilidad en un 5%, la distancia a instituciones educativas en un 10%, la distancia a centros de salud en un 10%, uso de suelo representó el 10% y la distancia en las ciudades correspondió también al 10%, y se combinaron las líneas de ponderación considerando la influencia de cada parámetro. Como resultado se estableció que 15 ha (10%) de la extensión total del cantón Santa Rosa (Ecuador) presenta escenarios adecuadas para ubicar un relleno sanitario.

Duarte-Casas y Parra-Montero (2021) en su investigación verificaron sitios adecuados para nuevos rellenos sanitarios en los municipios de Mosquera y Bojacá, Colombia, utilizando SIG para realizar un análisis multicriterio y crear un modelo utilizando Model Builder. tomando en cuenta deslizamientos de tierra, áreas rurales y urbanas, amenazas a escuelas, lagunas, humedales y embalses, ríos y arroyos, canales y sistemas simples de drenaje, cobertura del suelo, densidad de población urbana y rural, áreas turísticas, caminos rurales y urbanos. Se realizó un geoprocesamiento y clasificó cada variable del 1 al 10, siendo 1 el área menos adecuada, 10 la zona más adecuada, dando como resultado 3 las zonas idóneas con superficies superiores a 77 hectáreas.

Iñiguez *et al.* (2020) realizaron la localización de áreas idóneas para un relleno sanitario de tipo mecanizado, en el Cantón Arenillas (Ecuador), a través del análisis multicriterio y consideraciones de riesgo; teniendo en cuenta criterios como: distancia a centros poblados, pendiente, distancia a vías de acceso, distancia a cuerpos hídricos, distancia a aeropuerto, fallas geológicas, y áreas naturales protegidas. Se asignó dos

valores de reclasificación: 0 = lugares no óptimos y 1= lugares óptimos. Estos valores sirvieron para ponderar cada uno de los criterios, también se realizó el cálculo del área que se necesita para la colocación final adecuada de restos sólidos, necesitando un total de 11 ha, para una proyección de población hasta el año 2042. Identificando así en el rango de 11 ha a 50 ha : 22 zonas óptimas, de 50 ha a 100 ha : cinco áreas óptimas, y de 100 ha a 140 ha : cinco áreas óptimas, haciendo un total de 2173 ha idóneas para el emplazamiento de un relleno sanitario.

En otros estudios se utilizó un análisis jerárquico (AHP) en SIG, por ejemplo:

Chida (2020) en Napo (Ecuador), hizo uso de evaluación multicriterio mediante SIG para ubicar posibles sitios para un relleno sanitario, considerando criterios como: proximidad al aeropuerto, cercanía a las carreteras, permeabilidad, distancia a las viviendas, distancia a los cuerpos de agua, inclinación del terreno, susceptibilidad a inundaciones y profundidad del agua subterránea. Cada criterio se ponderó mediante el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP). Consecutivamente se manipuló la herramienta Weighted Overlay, combinando todos los niveles estandarizados (1-9) y ponderados, de esta manera se generó un mapa con los sitios aptos para relleno sanitario. Como resultado, 361,13 ha (0.09%) de la extensión del sitio en estudio, tenía un relevante potencial para la construcción de rellenos sanitarios. Considerando el área de 7 ha que se necesita para el relleno sanitario, se seleccionaron 13 ubicaciones como alternativas, pero solo se recomendaron seis áreas como las más adecuadas desde una perspectiva económica, social y medioambiental.

Gordillo (2019) en el Cantón Naranjal-Guayaquil, mediante el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) basado en SIG, tuvo en cuenta criterios como: proximidad a cuerpos de agua, precipitación, distancia a áreas naturales protegidas, distancia a centros poblados, inclinación del terreno, distancia a fallas geológicas activas, permeabilidad del suelo, cercanía a carreteras, realizando una ponderación de 1,5 y 10, y realizando una combinación de capas se calculó que, de las 173 207,37 ha de superficie del Cantón, tan solo 31 956,43 ha presentaron espacios adecuados para la ubicación de esta infraestructura, a partir de este resultado, se seleccionaron las áreas que se encuentran más cercanas a donde se genera mayor cantidad de residuos sólidos, dado que la localización de estas áreas optimiza el servicio de recolección, se seleccionaron 3340,2 ha de 31956,43 ha.

Belcázar (2019) llevó a cabo la localización de un relleno sanitario en las subregiones norte y oriente del Valle del Cauca - Colombia teniendo en cuenta los criterios de distancia a red hídrica, distancia a centros poblados, cantidad de población municipal, distancia a aeropuertos, distancia a vías de acceso, producción de residuos sólidos, ocupación de suelos, textura del suelo, distancia a fallas geológicas, pendiente, PH, precipitación y permeabilidad, para ello se utilizó la Evaluación Multicriterio (EMC) mediante el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), se ponderó con valores de 0, 1, 5 y 10 desde el menos óptimo hasta el más óptimo, para los datos obtenidos de fuentes locales y fuentes nacionales, obteniendo gdos áreas potenciales ubicadas en los municipios de Toro (área 35 ha) y Obando (área 50 ha).

En el Perú, el análisis multicriterio en SIG ha evidenciado ser un instrumento eficaz para la ubicación de sitios idóneos para instalar rellenos sanitarios.

Espejo (2018), utilizó los lineamientos del MINAM en Amazonas- distrito de Chachapoyas, y tuvo en cuenta criterios de localización de lugar adecuado, como: inclinación del terreno, distancia a población urbana y rural, distancia a vías de acceso, bosques, hidrología , distancia a aeropuerto y el espacio que se necesita para la establecimiento de la infraestructura, cada criterio se ponderó con 0 (lugares no óptimos) y 1 (lugares óptimos), a través de la superposición de capas a cada criterio se lograron localizar cuatro sitios óptimos en el área de estudio de 3,1 ha y 60,43 ha.

Del mismo modo, Paredes (2018) en la localidad de Sandia – Puno, siguiendo los lineamientos del MINAM y con ayuda del análisis espacial SIG , se determinaron los lugares idóneos para la infraestructura final de residuos sólidos, para ello a cada criterio de selección de sitio, se asignó ponderaciones del 1 al 5, partiendo de muy malo =1, malo = 2, regular =3, bueno =4 y muy bueno =5 y un peso en porcentaje basándose en el 100%, luego se realizó la superposición de capas y también se determinó el espacio necesario para un relleno sanitario con una proyección de 10 años obteniendo 2,05 ha, como resultado se identificó tres opciones Kallpapata, Aricato y Queneque, todas las opciones evaluadas no cumplen al 100% los criterios tomados en cuenta de acuerdo al D.S. N° 014 – 2017 – MINAM, no obstante, priorizó las zonas con características propicias para construir un relleno sanitario y deduciendo que la mejor opción para construir es (Aricato).

En el distrito Las Pirias – Provincia de Jaén, Loyaga (2019), determinó mediante SIG las mejores zonas para el emplazamiento de un relleno sanitario, utilizando

evaluación multicriterio y los estándares establecidos por el MINAM (2011), como: fallas geológicas, pendiente, infraestructura existente , hidrología, centros poblados, vías de acceso , sitios arqueológicos, a los cuales se realizó ponderaciones de 0 (sitios no aptos), 1 (sitios óptimos) y 2 (sitios aceptables), a través de la superposición de capas y calculando el área requerida para el relleno sanitario, se lograron identificar dos áreas óptimas y 13 áreas aceptables para el establecimiento de un relleno sanitario en el territorio estudiado, cada una de ellas con una superficie mayor a 2 ha y cumpliendo con todos los criterios de evaluación.

Altamirano (2019), en San Ignacio - distrito de Chirinos, utilizó el análisis espacial en SIG mediante evaluación multicriterio para determinar posibles áreas para el emplazamiento de la infraestructura de disposición final, tomando como base los lineamientos señalados por el Ministerio del Ambiente (MINAM), como: infraestructura existente, centros poblados, hidrología, pendiente, fallas geológicas, carreteras, sitios arqueológicos .La asignación de ponderaciones permitió clasificar con: 0: a las zonas que no cumplieron con los lineamientos y con 1: las que sí los cumplieron: cuando superpusieron las capas lograron identificar seis áreas posibles con una extensión total de 34,71 ha, posteriormente tomando en cuenta que el espacio que se requería para la instalación del relleno sanitario era mínimo de 1 ha, se descartó tres áreas, quedando tres opciones para dicha infraestructura, en la cual la alternativa más óptima fue la dos, por representar zonas más cercanas de distrito de Chirinos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Residuos sólidos

Para OEFA (2014); un residuo sólido es un producto o subproducto en estado sólidos o semisólido, también puede ser una sustancia, generado en diferentes actividades diarias y que su generador desecha porque considera que carece de algún coste monetario, comúnmente se le suele llamar basura.

2.2.2. Relleno sanitario

Según el OEFA (2014) significa infraestructura y/o instalaciones para la depósito final de residuos sólidos de manera salubre y segura.

Carballo (2019), los residuos sólidos se eliminan mediante la tecnología de relleno sanitario, el método emplea principios de ingeniería para confinar los residuos sólidos en un área de menor tamaño posible antes de cubrirlos con tierra. La instalación tiene un sistema de control de gases y un sistema de recolección de lixiviados producidos por la compresión de los residuos sólidos, lo que protege tanto a la población como al medio ambiente.

Ascanio (2017) afirma que la disposición final de residuos sólidos en el suelo es la técnica más adecuada debido a que minimiza los impactos ambientales negativos y protege las condiciones de vida de las poblaciones durante y después de su funcionamiento.

2.2.2.1. Tipos de rellenos sanitarios. Según el reglamento de la Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.S. N° 014 – 2017 – MINAM), los rellenos sanitarios se clasifican de la siguiente manera:

- Relleno sanitario operado manualmente con una capacidad de procesamiento diario máxima diaria de seis (06) toneladas.
- Relleno sanitario semimecanizado con capacidad de procesamiento diario igual o mayor a seis (06) toneladas hasta cincuenta (50) toneladas.
- Relleno sanitario mecanizado con facultad de procesamiento diario superior a cincuenta (50) toneladas.

2.2.3. Criterios para el estudio de selección de área de disposición final de residuos sólidos

En seguida, se presentan algunos de los criterios fundamentales que se deben considerar en la investigación de localización de áreas, según Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011), el (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017)

2.2.3.1. Ubicación del área para futuro relleno sanitario. Tiene que estar apartado al menos a 500 metros de poblaciones, granjas porcinas, avícolas, etc. En casos excepcionales y conforme con lo establecido en el informe ambiental, la Autoridad Ambiental permitirá dicha construcción a un alejamiento inferiores a 500 m, en función de los riesgos posibles que afecte la calidad de vida o seguridad pública (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.2. Disponibilidad de material de cobertura. Los rellenos sanitarios deberían construirse en lugares donde cuenten con la mayor cantidad posible de material

de cobertura(tierra). Si no hay suficiente tierra en el lugar o no es posible excavar, se debe conseguir el material de cobertura en un lugar cercano y accesible, basándose en el precio de transporte (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.3. Vida útil. El sitio para relleno sanitario debe tener como mínimo una capacidad para cinco años, de manera que su vida útil pueda ser compatible con labores de mantenimiento, adecuación, instalación e infraestructura (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.4. Vías de acceso. Lo ideal sería que la ubicación del lugar este cerca de la ciudad a servir, tuviera buena comunicación por carretera o camino corto sin asfaltar y que sea accesible todo el tiempo. (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.5. Topografía. El relleno sanitario es posible diseñar y operar en todo tipo de terreno. Pero se recomienda elegir aquellos terrenos donde se aproveche mejor el volumen por hectárea (suelos planos o con pendiente moderada) con pendientes del 4 % al 25% (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.6. Condiciones climáticas. La dirección del viento predominante deberá dirigirse preferentemente desde la zona urbana hacia la zona del relleno sanitario. Si esto no es posible, se deben adoptar medidas como plantar árboles y plantar vegetación densa

alrededor de la infraestructura (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.7. Geología. Los contaminantes pueden penetrar el suelo y llegar a los acuíferos, contaminando el suelo y convirtiéndose en su medio de transporte. Por lo cual, es sustancial saber el tipo de suelo (capas del suelo) del lugar para el relleno sanitario. El terreno sedimentario arcilloso y no tenga buen drenaje son los más favorables para dicha infraestructura debido a que reducen significativamente la infiltración de líquidos contaminantes. Por otro lado, este tipo de suelo es de fácil manejo y se puede utilizar como material de cobertura. El área identificada no debe estar ubicada sobre o cerca de fracturas geológicas o zonas de peligro para la estabilidad (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.8. Hidrología. La calidad del medio ambiente dentro del área de influencia no debe ser afectada, considerando el uso de áreas donde no exista agua superficial a una distancia de al menos 500 m del margen del relleno sanitario y tampoco agua subterránea a 20 m de la base de la infraestructura (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.9. Preservación del patrimonio arqueológico. La protección del legado arqueológico es muy importante, por eso el sitio para relleno sanitario no debe estar cerca de un área que forme parte de una zona arqueológica. En caso se encuentre patrimonio arqueológico, se convierte en un criterio limitante para la ubicación (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.10. Preservación de áreas naturales protegidas. Es importante que el sitio propuesto no impacte áreas naturales protegidas por el gobierno. En caso se encuentre áreas naturales protegidas, se convierte en un criterio limitante para la ubicación (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.11. Fallas geológicas, inestables o inundables. El lugar previsto para la construcción del relleno sanitario debe estar geológicamente intacto y no debe estar ubicado en una zona inestable o en el cauce de un río donde exista riesgo de deslizamientos o inundaciones. De existir fallas geológicas, debe estar a una distancia de al menos 1000 m del relleno sanitario (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.3.13. Compatibilidad con infraestructura de otros sectores. La zona propuesta para la construcción y uso del relleno sanitario deberá ubicarse a ≥ 500 metros de las zonas donde se encuentren infraestructuras tales como: instituciones educativas plantas hidroeléctricas, represas, refinerías de petróleo, embalses (D.S. N°-014-2017-MINAM, 2017) y (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

2.2.4. Sistemas de información geográfica

Estas herramientas facilitan la integración de una variedad de fuentes de información, incluidas bases de datos, mapas, fotografías aéreas, estadísticas de hojas de cálculo, imágenes satelitales y muchas otras. Para simplificar la toma de decisiones, estas fuentes se pueden utilizar juntas o combinadas con herramientas de análisis espacial y gestión de base de datos de georreferencia (Santos, 2020).

Según Erazo (2016), los SIG almacenan y analizan información espacial, mejorando la eficacia y eficiencia de las actividades cartográficas tanto en la gestión y procesamiento de datos, como en la determinación de condiciones y alternativas de respuesta a circunstancias identificadas localmente.

La tecnología de los SIG, es usada en todo el mundo debido a que es aplicable a todos los campos del conocimiento, con el fin de resolver problemas y preguntas, cuyas respuestas son manejadas de manera independiente o dentro de una organización determinada (Erazo, 2016).

2.2.4.1. Componentes de los Sistemas de Información geográfica. Según Olaya (2014), está conformado por cinco factores que se detalla a continuación.

- **Datos.** Los datos son el componente básico requerido para las operaciones SIG y contienen la información geográfica necesaria para estos.
- **Métodos.** Son una agrupación de técnicas y métodos a empleados a los datos.
- **Software.** Para procesar los datos y poner en práctica las técnicas antes mencionadas es oportuna una aplicación de procesamiento de datos.
- **Hardware.** El equipo que se necesita para elaborar el software.
- **Personas.** Están a cargo de crear y manejar el software.

2.2.4.2. Evaluación multicriterio (EMC). Es un conjunto de métodos destinados a ayudar en el proceso de toma de decisiones. El objetivo principal es examinar una variedad de opciones basadas en una variedad de objetivos y criterios en conflicto (Principi,2017).

El Análisis de decisiones multicriterio utilizando SIG permitirá la construcción, diseño, evaluación y priorización de diferentes opciones de toma de decisiones (Malczewski, 2006).

Los métodos EMC forman un conjunto de procesos matemáticos diversos que posibilitan la medición más precisa de la efectividad relativa de cada conjunto de soluciones a un problema específico. La evaluación se realiza considerando varios criterios, los cuales evalúan de manera autónoma la solución. Por otro lado, estos métodos nos permiten considerar diferentes enfoques o perspectivas ante un mismo problema, con el fin de realizar una evaluación que tenga en cuenta posibles enfoques conflictivos ante un mismo problema (Gonzales y Minga, 2010).

Según Bosque y García (2000), lo más habitual es que EMC utilice SIG para seleccionar las ubicaciones más adecuadas para emplazar la actividad humana. Manejando una serie de criterios que pueden considerarse eventos que influyen en la efectividad y relevancia de la decisión.

2.2.4.3. Herramienta Model Builder. Es una herramienta para desarrollar, editar y gestionar modelos, un modelo es un flujo de trabajo que vincula una serie de herramientas de geoprocésamiento y utiliza la salida de una herramienta como entrada de otra, Model Builder se puede utilizar para desarrollar flujos de trabajo en el entorno ArcMap y, a menudo, se lo denomina lenguaje de programación visual o gráfico.

Las ventajas de manejar Model Builder se pueden resumir de la siguiente manera:

- Model Builder, es aplicación fácil de usar y se basa en la elaborar y establecer flujos de trabajo que contiene herramientas de unión de comandos.
- Admite generar un modelo incorporando y vinculando datos y herramientas.
- Brinda la posibilidad de procesar de forma repetitiva cada clase de entidad, ráster, archivo o tabla de un espacio de trabajo.
- Visualice flujos de trabajo en diagramas fáciles de interpretar.
- Puede ejecutar el modelo como un todo o paso a paso hasta el paso seleccionado.
- Permite transformar modelos en herramientas de geoprocésamiento compatibles (ESRI,2016).

2.2.4.4. Análisis espacial. Al utilizar álgebra de mapas como herramienta de ArcGIS en el análisis espacial se puede superponer o combinar varios temas para encontrar ubicaciones potenciales para relleno sanitario. También, existe una herramienta de "constructor de modelos" que le permite combinar varias capas espaciales para lograr resultados específicos basados en un diseño determinado (Erazo, 2016).

Para ESRI (Environmental Systems Research Institute, 2018) con el análisis espacial, es posible resolver problemas difíciles basados en la localización, descubrir patrones, calcular tendencias y determinar juicios. El análisis espacial no pretende solo dibujar mapas, también proporciona el estudio de características de las ubicaciones y sus interrelaciones, proporcionando nuevas perspectivas para la toma de decisiones, permitiendo:

- Identificar vínculos.
- Comprensión y descripción de situaciones y lugares.

- Identificar y calcular patrones.
- Realizar predicciones.
- Encontrar los mejores lugares y rutas.

Buzai y Montes (2021) menciona que cinco ideas fundamentales, que se describe a continuación, forman la base del análisis espacial.

2.2.4.4.1. Localización. La ubicación del sitio se refiere a un área definida por un sistema de coordenadas geográficas fijas en el espacio y el tiempo y a partir del cual se asigna un valor cuantitativo preciso de ubicación (Buzai y Montes, 2021).

2.2.4.4.2. Distribución espacial. Se refiere a un conjunto de entidades del mismo tipo distribuidas de alguna manera en el espacio geográfico. Se trata de puntos, líneas o polígonos (áreas) en un sistema vectorial con varias propiedades asociadas, o pueden ser ubicaciones que constituyen áreas en un sistema ráster (Buzai y Montes, 2021).

2.2.4.4.3. Asociación espacial. Se enfoca en analizar las similitudes encontradas mediante la comparación de diversas distribuciones espaciales que actúan como áreas sistemáticas (áreas individualizadas mediante la homogeneidad de una variable) (Buzai y Montes, 2021).

2.2.4.4.4. Interacción espacial. Tiene en cuenta la estructura del espacio relacional, donde la ubicación (sitios), la distancia (ideal o real) y la conectividad (flujo) forman el núcleo de la definición de espacio funcional (Buzai y Montes, 2021).

2.2.4.4.5. Evolución espacial. Esta definición contempla la inclusión de una dimensión temporal mediante una transición persistente de un estado a otro (Buzai y Montes, 2021).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Botadero

El MINAM (2016) afirma que son sitios inadecuados de colocación final de residuos sólidos en la ciudad, en el campo o en terrenos baldíos, constituyendo un riesgo para el medio ambiente y la salud humana.

2.3.2. Georreferenciación

Acción de adquirir y establecer coordenadas geográficas a datos que no tienen dichas coordenadas (normalmente una capa). Generalmente se utiliza para situar imágenes de la tierra o un punto específico en la extensión terrestre (Pucha - Cofrep *et al.*, 2017).

2.3.3. Software ArcGis

Según la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS, 2011), es un sistema de información espacial multiusuario desarrollado por el Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales (ESRI) – sede California. Representa el desarrollo continuo de estos productos, incorporando los avances tecnológicos en informática y telecomunicaciones, experimentados durante la última década, para la recopilación, edición, análisis, diseño, publicación e impresión de datos geográficos.

2.3.4. Shapefile

Según ESRI (2016), un shapefile es un formato simple no topológico que se usa para acumular información sobre las ubicaciones geométricas y sus atributos. Se pueden usar puntos, líneas o polígonos (áreas) para representar los elementos geográficos de un shapefile.

2.3.5. Información tipo ráster

Según Mercado (2015) un archivo ráster es una matriz cuyas filas y columnas contienen celdas llamadas píxeles. Los mapas temáticos de pendientes, cobertura del suelo, erosión del suelo y clima se muestran comúnmente con este formato de representación gráfica, y se utiliza particularmente con fotografías aéreas e imágenes satelitales como insumo cartográfico.

2.4. Formulación de la hipótesis

En el distrito de Conchán es posible localizar por lo menos un área óptima para el establecimiento del relleno sanitario.

2.5. Operacionalización de variables.

2.5.1. Variables e indicadores.

Tabla 1*Variables e indicadores*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable dependiente	Área óptima para un relleno sanitario.	Polígono y coordenadas de localización	Software ArcGis 10.5.
Localización óptima de un relleno sanitario.		óptima de relleno sanitario.	Herramienta Model Builder
Variable independiente.			
Pendientes (4°-25°).		Ráster de pendientes (4°-25°).	
Distancia a vías de acceso (200-1200 m).		Ráster de distancias a vías.	Software ArcGis 10.5.
Distancia a zonas hidrológicas (≥ 1000 m).	Infraestructura de datos cartográficos	Ráster de distancias a red hídrica (≥ 1000 m)	Herramienta Model Builder
Distancia a fallas geológicas, áreas inestables (>1000 m).		Ráster de distancias a fallas geológicas, áreas inestables (>1000 m).	

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Distancia a centros poblados (>500).		Ráster de distancias a centros poblados	
Distancia a sitios arqueológicos (>2000 m)	Infraestructura de datos	(500-1000 m). Ráster de distancias a sitios arqueológicos (>2000 m)	Software ArcGis 10.5.
Capacidad de usos mayor de suelos	cartográficos	Suelos aptos para producción forestal y producción permanente	Herramienta Model Builder
Distancia a infraestructura existente (riego) (1000 m a 1500 m)		Ráster a infraestructura existente (1000 m a 1500 m).	

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

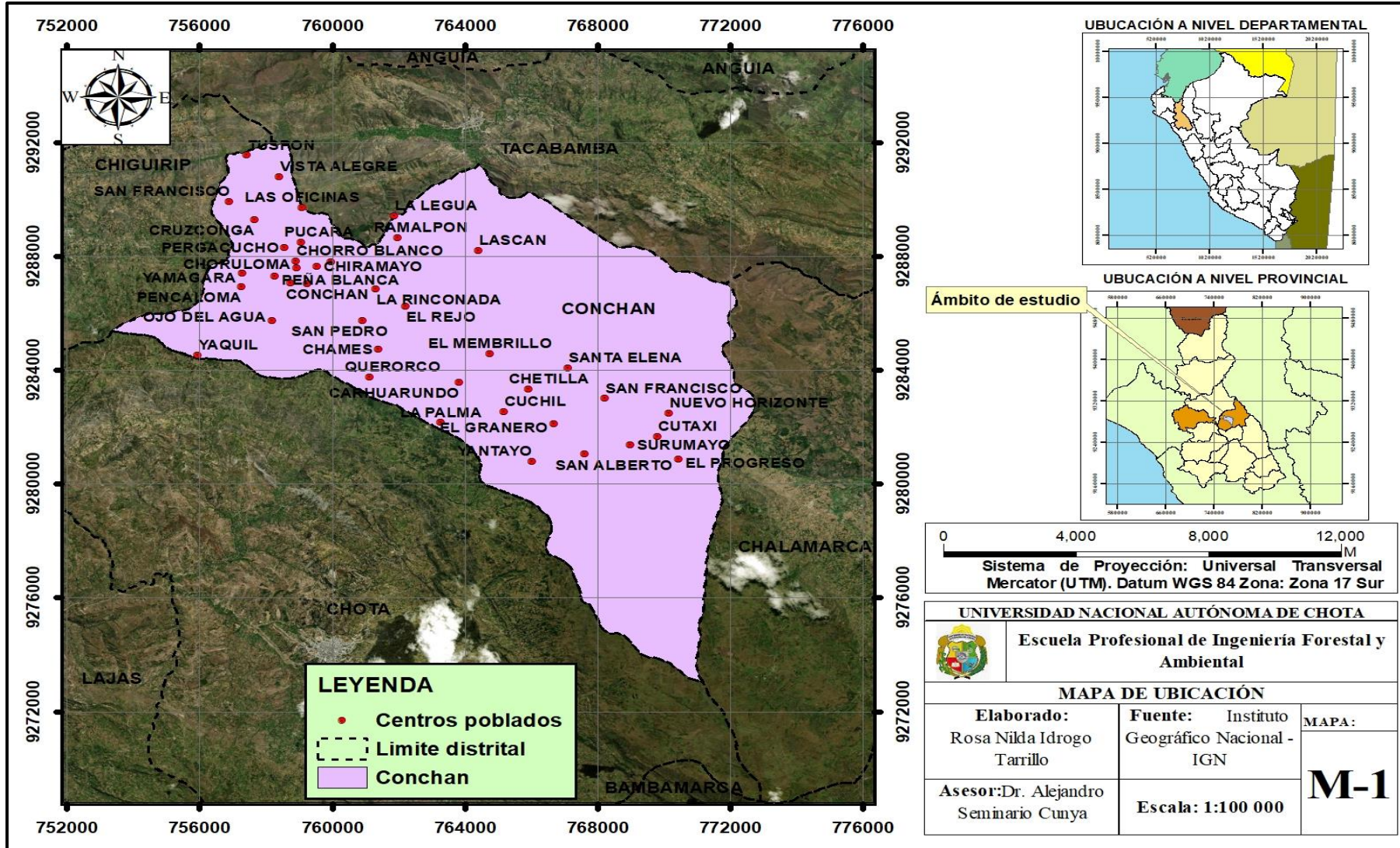
3.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el distrito de Conchán - provincia de Chota , Cajamarca - Perú. El distrito de Conchán tiene una expansión de 16 161,66 ha, limita con el distrito de Tacabamba al Norte, el distrito de Chiguirip al Noreste, el distrito de Chalamarca al Este y el distrito de Chota al Sureste (Figura 1).

El distrito de Conchán cuenta con 5 986 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e informática [INEI], 2019). La temperatura anual promedio es de 7 a 22 °C, algunas veces puede bajar a menos de 4°C o subir a más de 25°C (Silva,2021).

La mayor cantidad de precipitaciones ocurre en marzo y abril, con 106 mm/mes y 115 mm/mes, respectivamente. Las precipitaciones generalmente comienzan en diciembre y dura hasta abril, con una precipitación mensual promedio de 64,67 mm/mes. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI],2020).

Figura 1
Mapa de ubicación y localización del distrito de Conchán



3.2. Tipo y nivel de la investigación

La investigación fue de tipo descriptiva según Nicomedes (2018) el objetivo principal es recopilar información y datos sobre las características, rasgos, aspectos o dimensiones de un individuo, agente, institución o fenómeno específico.

3.3. Diseño de investigación

Debido a que no se controlaron variables y los fenómenos se estudiaron tal como se presentan naturalmente, el diseño de la investigación fue no experimental, evaluando las variables y la relación que existe entre ellas, considerando la temporalidad, es de tipo transversal, porque el estudio se aplicó una sola vez en el tiempo (Hernández *et al.*, 2018).

3.4. Métodos de la investigación

La naturaleza del estudio fue descriptiva con una perspectiva cualitativa no experimental. Se utilizaron técnicas científicas de observación para recopilar datos basados en evidencia real del entorno. Además, se evaluó la utilidad de las características físicas del área de estudio. No experimental en el sentido que no se experimenta ningún fenómeno.

3.5. Población y muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población fue el área general de la superficie del distrito de Conchán de aproximadamente de 16 161,66 ha.

3.5.2. Muestra

En este caso en particular, con el propósito de localizar áreas idóneas para el establecimiento de relleno sanitario, la muestra se efectuó en todo el distrito de Conchán, porque fue necesario evaluar el distrito de manera integral y por la naturaleza de la metodología que utiliza información cartográfica e imágenes satelitales que cubren extensas áreas, la definición de la muestra concuerda con metodologías utilizadas por Uscamayata (2021) y Ramos (2019), quienes también evaluaron toda el área de la población.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

3.6.1.1. Recopilación de información secundaria (documentos). La recopilación de información se realizó utilizando documentos de referencia, libros y bases de datos relacionados con el tema, así como sitios web de instituciones como la Municipalidad del Distrito de Conchán y el Ministerio de Medio Ambiente. Además, se utilizó la guía de diseño, construcción, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual, así como el D.S. N° - 014-2017-MINAM, de 2017, que estableció los criterios para identificar las áreas apropiadas para la infraestructura de disposición final de residuos sólidos en el distrito de Conchán.

3.6.1.2. Observación. Recopilación de información en el campo de las zonas óptimas mediante la observación para corroborar los datos obtenidos en gabinete.

3.6.2. Instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron fueron los siguientes:

3.6.2.1. Base de datos. La información espacial se descargó de fuentes oficiales disponibles por INGEMMET, MINAM, MINEDU, MTC, INC, ANA, IGN, ZEO-OT – GRC: La información descargada de los portales web sirvió para generar las capas especializadas de las variables físicas, biológicas, socioeconómicas para poder realizar el análisis multicriterio y la generación de un modelo cartográfico que sirva de instrumento guía para futuros proyectos que se planteen ejecutar en el distrito de Conchán.

3.6.2.2. Sistema de posicionamiento global (GPS). En la fase de in situ se utilizó un dispositivo de navegación GPS para confirmar las coordenadas de cada sitio apto para relleno sanitario.

3.6.2.3. Cámara fotográfica. Permitió registrar imágenes que se utilizará como fuentes de verificación del trabajo de investigación.

3.6.2.4. Ficha de registro de datos. Se utilizó con la finalidad de recopilar información concerniente a la presente investigación (ver anexo 1).

3.6.2.5. Laptop hp Core i7. Para procesar la información mediante el análisis multicriterio utilizando el software ArcGIS de acceso libre.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.7.1. Procesamiento

El procedimiento para el diseño y construcción del modelo geoespacial en Model Builder para la localización idónea de un relleno sanitario fue el siguiente:

3.7.1.1. Fase inicial

Paso 1: Recopilación de información. En la fase de recopilación de información se recolectó los datos correspondientes a cada variable: centros poblados, sitios arqueológicos, vías de acceso, pendientes, fallas geológicas, hidrología, capacidad de uso mayor de suelo e infraestructura, estos datos provinieron de información secundaria (documentos técnicos, publicaciones científicas, etc.) a través de geoservidores disponibles en la web de las diferentes instituciones como: INGEMMET, MINAM, MINEDU, MTC, INC, ANA, IGN, ZEO-OT – GRC, como se puede visualizar en la Tabla 2, además de consulta directa a especialistas de la Municipalidad Distrital de Conchán.

Tabla 2

Fuentes de obtención de datos para cada criterio

Variable	Fuente	Método de incorporación
Límites: regional, provincial y distrital	Instituto Geográfico Nacional - IGN	Formato digital .shp
Pendiente	ZEE - OT Cajamarca - Gobierno Regional de Cajamarca – GRC	Formato digital .shp

Variable	Fuente	Método de incorporación
Vías de acceso	Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC	Formato digital .shp
Hidrología	Autoridad Nacional del Agua – ANA	Formato digital .shp
Centros poblados	Instituto Geográfico Nacional - IGN	Formato digital .shp
Fallas geológicas	Instituto Geológico Minero, Metalúrgico INGEMMET	Formato digital .shp
Sitios arqueológicos	Instituto Nacional de Cultura - INC	Formato digital .shp
Capacidad de uso mayor de suelos	ZEE - OT Cajamarca - Gobierno Regional de Cajamarca - GRC	Formato digital .shp
Infraestructura	Ministerio de Educación- MINEDU	Formato digital .shp

Nota. En la presente tabla se evidencia las fuentes de donde se adquirió los datos para la investigación.

Paso 2: Generación y adecuación de la información cartográfica. Luego de la recopilación de información se efectuó el análisis y estandarización de dicha información recolectada, verificación de proyecciones UTM zona 17 sur, escalas 1:100 000. La información cartográfica a nivel de reconocimiento, se realizó un análisis inicial de la calidad de los datos para facilitar el posterior proceso de ajuste cartográfico, para lograr

un nivel semidetallado de la cartografía, es decir será uniformizada y adecuada a las necesidades del presente estudio.

Paso 3: Generación de la base de datos: Se inició con la construcción del modelo geoespacial, elaborando una geodatabase, para determinar las mejores ubicaciones para el emplazamiento del relleno sanitario.

Paso 4: Criterios de calificación. Se establecieron los criterios de clasificación de acuerdo a lo establecido en la guía del MINAM e investigaciones como Loyaga (2019), el cual sustenta que se establece ponderación de los criterios, categorías y escala a evaluar con el objetivo de brindar a las municipalidades una herramienta ágil para la identificación de sitios convenientes para relleno sanitario, utilizando sistemas de información geográfica.

Tabla 3

Ponderación de los criterios, categorías y valores a evaluar

Criterio	Categoría	Escala	Valor
Pendiente	No óptima	<4% y >50%	0
	Óptima	4% - 25%	1
	aceptable	25% - 50%	2
Distancia a vías de acceso	No óptima	< 200 m	0
	Óptima	200 – 1200 m	1
	aceptable	> 1200 m	2
Distancia a hidrología	No óptima	<500	0
	Óptima	≥ 1000 m	1
	aceptable	500 - 1000m	2

Criterio	Categoría	Escala	Valor
Distancia a Centros Poblados	No óptima	<5000 m	0
	Óptima	500-1000m	1
	aceptable	>1000m	2
Distancia a fallas geológicas	No óptima	<500m	0
	Óptima	>1000m	1
	aceptable	500- 1000m	2
Distancia a sitios arqueológicos	No óptima	<1000m	0
	Óptima	>2000m	1
	aceptable	1000-2000m	2
Capacidad de uso mayor de suelo	No óptima	Xse/F- P2se(t)-Xse/t- cuerpo de agua- casco urbano	0
	Óptima	F2se/F- F2se-P2se(t)/E- F2sec/E	1
	Aceptable	P2sec(t)/D-A2sec(r) /C - A2i (r)/C – A3sec (r)- Xsec/E	2
Distancia a Infraestructura	No óptima	<500m	0
	Óptima	500- 1000m	1
	aceptable	>1000m	2

Nota: En la presente tabla se muestra la ponderación de los criterios, categorías y escala a evaluar adaptados de la guía del MINAM.

3.7.1.2. Fase de análisis espacial

3.7.1.2.1. Elaboración de capas especializadas de los criterios a utilizar.

Paso 5. Teniendo como base el polígono del límite distrital y un modelo de elevación digital (DEM) de 12,5m de resolución espacial, se delimitó el área de estudio sobre la cual se espacializó las capas que serán utilizadas como criterios para localizar sitios apropiados para relleno sanitario. El ráster de pendientes se generó mediante la herramienta *Slope*, los ráster de distancias a través de la herramienta *Euclidean distance* y el ráster de capacidad de uso mayor de suelo a través de la herramienta *Polygon to raster* de ArcGIS (Tabla 4).

Tabla 4

Herramientas de procesamiento para la elaboración de las capas espacializadas de las variables a utilizar

Variable de entrada	Variable de salida	Herramientas de procesamiento	Categoría	Escala	Valor
DEM	Pendiente	Slope Reclassify	No óptima	<4% y >40%	0
			Óptima	4% - 25%	1
			aceptable	25% - 50%	2
Vector de líneas de vías de acceso	Distancia a vías de acceso	Euclidean Distance Reclassify	No óptima	< 200 m	0
			Óptima	200 - 1200 m	1
			aceptable	> 1200 m	2
Vector de líneas de la hidrografía	Distancia a hidrología	Euclidean Distance Reclassify	No óptima	<500 m	0
			Óptima	≥ 1000 m	1
			aceptable	500 - 1000 m	2
Vector de puntos de centros poblados	Área de influencia directa centros Poblados.	Euclidean Distance Reclassify	No óptima	<5000 m	0
			Óptima	500-1000m	1
			aceptable	>1000m	2
Vector de líneas de fallas geológicas	Distancia a fallas geológicas	Euclidean Distance Reclassify	No óptima	<5000m	0
			Óptima	>1000m	1
			aceptable	500- 1000m	2
Vector de puntos de sitios arqueológicos	Área de influencia directa a sitios arqueológicos	Euclidean Distance Reclassify	No óptima	<1000m	0
			Óptima	>2000m	1
			aceptable	1000-2000m	2
Vector de polígono capacidad de uso mayor de suelo	Capacidad de uso mayor de suelos	Polygon to raster Reclassify	No óptima	Xse/F- P2se(t)-Xse/t- cuerpo de agua-casco urbano	0
			Óptima	F2se/F- F2se- P2se(t)/E- F2sec/E	1
			Acceptable	P2sec(t)/D-A2sec(r) /C - A2i(r) /C - A3sec(r) - Xsec/E	2
Vector de puntos de infraestructura	Distancia a Infraestructura	Euclidean Distance Reclassify	No óptima	<500m	0
			Óptima	500- 1000m	1
			aceptable	>1000m	2

Nota: La espacialización de las variables se realizó utilizando el software ArcGIS, en formato ráster, con una resolución espacial de 12.5 m.

3.7.2. *Análisis e interpretación de datos*

Se llevó a cabo la localización de las zonas idóneas para la localización del relleno sanitario utilizando la técnica de evaluación multicriterio mediante la herramienta *Weightted Overlay* de ArcGIS.

Se obtuvo un ráster con valores de ponderación 0, 1 y 2 donde 0 = no óptimo, 1 = óptimo y 2 = aceptable. Las áreas con valor 0, representan zonas no óptimas, 1 representa las áreas óptimas y 2 representa las zonas aceptables para el emplazamiento de un relleno sanitario, de acuerdo con los criterios establecidos en el D.S. 014-2017 –MINAM y la "guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios manuales".

En este análisis, la hidrología y distancia a vías de acceso; son consideradas como las variables de mayor influencia sobre la localización de sitios idóneos para la infraestructura de disposición final, a la cual se asignó una ponderación de 16%, las variables de pendiente capacidad de uso mayor de suelo se consideró una ponderación de 15%, la variable de distancia a centros poblados, variables de distancia a fallas geológicas y distancia a sitios arqueológicos una ponderación de 10% y por último las distancias infraestructuras con un 8% de ponderación. Al ponderar todas las variables se logró determinar la mejor zona para ubicar un relleno sanitario.

Posteriormente, el ráster se convirtió en un formato vector de polígono y se determinó la extensión en hectáreas de cada polígono identificados como zonas óptimas y aceptables para el relleno sanitario. Para ello se determinó el área necesaria para

construir un relleno sanitario con una proyección de diez años, basándose en datos como la población del distrito de Conchán y la cantidad de residuos producidos por cada persona al día. Los polígonos que tuvieron el área requerida fueron considerados sitios adecuados para la infraestructura de colocación final de residuos sólidos.

3.7.2.1. Calculó el área necesaria para el relleno de Conchán. Los cálculos del área del relleno sanitario se realizaron de acuerdo con la guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente y la Organización Panamericana de la Salud (CEPIS y OPS, 2002).

Los datos utilizados para determinar el espacio necesario para instalar el relleno sanitarios en el distrito Conchán, se obtuvieron de un estudio de las características de residuos sólidos municipales de la localidad de Conchán (MDC,2019) y el INEI (2019) y fueron los siguientes.

- **Proyección de la población**

Para estipular la cantidad de residuos sólidos que se depositarán en el relleno sanitario de Conchán, se tomó en cuenta la proyección de la población futura, considerando un periodo de funcionamiento del relleno sanitario de 10 años, de acuerdo con la normativa ambiental.

La siguiente fórmula se utilizó para estimar la proyección de la población.

$$pf = Pi x (1 + r)^n$$

- Población futura (Pf)
- Población inicial (Pi)
- Tasa de crecimiento poblacional (r)
- Número de años (año final-año inicial) (n)

- **Cantidad generada de residuos sólidos domiciliarios (kg/día)**

La producción diaria de residuos sólidos en el hogar se logró calcular utilizando la fórmula a continuación.

$$DSd = Pob * Gpc$$

- Cantidad de residuos sólidos domiciliarios generados diariamente (kg/día) (DSd).
- Población total (Pob)
- Generación por habitante kg/hab/día (Gpc)

- **Producción de residuos sólidos no domiciliarios (kg/día)**

Se tomó en cuenta el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Conchán - 2019 teniendo en cuenta un incremento cada año del 1%.

- **Producción de residuos sólidos especiales (kg/día)**

Se tomó en cuenta el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Conchán - 2019 teniendo en cuenta un incremento cada año del 1%.

- **Producción total de residuos sólidos municipales (kg/día)**

Se sumó producción en kg/día de residuos sólidos (domiciliarios, no domiciliarios y especiales), con una proyección de 10 años.

- **Cálculo de volumen de residuos sólidos compactados**

Se aplicó la siguiente fórmula:

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

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

donde:

- Volumen de residuos sólidos municipales por colocar todos los días (m^3 /día) (V_{diario})
- Volumen de residuos sólidos municipales en un año (m^3 /año) (V_{anual})
- Cantidad de residuos sólidos municipales generados en kg/día (DS_p)
- 365 = representa en días a un año.
- Densidad de los residuos sólidos municipales recién compactados ($450\ kg/m^3$) (D_{rsm}) (CEPIS y OPS, 2002).

- **Cálculo de volumen de residuos sólidos anual estabilizado.**

Se aplicó la siguiente fórmula:

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

Donde:

- Cantidad de residuos sólidos municipales producidos (kg/día) (DS_p)

- Densidad de los residuos sólidos municipales estabilizados (500 kg/m^3)

(D_{rsm})

- **Volumen de relleno sanitario**

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

En el cual:

- Volumen de relleno sanitario ($\text{m}^3/\text{año}$) (V_{RS}).

Material de cobertura (20%) (CEPIS y OPS, 2002) (m.c.).

- **Volumen acumulado de relleno sanitario en m^3**

Para el volumen acumulado, se tomó como base el volumen de relleno sanitario del 2019 y se sumó con el año siguiente, hasta llegar al año proyectado 2032.

- **Área requerida**

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

En donde:

- Volumen acumulado de relleno sanitario ($\text{m}^3/\text{año}$) (V_{RS}).
- Área por rellenar de manera sucesiva (m^2) (A_{RS}).
- Altura o profundidad media del relleno sanitario (4m) (h_{RS})

- **Área total requerida**

$$A_T = F * A_{RS}$$

En el que:

- Área total que se requiere (m^2) (A_T).
- Factor de aumento para las áreas adicionales de 1,5 del área que se debe rellenar (A_{RS}) (F).

Una vez obtenidas los lugares óptimos para el establecimiento del relleno sanitario, se realizó la selección y validación de alternativa, para ello se utilizó las imágenes satelitales obtenidas de la plataforma del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS) disponibles en acceso libre y comprobación in situ.

La visita a campo se llevó a cabo para garantizar que en realidad los sitios potenciales cumplen los criterios señalados por el MINAM, se registró las coordenadas UTM con GPS y el uso actual de las áreas, vías de acceso, para controlar los costos de transporte desde la fuente hasta la infraestructura, esta debe estar ubicada cerca de vías accesibles, compatibilización con el uso del suelo, hidrología, material de cobertura, alguna población aledaña y alguna fuente de agua que no se pudo identificar con el análisis espacial.

En base a esta información se seleccionó el sitio idóneo para la localización del relleno sanitario.

Validado todo el procedimiento, se construyó una herramienta en Model Builder de ArcGIS, con el fin de identificar las mejores áreas para la infraestructura de disposición final de residuos sólidos, según los criterios establecidos en la actual investigación,

creando flujos del proceso que permitirá la replicabilidad rápida y sencilla de la metodología.

Finalmente se presentaron los datos y resultados utilizando mapas de localización del sitio, así como la contrastación en campo, a través de la cual, se logró obtener un mapa que muestra la ubicación óptima del relleno sanitario en el distrito de Conchán.

3.5. Aspectos éticos

Este estudio se basa en estudios previos similares sin realizar cambios ni modificaciones a la información obtenida, y proporciona información veraz dentro de la ética del investigador. Se ha cumplido con la Guía del MINAM para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios Manuales y Mecanizados, así mismo se han demostrado resultados confiables de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la misma.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

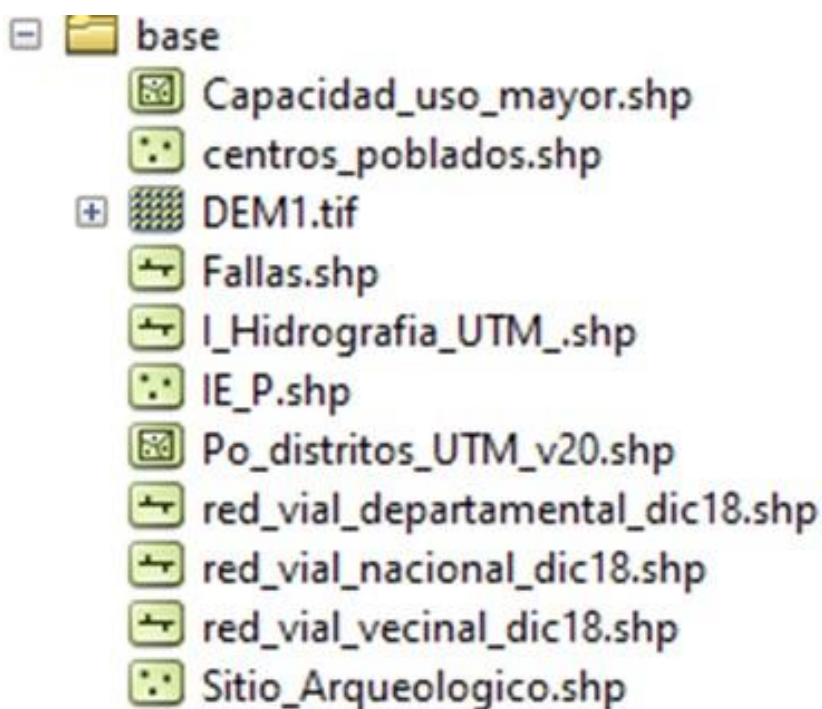
4.1. Descripción de los resultados

4.1.1. *Elaboración de mapas de cada criterio para la localización óptima de áreas para un relleno sanitario*

Se comenzó con el armado del modelo geoespacial en el ArcGIS creando un geodatabase para cada variable utilizando Model Builder, basándose en la información recopilada y la adecuación del nivel de escala para el emplazamiento ideal del relleno sanitario en el distrito de Conchán, ver figura 2.

Figura 2

Estructura del geodatabase



4.1.1.1. Mapa de pendientes. Permitió conocer si su terreno es plano, moderadamente empinado, empinado o extremadamente empinado mediante la estimación de rangos. La información se descargó de la mapoteca del GRC en formato shapefile a escala 1:100 000, evidenciándose en la figura 4.

En el ArcGIS utilizando Model Builder, se procedió a cortar el shapefile po _pendientes.shp al tamaño del distrito de Conchán con la herramienta *clip*, dando como resultado el shapefile de pendientes del ámbito de estudio en formato vectorial, evidenciándose en la figura 3.

Figura 3

Mapa conceptual de la variable pendientes

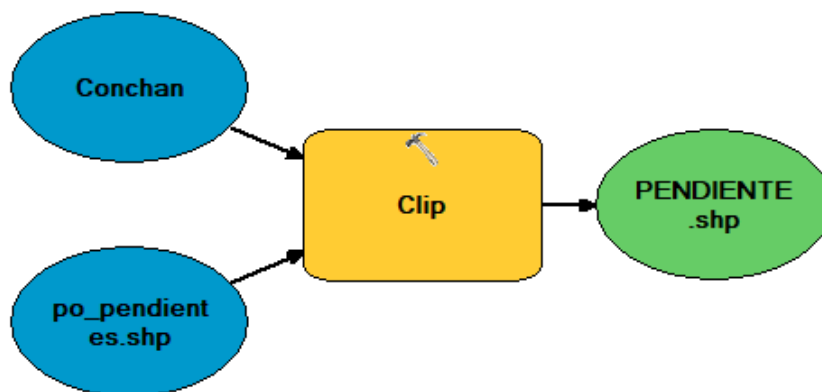


Tabla 5*Rango de pendientes según rango de desnivel*

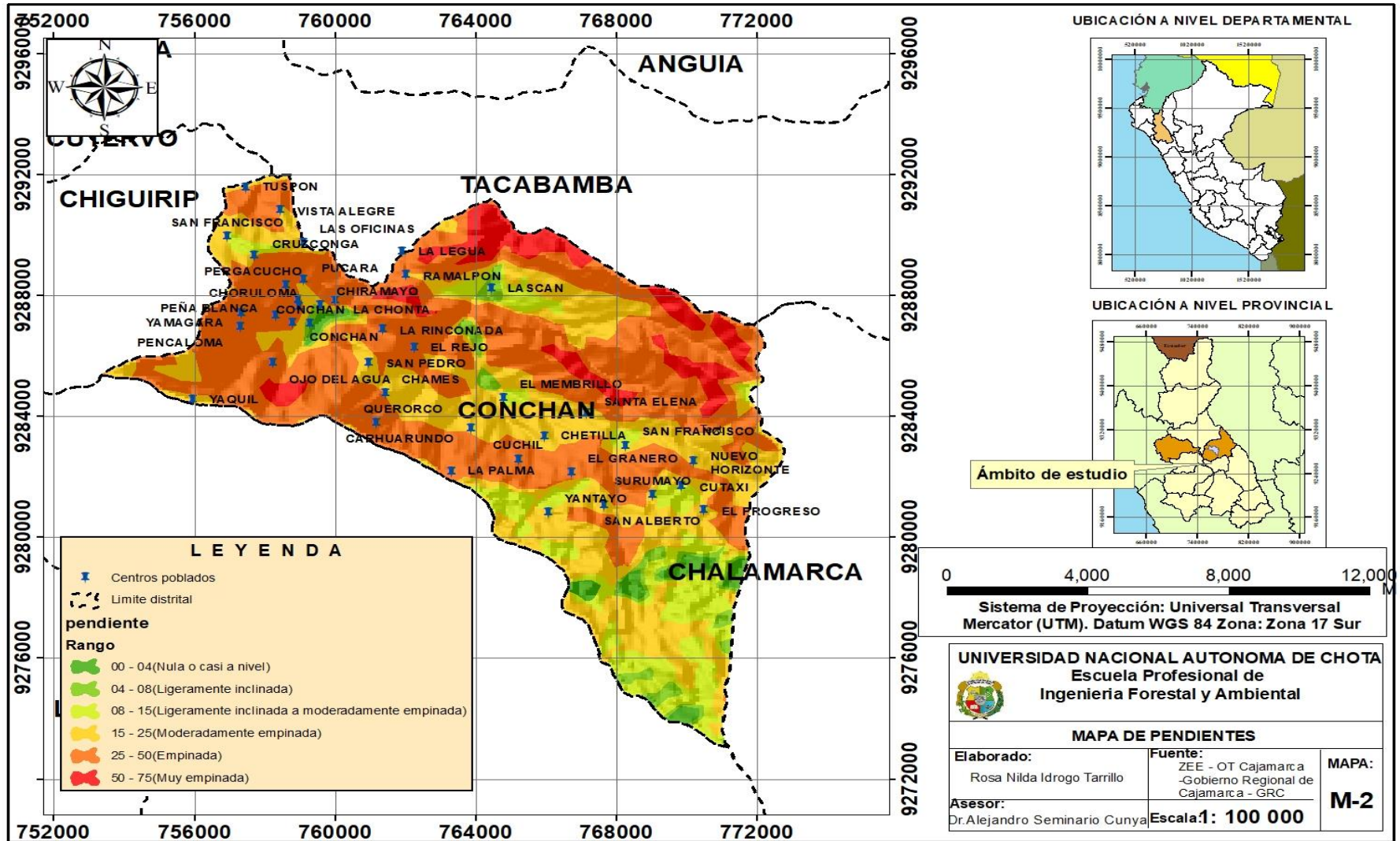
Descripción pendiente	Rango de pendiente	Área (ha)
Nula o casi a nivel	0-4	290, 9
Ligeramente inclinada	4-8	457, 6
Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	8-15	1657, 4
Moderadamente empinada	15-25	4684, 7
Empinada	25-50	7144, 4
Muy empinada	50-75	1066, 5
Total		15301,5

Fuente: adaptado del Gobierno Regional de Cajamarca (GRC,2013).

En la tabla 5 se puede evidenciar que en 7144,4 hectáreas (25% - 50%) destacan las pendientes pronunciadas y en menor medida, pendientes nulas o casi nulas (0% - 4%). Finalmente se obtienen las unidades descritas y se ordenan según su similitud.

Figura 4

Mapa de variable pendientes



4.1.1.2. Mapa de vías de acceso. La información en formato shapefile se obtuvo del Mapoteca del Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, a escala 1:100 000, mostrándose en la figura 6.

En el ArcGIS utilizando Model Builder se tomó como base las categorías de vías de red vial nacional, departamental, y vecinal posterior se procedió a cortar con la el shapefile de red vial nacional, departamental y vecinal al tamaño del distrito de Conchán con la herramienta *clip*, mostrándose en la figura 5, así como también se obtuvo información de las vías de acceso nacional, departamental y del distrito de Conchán (tabla 6 y tabla 7).

Figura 5

Mapa conceptual de la variable vías de acceso.

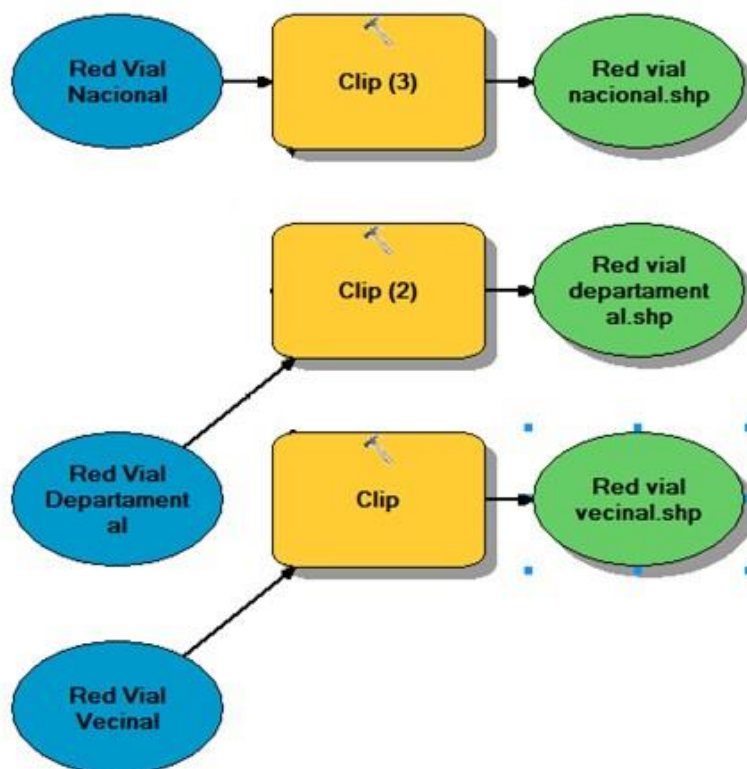


Tabla 6*Red vial vecinal*

N°	Trayectoria_DS11	Longitud - KM
0	Emp. CA-943 - Condorpullana.	3, 40020826
1	Emp. CA-105 - Pacchapampa - La Quinoa - Yantayo.	2, 25682803
2	Emp. CA-925 - Chetilla	2, 99276987
3	Emp. CA-105 (Cruz Conga) - Vista Alegre.	1, 86816725
4	Emp. CA-105 (Conchan) - Pencaloma.	2, 57612987
5	Emp. CA-105 (Conchan) - Tacabamba - Anguia - Uchun - Guineamayo.	7, 64369478
6	Emp. CA-105 (Conchan) - Tunel Conchano.	2, 10471881
7	Emp. CA-105 - Chames.	1, 70161921
8	Emp. CA-915 - Lascan.	2, 99810952
9	Emp. CA-925 - Surumayo - Cutaxi - Emp. CA-925.	7, 46492678
10	Emp. CA-105 - Carhuarundo.	2, 7647839

Fuente: Adaptado del Mapoteca del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC,2018).

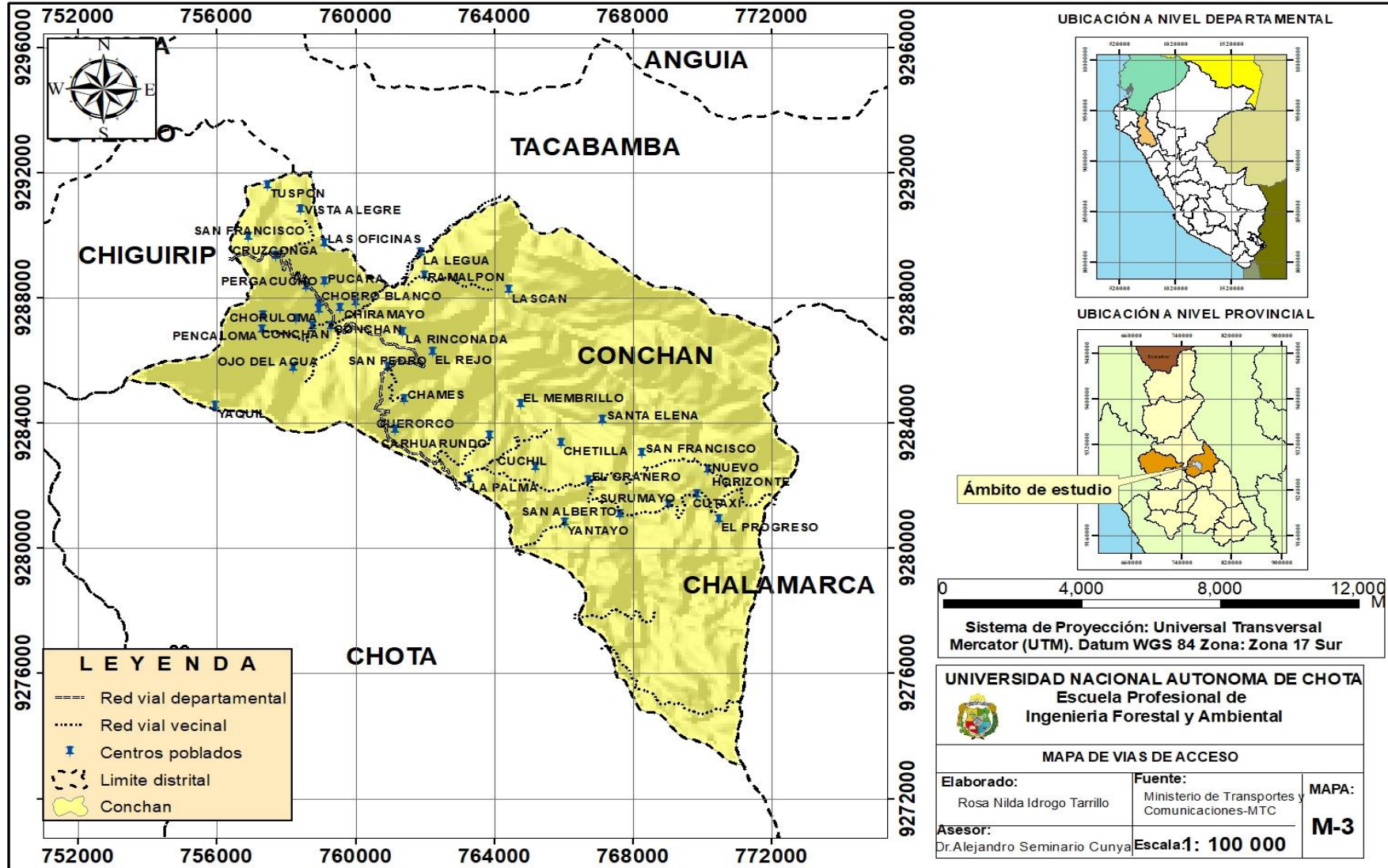
Tabla 7*Red vial departamental*

N°	Rodadura	Trayectoria_ds11	Longitud - km
0	Sin afirmar	Emp. Pe-3n (Cutervo) - Chiguirip - Conchán - la Palma – Chota - abra Samangay - emp. Pe-3n (dv. Chota).	6, 963734
1	Sin afirmar	Emp. Pe-3n (Cutervo) - Chiguirip - Conchán - la palma – Chota - abra Samangay - emp. Pe-3n (dv. Chota).	0,263547
2	Afirmado	Emp. Pe-3n (Cutervo) - Chiguirip - Conchán - la Palma – Chota - abra Samangay - emp. Pe-3n (dv. Chota).	0,069044

N°	Rodadura	Trayectoria_ds11	Longitud - km
3	Sin afirmar	Emp. Pe-3n (Cutervo) - Chiguirip - Conchán - la Palma – Chota - abra Samangay - emp. Pe-3n (dv. Chota).	9,049414
4	Sin afirmar	Emp. Pe-3n (Cutervo) - Chiguirip - Conchán - la Palma – Chota - abra Samangay - emp. Pe-3n (dv. Chota).	11,587571
5	Afirmado	Emp. Pe-3n (Cutervo) - Chiguirip - Conchán - la Palma – Chota - abra Samangay - emp. Pe-3n (dv. Chota).	6,517359

Fuente: Adaptado del Mapoteca del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC,2018).

Figura 6
Mapa de variable vías de acceso



4.1.1.3. Mapa de hidrología. El mapa de hidrología se obtuvo de la mapoteca del Autoridad Nacional del Agua (ANA), en formato shapefile (shp), a escala 1:100 000, mostrándose en la figura 8.

En el ArcGIS utilizando Model Builder, se procedió a cortar el shapefile de hidrología al tamaño del distrito de Conchán con la herramienta *clip*, dando como resultado el shapefile de hidrología del ámbito de estudio en formato vectorial, y evidenciándose en la figura 7, así como también se obtuvo información de hidrología del distrito de Conchán como se visualiza en la tabla 8.

Figura 7

Mapa conceptual de la variable hidrología

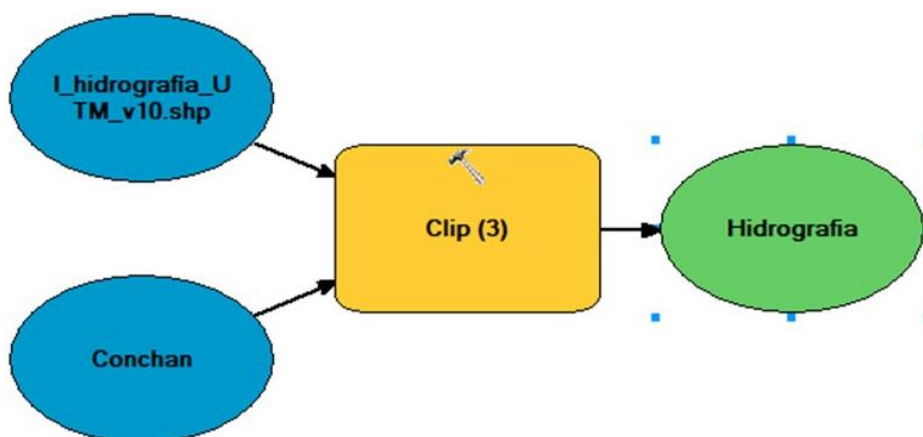
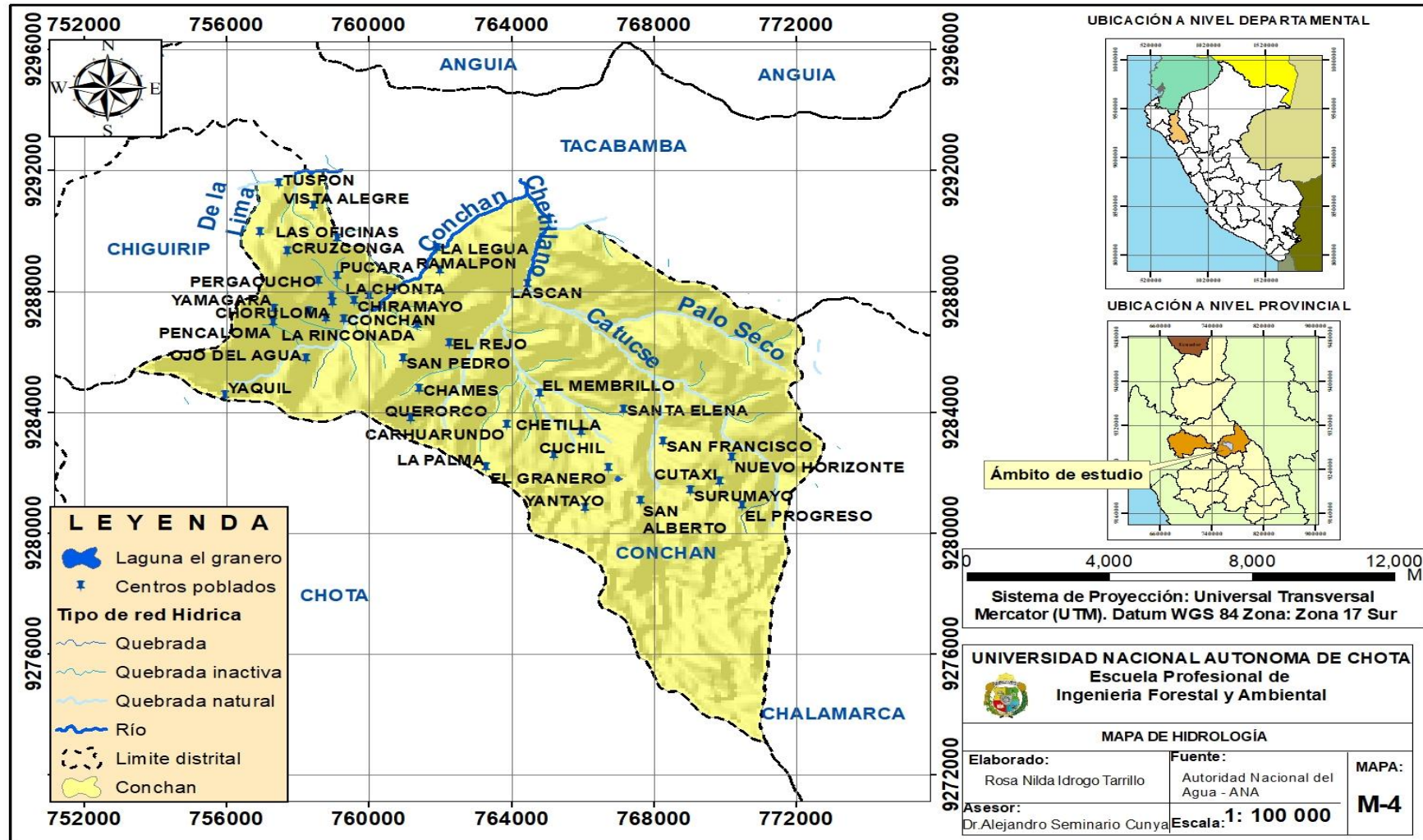


Tabla 8*Red hídrica*

Símbolo de tipo de red hídrica	Tipo de red hídrica	Cantidad	Longitud(km)
Q	quebrada	2	3,53
QI	quebrada inactiva	41	67,68
QN	quebrada natural	21	4,98
R	río	3	30,26

Fuente: Adaptado de la mapoteca del Autoridad Nacional del Agua- ANA (2020)

Figura 8
 Mapa de la variable hidrología



4.1.1.4. Mapa de centros poblados. El shapefile de centros poblados se obtuvo de la mapoteca de Instituto Geográfico Nacional – IGN, a una escala 1:100 000, visualizándose en figura 10.

En el ArcGIS haciendo uso de Model Builder, se procedió a cortar el shapefile de centros poblados al tamaño del distrito de Conchán con la herramienta *clip*, dando como resultado el shapefile de centros poblados del ámbito de estudio en formato vectorial, y evidenciándose en la figura 9.

Figura 9

Mapa conceptual de la variable centro poblados

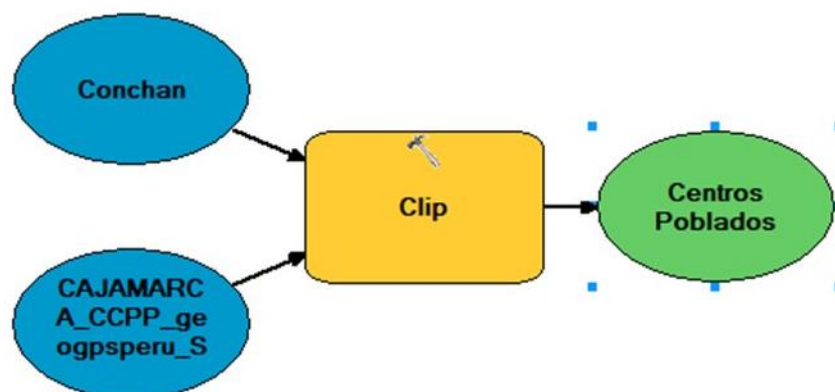


Tabla 9

Cantidad de centros poblados

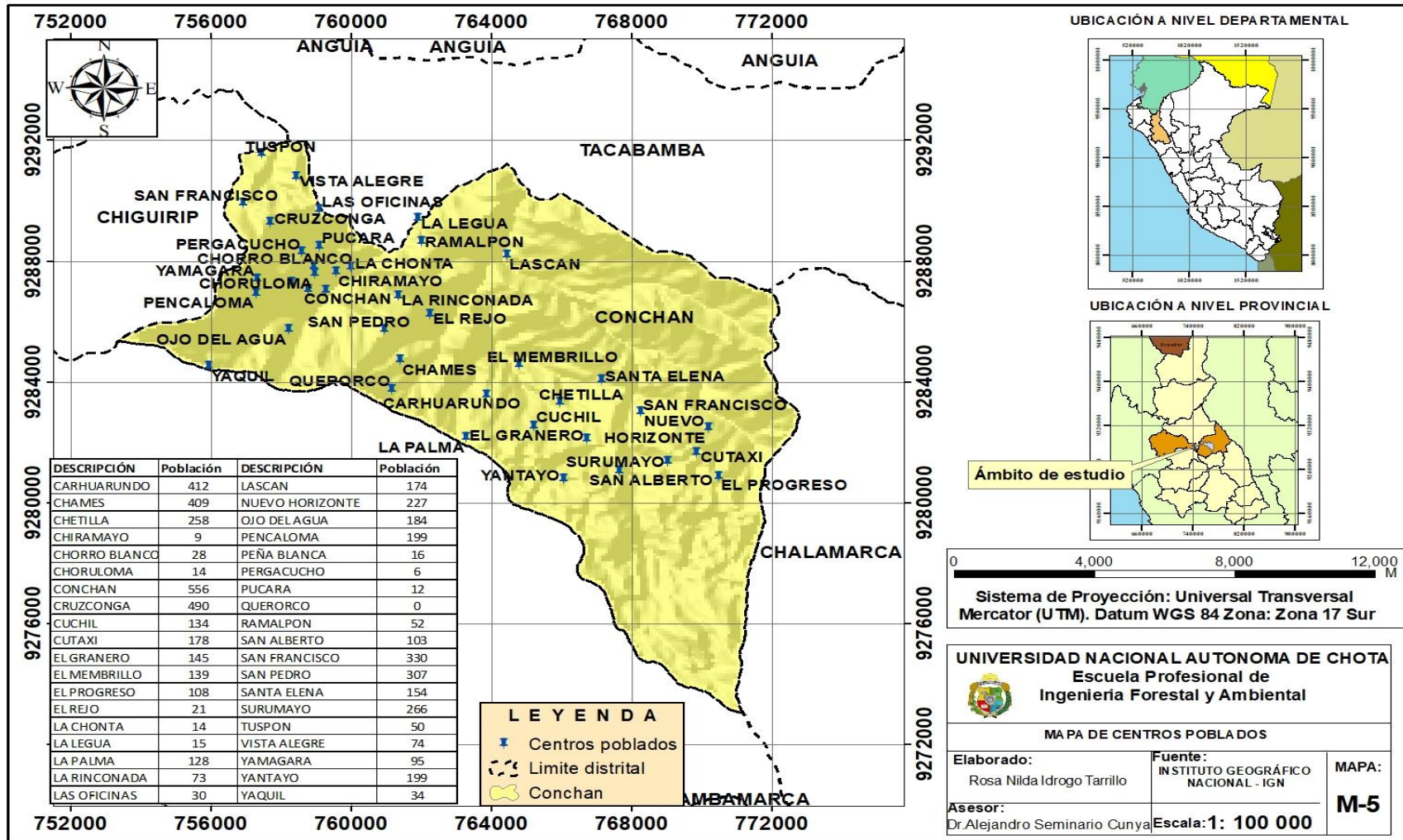
Centros poblados	Población	Centros poblados	Población
Carhuarundo	412	Lascañ	174
Chames	409	Nuevo Horizonte	227
Chetilla	258	Ojo del Agua	184

Centros poblados	Población	Centros poblados	Población
Chiramayo	9	Pencaloma	199
Chorro Blanco	28	Peña Blanca	16
Choruloma	14	Pergacucho	6
Conchan	556	Pucara	12
Cruzconga	490	Querorco	0
Cuchil	134	Ramalpon	52
Cutaxi	178	San Alberto	103
El Granero	145	San Francisco	330
El Membrillo	139	San Pedro	307
El Progreso	108	Santa Elena	154
El Rejo	21	Surumayo	266
La Chonta	14	Tuspon	50
La Legua	15	Vista Alegre	74
La Palma	128	Yamagara	95
La Rinconada	73	Yantayo	199
Las Oficinas	30	Yaquil	34

Fuente: Adaptado del Instituto Geográfico Nacional (IGN,2017)

En la tabla 9 aprecia los centros poblados y el número de habitantes del distrito de Conchán haciendo un total de 38 centros poblados.

Figura 10
 Mapa de la variable centros poblados



4.1.1.5. Mapa de fallas geológicas. El shapefile de fallas geológicas a una escala 1:100 000, se obtuvo del Instituto Geológico Minero, Metalúrgico INGEMMET, evidenciándose en la figura 12.

En el ArcGIS manipulando la herramienta Model Builder, se procedió a cortar el shapefile de fallas geológicas al tamaño del distrito de Conchán con la herramienta *clip*, dando como resultado el shapefile de fallas geológicas del ámbito de estudio en formato vectorial, y evidenciándose en la figura 11, así como también se obtuvo información de centros poblados como se visualiza en la tabla 10.

Figura 11

Mapa conceptual de la variable fallas geológicas

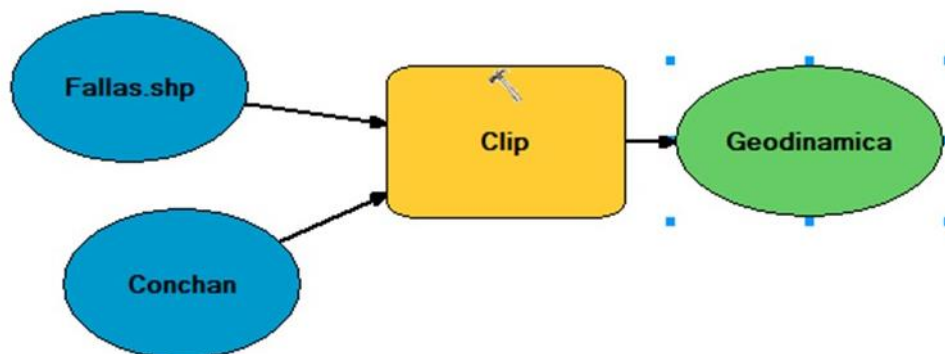
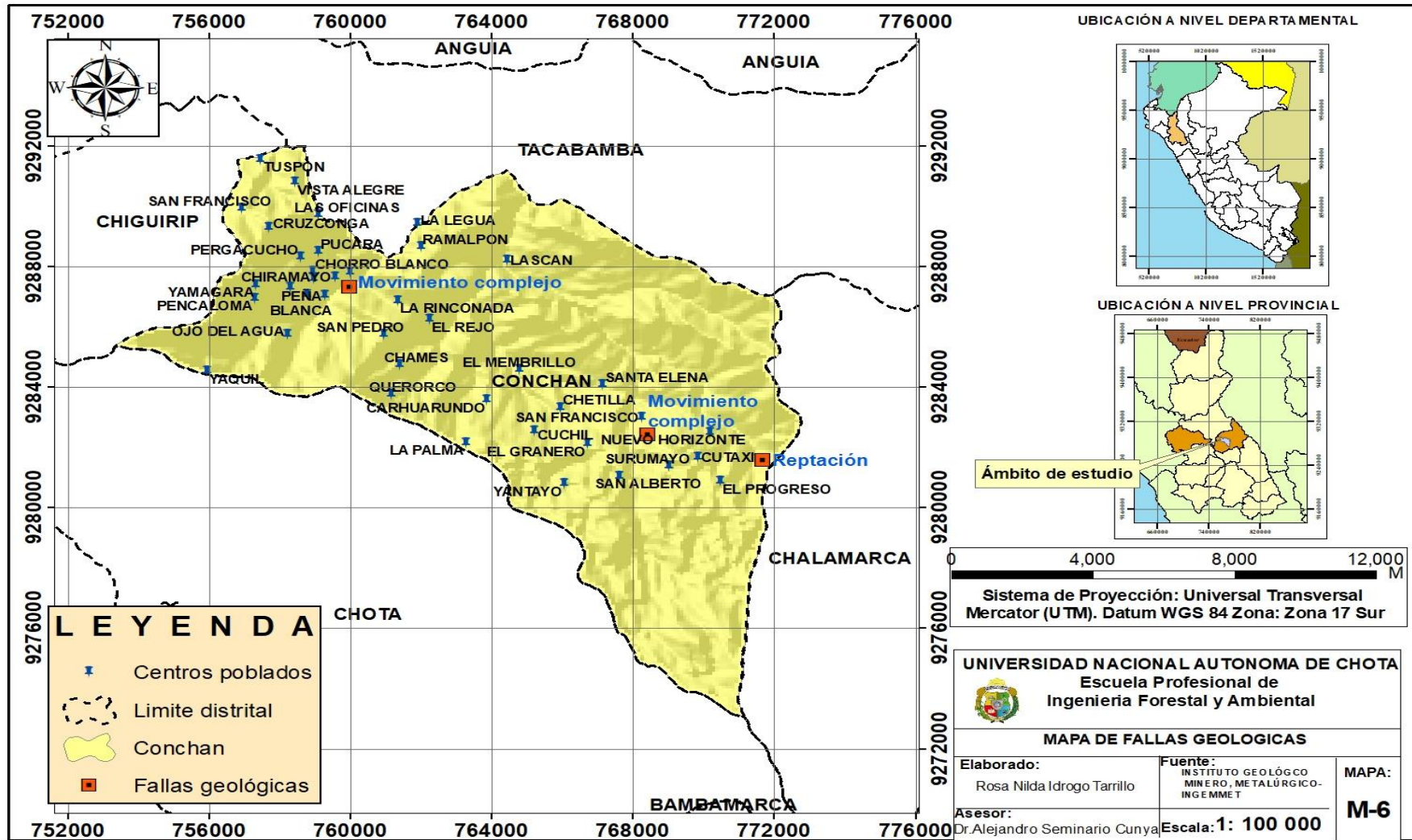


Tabla 10*Fallas geológicas*

N°	Clasificación	Descripción	Origen	Fuente
1	Movimiento complejo	<p>Cuando el tipo de movimiento principal cambia a un tipo de movimiento diferente mientras se mueve pendiente abajo, se producen movimientos complejos.</p>	Geodinámica externa	INGEMMET
2	Reptación	<p>Movimientos de masas, ocurren muy cerca de la superficie de la tierra, las primeras manifestaciones son los agrietamientos o cambios en las formas del relieve.</p>	Geodinámica externa	INGEMMET

Fuente: Adaptado del Instituto Geológico Minero, Metalúrgico (INGEMMET,2013)

Figura 12
Mapa de la variable fallas geológicas



4.1.1.6. Mapa de sitios arqueológicos. El Mapa de sitios arqueológicos se obtuvo descargando el shapefile del Instituto Nacional de Cultura-INC, a una escala 1:100 000, evidenciándose en la figura 14.

En el ArcGIS utilizando Model Builder, se procedió a cortar el shapefile de sitios arqueológicos al tamaño del distrito de Conchán con la herramienta *clip*, dando como resultado el shapefile de sitios arqueológicos del ámbito de estudio en formato vectorial, y evidenciándose en la figura 13, así como también se obtuvo información de centros poblados como se visualiza en la tabla 11.

Figura 13

Mapa conceptual de sitios arqueológicos

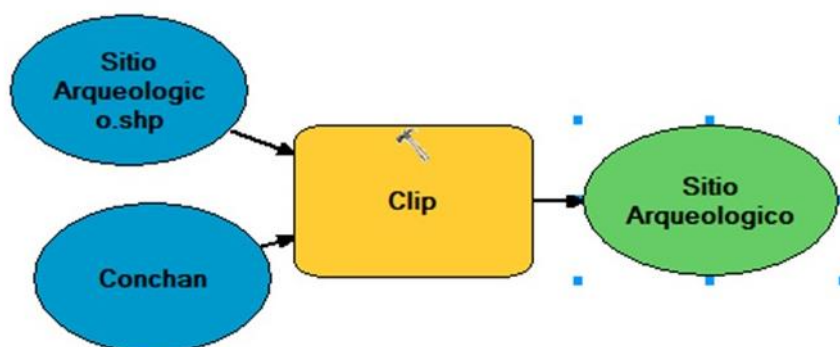


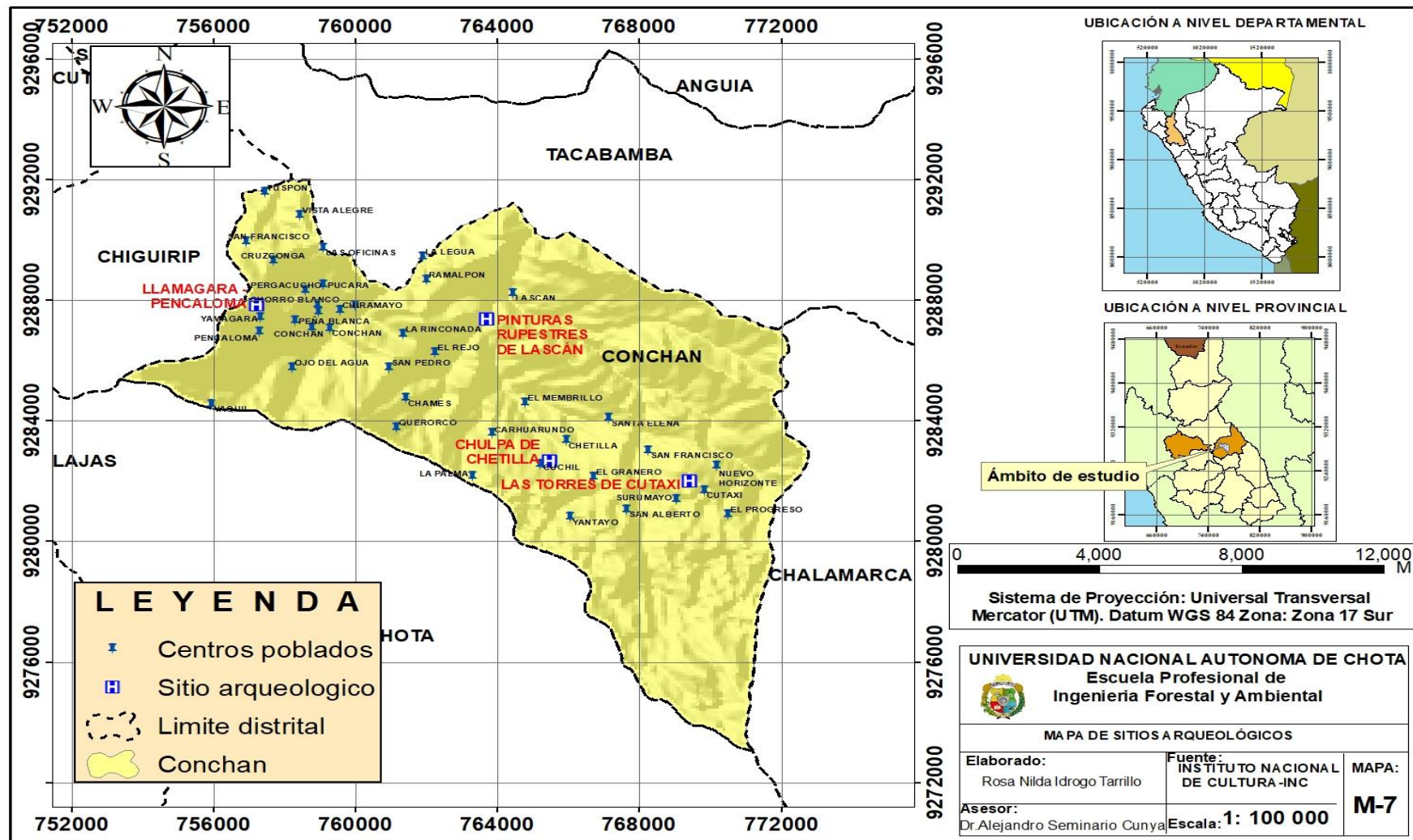
Tabla 11

Sitios arqueológicos en el distrito de Conchán.

Nombre de los sitios arqueológicos	coordenadas x	Coordenadas y	Fuente
Las Torres de Cutaxi	769402	9282017	INC
Chulpa de Chetilla	765461	9282673	INC
Pinturas Rupestres de Lascan	763709	9287388	INC
Llamagara - Pencaloma	757216	9287873	INC

Fuente: Adaptado del Ministerio de Cultura (INC,2015)

Figura 14
Mapa de la variable sitios arqueológicos



4.1.1.7. Mapa de Capacidad de uso mayor de suelos. La información se obtuvo de la mapoteca del GRC, a escala 1:100 000 en formato shapefile (shp), evidenciándose en la figura 16.

En el ArcGIS manejando Model Builder, se procedió a cortar el shapefile de capacidad de uso mayor de suelos al tamaño de la localidad de Conchán con la herramienta *clip*, dando como resultado el shapefile de capacidad de uso mayor de suelos del ámbito de investigación en formato vectorial, y evidenciándose en la figura 15, así como también se obtuvo información de esta, como se visualiza en la tabla 12.

Figura 15

Mapa conceptual de capacidad de uso mayor de suelos

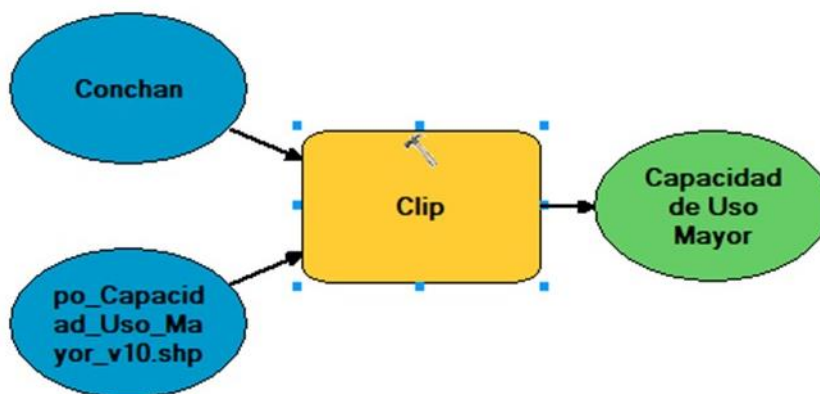
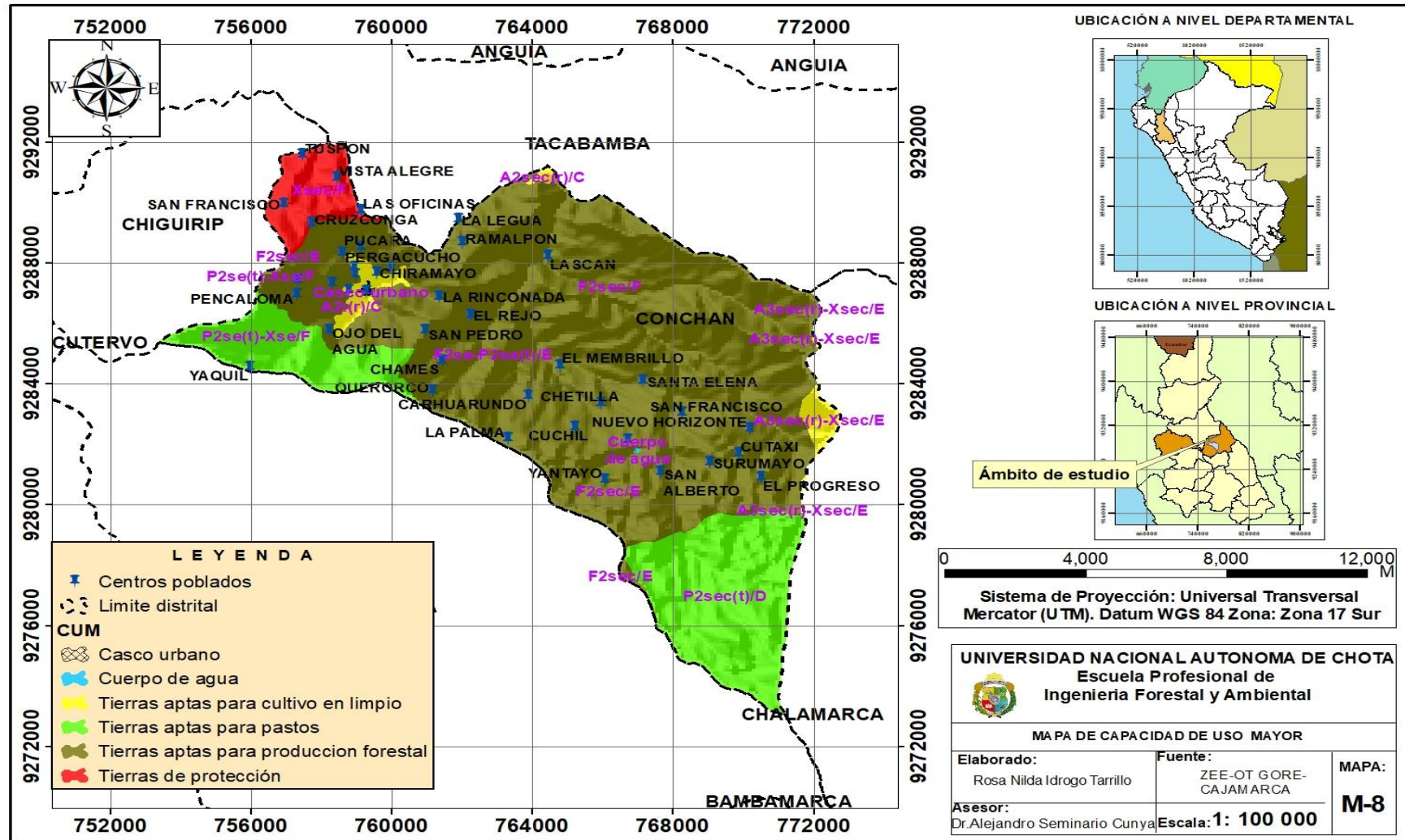


Tabla 12*Clasificación de capacidad de uso de suelo*

Cod_cum	Descripción CUM	Área ha	CUM
Xsec/F	Tierras de protección con limitaciones de suelo, erosión y clima	636,1	Tierras de protección
F2sec/F	Tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y clima	4750,2	Tierras aptas para producción forestal
P2se(t)-Xse/F	Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y pastoreo temporal-Tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión	1027,8	Tierras aptas para pastos
P2sec(t)/D	Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y pastoreo temporal	2111,7	Tierras aptas para pastos
Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	2,4	Cuerpo de agua
Casco urbano	Casco urbano	12,1	Casco urbano
A2sec(r)/C	Tierras aptas para cultivo en limpio, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y requiere riego	25,6	Tierras aptas para cultivo en limpio
F2se-P2se(t)/E	Tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión-Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y pastoreo temporal.	5362,4	Tierras aptas para producción forestal
A2i(r)/C	Tierras aptas para cultivo en limpio, calidad agrologica media, con limitaciones de inundación y requiere riego.	189,4	Tierras aptas para cultivo en limpio
A3sec(r)-Xsec/E	Tierras aptas para cultivo en limpio, calidad agrologica baja, con limitaciones de suelo, erosión, clima y requiere riego-Tierras de protección con limitaciones de suelo, erosión y clima	159,6	Tierras aptas para cultivo en limpio
F2sec/E	Tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y clima	1017,9	Tierras aptas para producción forestal

Fuente: Adaptado del Mapoteca del Gobierno Regional de Cajamarca (GRC,2013).

Figura 16
 Mapa de la variable capacidad de uso mayor de suelo



4.1.1.8. Mapa de infraestructura. La información se obtuvo en formato shapefile de la mapoteca del Ministerio de Educación - MINEDU, a escala 1:100 000, visibilizándose en la figura 18.

En el ArcGIS utilizando la herramienta Model Builder, se procedió a cortar el shapefile de infraestructura al tamaño del distrito de Conchán con la herramienta *clip*, dando como resultado el shapefile de infraestructura del ámbito de estudio en formato vectorial, y evidenciándose en la figura 17, así como también se obtuvo información de capacidad de infraestructura como se visualiza en la tabla 13.

Figura 17

Mapa conceptual de infraestructura

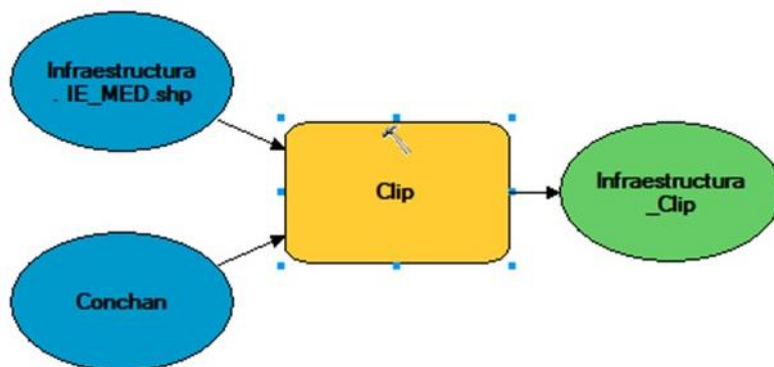


Tabla 13

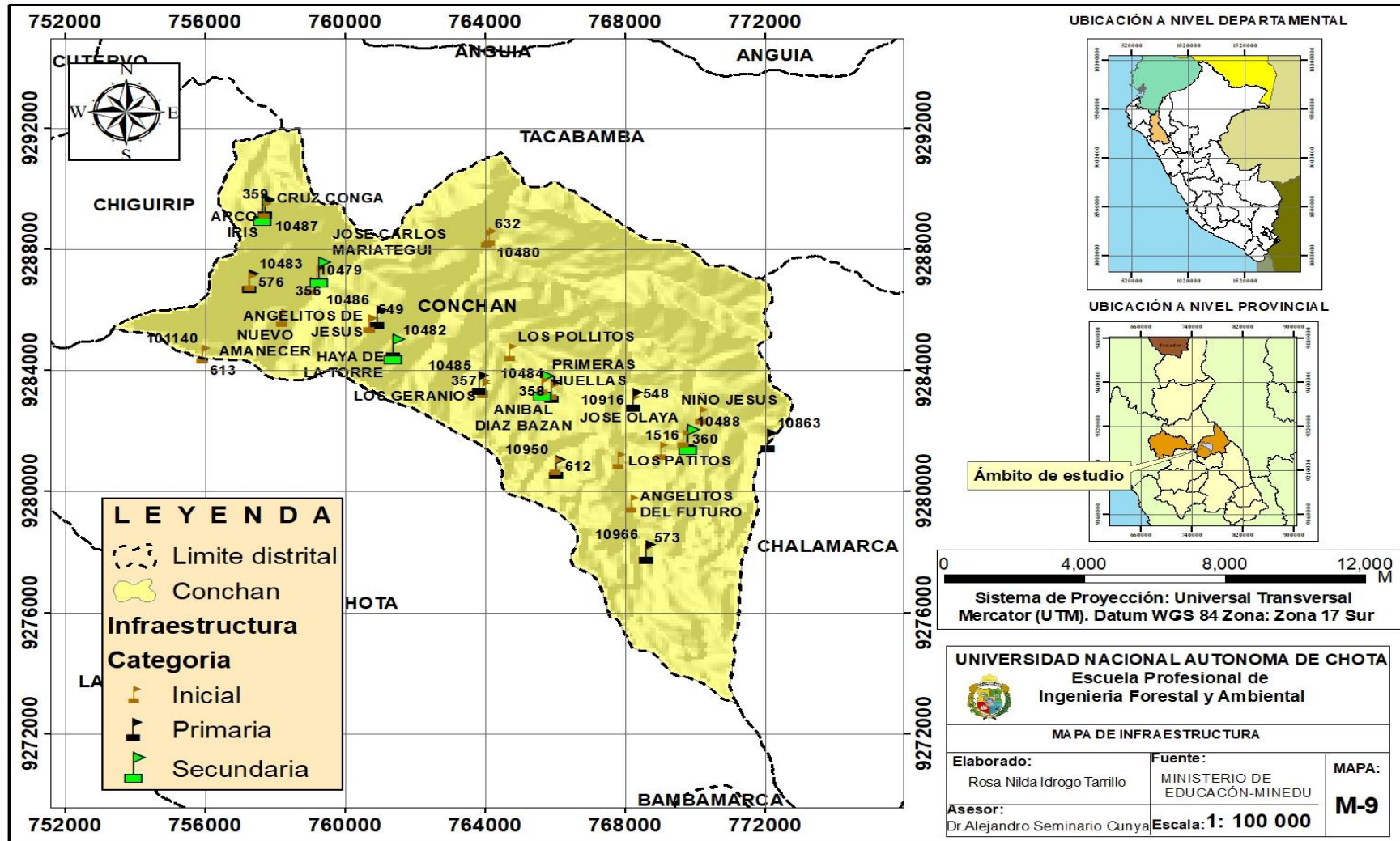
Centros educativos en el distrito de Conchán

Centro Poblado	Centro Educativo	Categoría
Yaquil	613	Inicial
Yaquil	101140	Inicial
San Pedro	549	Inicial
San Pedro	10486	Primaria
Conchán	10479	Inicial

Centro Poblado	Centro Educativo	Categoría
Pencaloma	10483	Primaria
Pencaloma	576	Inicial
Conchán	356	Inicial
Conchán	José Carlos Mariategui	Secundaria
Cruz Conga	Cruz Conga	Secundaria
Cruz Conga	359	Inicial
Cruz Conga	10487	Primaria
Yantayo	10950	Primaria
Yantayo	612	Inicial
Conga el Verde	10863	Primaria
Cutaxi	10488	Primaria
Cutaxi	José Olaya	Secundaria
Cutaxi	360	Inicial
San Francisco	548	Inicial
San Francisco	10916	Primaria
Chetilla	10484	Primaria
Chetilla	358	Inicial
Carhuarundo	357	Inicial
Chetilla	Aníbal Díaz Bazán	Secundaria
Lascan	632	Inicial
Lascan	10480	Inicial
Chames	10482	Primaria
Chames	Haya de La Torre	Secundaria
Surumayo	1516	Inicial
Carhuarundo	Los Geranios	Inicial
Cruz Conga	Arco Iris	Inicial
San Pedro	Angelitos de Jesús	Inicial
Chetilla	Primeras Huellas	Inicial
San Alberto	Los Patitos	Inicial
Tres Lagunas	Angelitos del Futuro	Inicial
El Membrillo	Los Pollitos	Inicial
Ojo del Agua	Nuevo Amanecer	Inicial
Nuevo Horizonte	Niño Jesús	Inicial
Carhuarundo	10485	Primaria

Fuente: Adaptado del Ministerio de Educación (MINEDU,2020).

Figura 18
 Mapa de la variable infraestructura



4.1.2. Análisis multicriterio para la localización óptima de un relleno sanitario.

Se realizó la ponderación considerando las categorías que se detalla a continuación:

Categoría **no óptima** con ponderación = 0, estas áreas no se tomaron en consideración para el emplazamiento del relleno sanitario, porque puede perjudicar la salud de las personas y el medio ambiente y no cumple con lo establecido en el D.S. 014-2017 –MINAM y los “, lineamientos para la construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitarios manuales”.

Categoría **óptima** con ponderación = 1, indica áreas que hallaron en el rango óptimo definido por cada criterio, preservando el medio ambiente y la salud de las personas.

Categoría **aceptable** con ponderación = 2, dentro del rango mínimo o máximo, encontramos las categorías aceptables, son áreas que también pueden ser consideradas para el establecimiento de las instalaciones de disposición final.

Estas categorías se consideraron en base a las consideraciones de los criterios, determinados en el D.S. 014-2017 –MINAM y la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual”.

4.1.2.1. Análisis multicriterio de pendientes. Cualquier tipo de topografía puede adaptarse para el diseño y operación del relleno sanitario. Pero, se prefiere aquella que consigue un mayor volumen útil por hectárea (MINAM, 2009).

Siguiendo las recomendaciones del MINAM, se consideró que los rellenos sanitarios deben construirse en pendientes de ligera a moderadamente pronunciadas, evidenciándose en la tabla 14 junto con el rango de pendiente y el valor de ponderación apropiados.

Tabla 14

Ponderación según rango de pendientes

Descripción pendiente	Rango de pendiente	valor
Nula o casi a nivel	0° - 4°	0
Ligeramente inclinada	4° - 8°	1
Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	8° - 15°	1
Moderadamente empinada	15°- 25°	1
Empinada	25°- 50°	2
Muy empinada	50°- 75°	0

Fuente: Adaptado de D.S. 014-2017 –MINAM, MINAM (2011) y la ZEE – OT Cajamarca.

El mapa de criterios de pendiente se visualiza en la figura 19 junto con la ponderación que se determinó para cada rango de pendiente, las zonas rojas con pendientes inferiores a 4° y superior a 50° representa las áreas no óptimas, debido a que en áreas con pendientes inferiores a 4° en épocas de lluvia se puede originar encharcamientos, escorrentías, generalmente en rellenos sanitarios que no están en las mejores ubicaciones se presenta la infiltración de los lixiviados en el subsuelo contaminando el suelo, aguas superficiales y subterráneas por ende generando un impacto negativo en el ambiente, así mismo el terreno puede volverse intéstale y generarse deslizamientos, por otro lado las áreas que se puede visualizar de color verde con pendientes entre 4° y 25° se consideraron "Óptimas" y las áreas amarillas, con pendientes entre 25° y 50°, se consideraron "Aceptables".

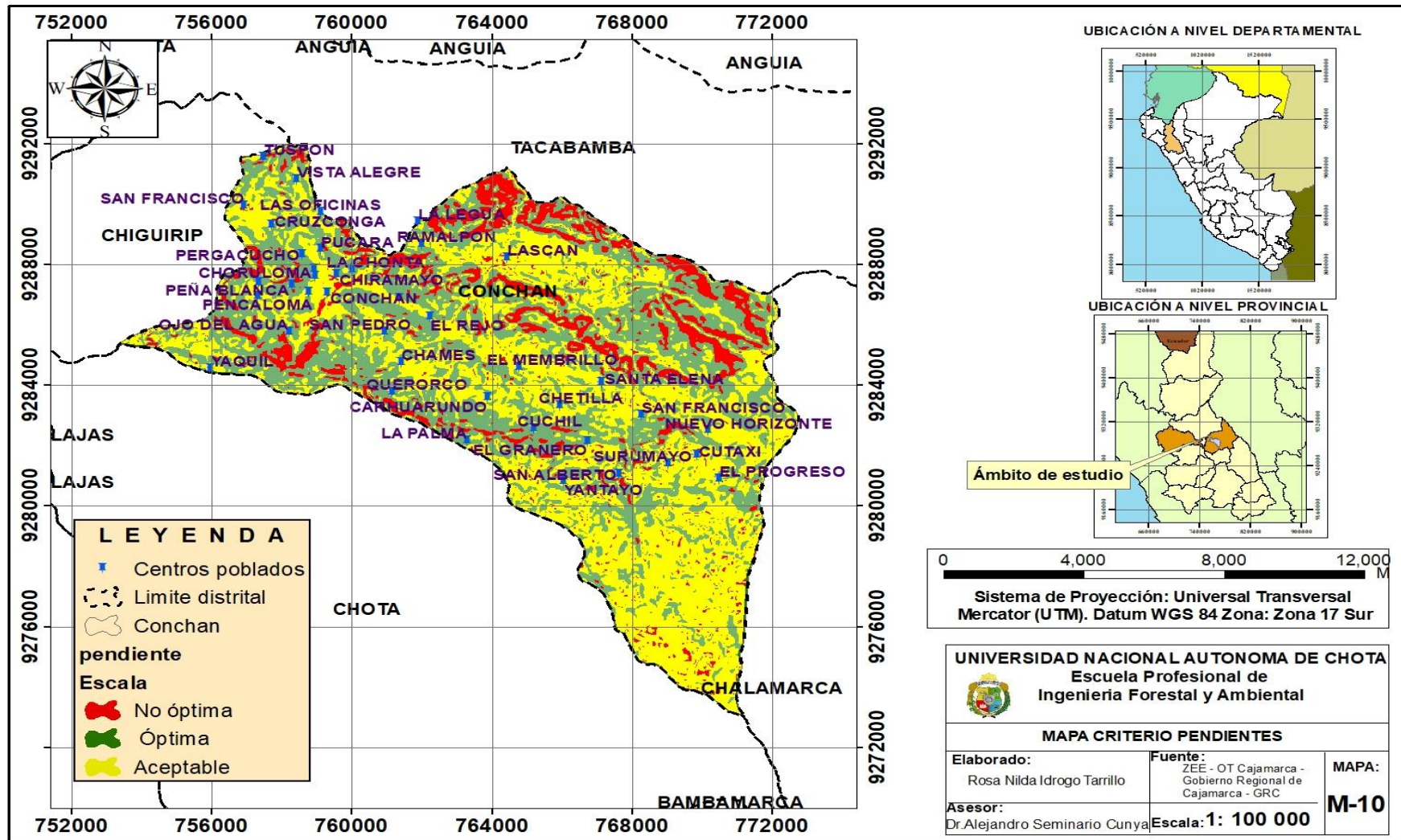
Por lo tanto, de acuerdo al rango de pendientes, se identificó que 1357,4 ha, equivalente al 8,87 % del territorio distrital son zonas inadecuadas para el depósito final de los residuos sólidos, mientras que los sitios óptimos tienen una extensión de 6799,7 ha que equivale al 44,44 % del territorio y, por último, las zonas aceptables que comprende 7144,4 ha conformado un 46,69 % de toda la extensión de superficie del distrito de Conchán, evidenciándose en la siguiente tabla 15.

Tabla 15

Resultado de ponderación de criterio pendientes

Categoría	Valor	Área (ha)	%
No óptimo	0	1357,4	8,87
Óptimo	1	6799,7	44,44
Aceptable	2	7144,4	46,69
Total		15301,5	100

Figura 19
 Mapa de áreas disponibles de criterio pendientes



4.1.2.2. Análisis multicriterio de vías de acceso. Para facilitar el acceso y economizar el transporte de residuos sólidos, la infraestructura de disposición final debe estar cerca de una carretera principal. Los vehículos de recojo deberán tener en todo momento un acceso fácil, seguro y rápido (Organización Panamericana de la Salud [OPS],2010).

Es por ello que en la tabla 16 se visualiza la variable de distanciamiento de la carretera al relleno sanitario, teniendo en cuenta lo establecido en los lineamientos de diseño y construcción de rellenos sanitarios del MINAM (2017), en el cual estipula que los rellenos sanitarios conviene ser instalados a distancias cercanas a las vías de acceso para reducir tiempo y los costos de transporte y disminuir el uso de los recursos naturales (combustible). La disminución de la demanda de hidrocarburos tendrá un menor impacto en el medio ambiente, lo que resultará en un entorno más sostenible y saludable.

Tabla 16

Criterio de distanciamiento de vías de acceso

Variable	Categoría	Criterios	Valor
Distancia a vías de acceso	No óptima	< 200 m	0
	Óptima	200 - 1200 m	1
	aceptable	> 1200 m	2

Fuente: Adaptado de D.S. 014-2017 –MINAM y MINAM (2011).

Un mapa de las vías de acceso con las distancias específicas establecidas para cada categoría y los valores ideales para la localización del relleno sanitario se muestra en la figura 20, las zonas rojas se clasificaron como no óptimas porque la distancia era inferior a 200 m, las instalaciones de relleno sanitario deberían ubicarse cerca de las

carreteras, pero estos sitios no se eligieron para impedir una proximidad indebida y afectar la intervisibilidad, así como también las molestias por la liberación de olores provenientes de la desintegración de los residuos sólidos, por otro lado, las zonas representadas por el color verde, con distancias de 200 m a 1200m a la infraestructura de disposición final se les considero zonas o áreas óptimas y las zonas amarillas con una distancia superiores a 1200 m se consideró como aceptables.

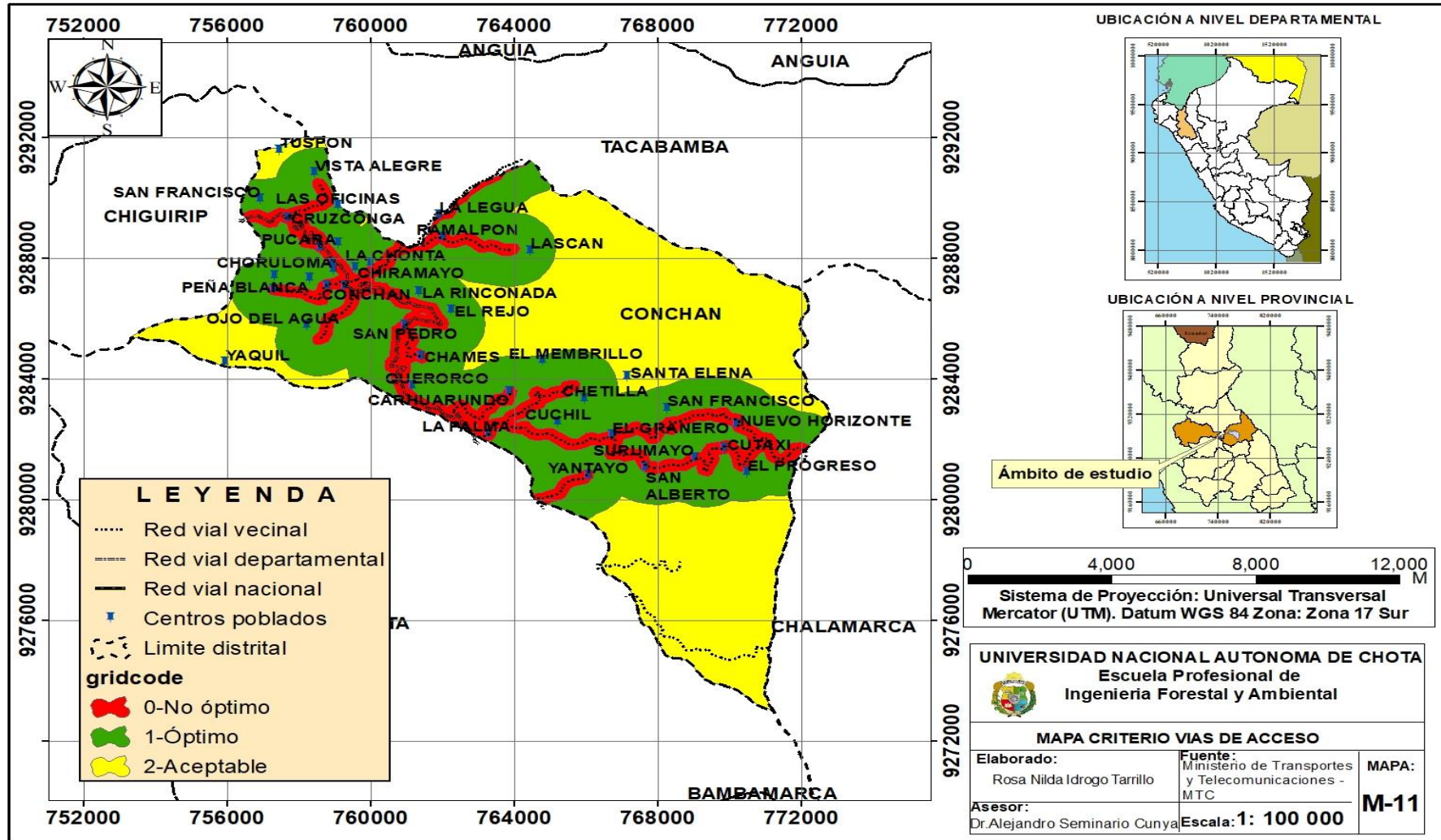
Como resultado del criterio de vías de acceso se obtuvo que 2171 ha (14,19 %) del territorio fueron áreas no óptimas para el emplazamiento de relleno sanitario, mientras que las áreas óptimas tuvieron una extensión de 6073,15 ha (39,69 %) del territorio y por último las zonas aceptables que comprendió 7057,37 ha (46,12%) de todo el territorio del distrito de Conchán, evidenciándose a continuación en la tabla 17.

Tabla 17

Resultado de ponderación de criterio vías de acceso

Categoría	Valor	Área (ha)	%
No Óptimo	0	2171,00	14,19
Óptimo	1	6073,15	39,69
Aceptable	2	7057,37	46,12
Total		15301,53	100,00

Figura 20
Mapa de áreas disponibles de criterio vías de acceso



4.1.2.3. Análisis multicriterio de hidrología. Según el D.S-014-2017-MINAM, los rellenos sanitarios tienen que situarse a una distancia superior a 500 metros de las fuentes de agua superficiales, según tabla 18. Por ende, es importante que la ubicación elegida sea lo más alejada posible de cursos de agua superficiales y subterráneos, para evitar cualquier tipo de contaminación ya sea por posibles escorrentías, filtraciones, lixiviaciones, etc. provenientes del relleno sanitario, de esta manera proteger los ríos, quebradas y vida acuática de la contaminación. Cuanto menor impacto tengamos sobre el agua, más saludable y sostenible será nuestro medio ambiente, lo que a su vez generará un aumento en la calidad de vida de los pobladores.

Tabla 18

Criterio de distanciamiento de hidrología

Variable	Categoría	Criterios	Valor
Distancia a hidrología	No óptima	<500 m	0
	Óptima	≥ 1000 m	1
	aceptable	500 - 1000 m	2

Fuente: Adaptado de D.S. 014-2017 –MINAM y MINAM (2011).

El mapa hidrológico se muestra en la figura 21, con la distancia estimadas para cada categoría y su valor de ponderación. Las zonas rojas se consideraron no óptimas porque se encuentran a menos de 500 m de fuentes de agua, estas áreas no fueron seleccionadas debido a que las fuentes de agua por su cercanía están propensos a cualquier tipo de contaminación como fuga de algún líquido contaminante, escorrentías, las zonas verdes se consideraron óptimas debido a que se encontraron a distancias superiores a los 1000 m de los cuerpos de agua y finalmente las zonas amarillas con distancias de 500-1000 m se consideraron zonas aceptables.

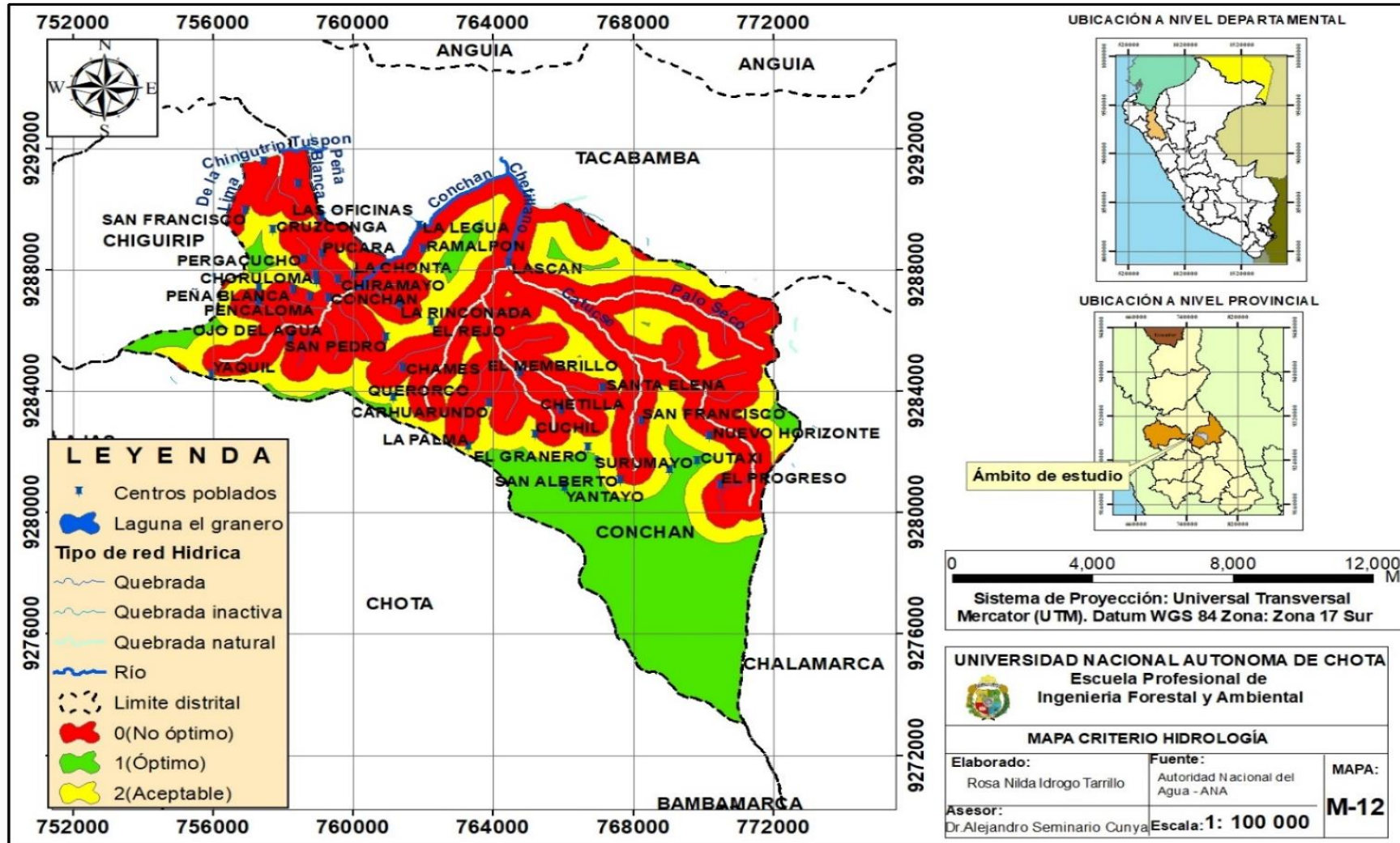
Como resultado del criterio hidrología se obtuvo que 3670,55177 ha (23,99 %) del territorio fueron áreas no óptimas para el emplazamiento de la infraestructura (relleno sanitario), mientras que las áreas óptimas tuvieron una extensión de 7993,1542 ha (52,24 %) del territorio y por último las zonas aceptables que comprende 3637,81954 ha (23,77 %) de todo el territorio del distrito de Conchán, evidenciándose en la tabla 19.

Tabla 19

Resultado de ponderación de criterio de hidrología.

Categoría	Valor	Área (ha)	%
No Óptimo	0	3670,55177	23,99
Óptimo	1	7993,1542	52,24
Aceptable	2	3637,81954	23,77
Total		15301,5255	100,00

Figura 21
 Mapa de áreas disponibles de criterio hidrología



4.1.2.4. Análisis multicriterio de centros poblados. Se efectuó el análisis de centros poblados del distrito de Conchán, concordando con los requisitos establecidos en D.S. 014-2017 –MINAM y MINAM (2011), que establece que el relleno sanitario debe estar ubicado a una distancia de la menos 500 m, visualizándose en la tabla 20.

Tabla 20

Criterio de distanciamiento a centros poblados

Variable	Categoría	Criterios	Valor
Distancia a centros Poblados	No óptima	<500m	0
	Óptima	500-1000m	1
	aceptable	>1000m	2

Fuente: Adaptado de D.S. 014-2017 –MINAM (2011).

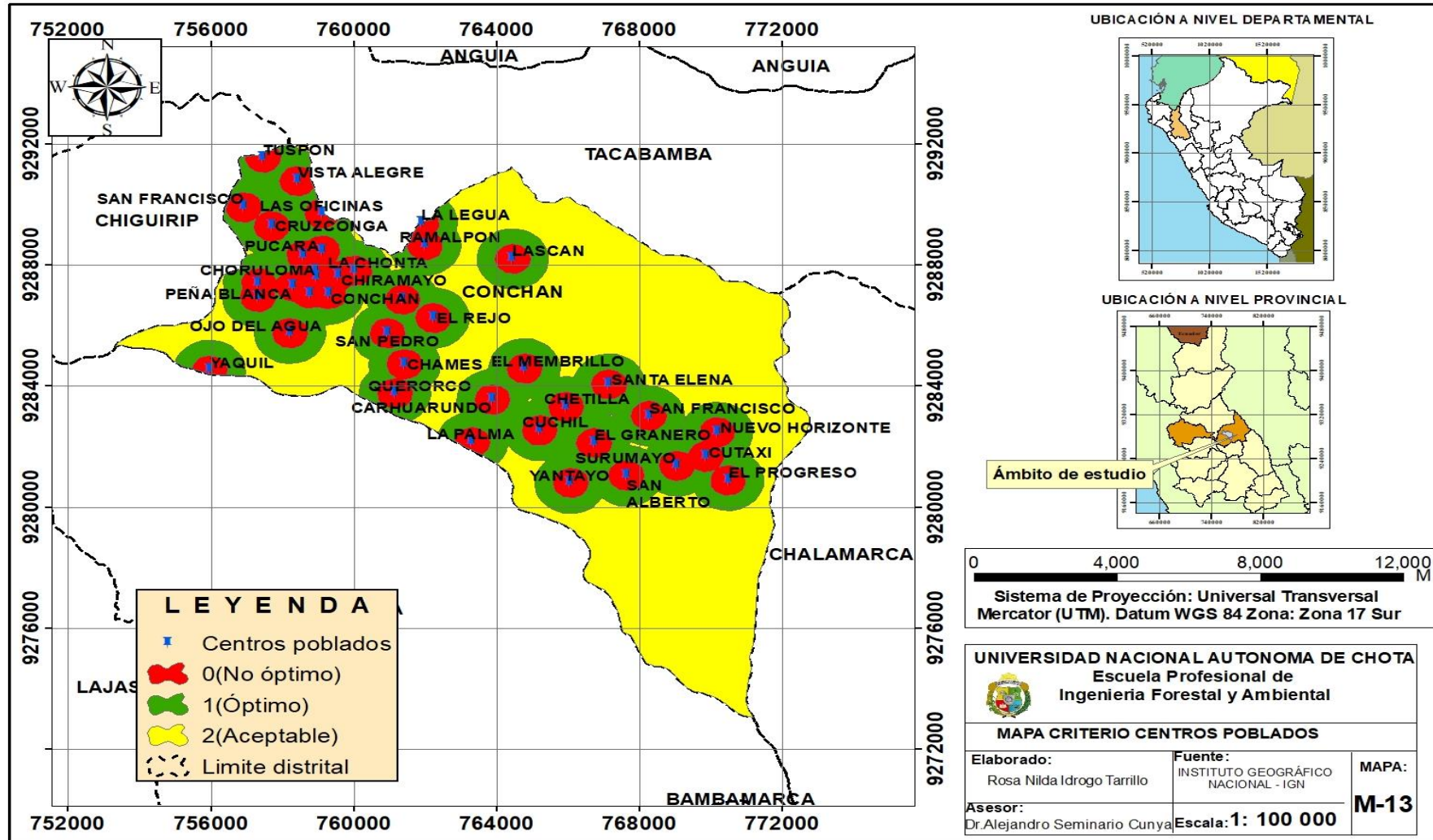
La figura 22 muestra el mapa de centros poblados, con la distancia especificada para cada clase y el valor de ponderación. A las distancias a centros poblados inferiores a 500 m se consideró áreas no óptimas, estas zonas no fueron seleccionadas porque este tipo de infraestructura puede producir olores desagradables, atraer la presencia de vectores poniendo en peligro la salud, lo cual puede provocar cierto rechazo por parte de la población cercana, en cambio de 500-1 000 m de distancia se consideró áreas óptimas y las zonas amarillas con distancias superiores a los de 1 000 m se consideró aceptables.

Como resultado del criterio centros poblados se obtuvo que 2658,78501 ha (17,38 %) del territorio son áreas no óptimas para el relleno sanitario, mientras que las áreas óptimas tuvieron una extensión de 4418,73236 ha (28,88 %) del territorio y por último las zonas aceptables que comprende 8224,00814 ha (53,75 %) de toda la superficie del distrito de Conchán, mostrándose en la tabla 21.

Tabla 21*Resultado de ponderación de criterio de centros poblados*

Categoría	Valor	Área (ha)	%
No Óptimo	0	2658,78501	17,38
Óptimo	1	4418,73236	28,88
Aceptable	2	8224,00814	53,75
Total		15301,5255	100,00

Figura 22
 Mapa de áreas disponibles de criterio centros poblados



4.1.2.5. Análisis multicriterio de fallas geológicas. El criterio de distancia a fallas geológicas, se consideró de acuerdo a lo establecido por la guía de diseño y construcción de relleno sanitario MINAM (2011) y D.S. 014-2017 –MINAM, el cual estipula que a una distancia inferior a 500 metros de las fallas geológicas no es recomendable el establecimiento de un relleno sanitario, mientras más lejos estén las fallas geológicas de área del relleno sanitario más óptima será el área, como se ve en la tabla 22.

Tabla 22

Criterio de distanciamiento de fallas geológicas

Variable	Categoría	Criterios	Valor
Distancia a fallas geológicas	No óptima	<500m	0
	Óptima	>1000m	1
	aceptable	500- 1000m	2

Fuente: Adaptado de D.S. 014-2017 –MINAM y MINAM (2011).

La figura 23 presenta el mapa de fallas geológicas para cada categoría con las distancias especificadas y el valor de ponderación. Las áreas que se encontraron a menos de 500 m de las fallas geológicas se consideraron no óptimas y está representado por el color rojo. Estas áreas no fueron seleccionadas porque son susceptibles a peligros naturales como fisuras, deslizamientos de tierra u otros grandes movimientos que podrían comprometer la seguridad de los trabajadores que laboren en el relleno sanitario, también puede verse afectado las operaciones a realizarse en dicho lugar, así mismo las distancias superiores a 1000 m de las fallas geológicas fueron consideradas como áreas óptimas y las zonas representado por el color amarillo con distancias de 500 a 1 000 m, se consideraron aceptables.

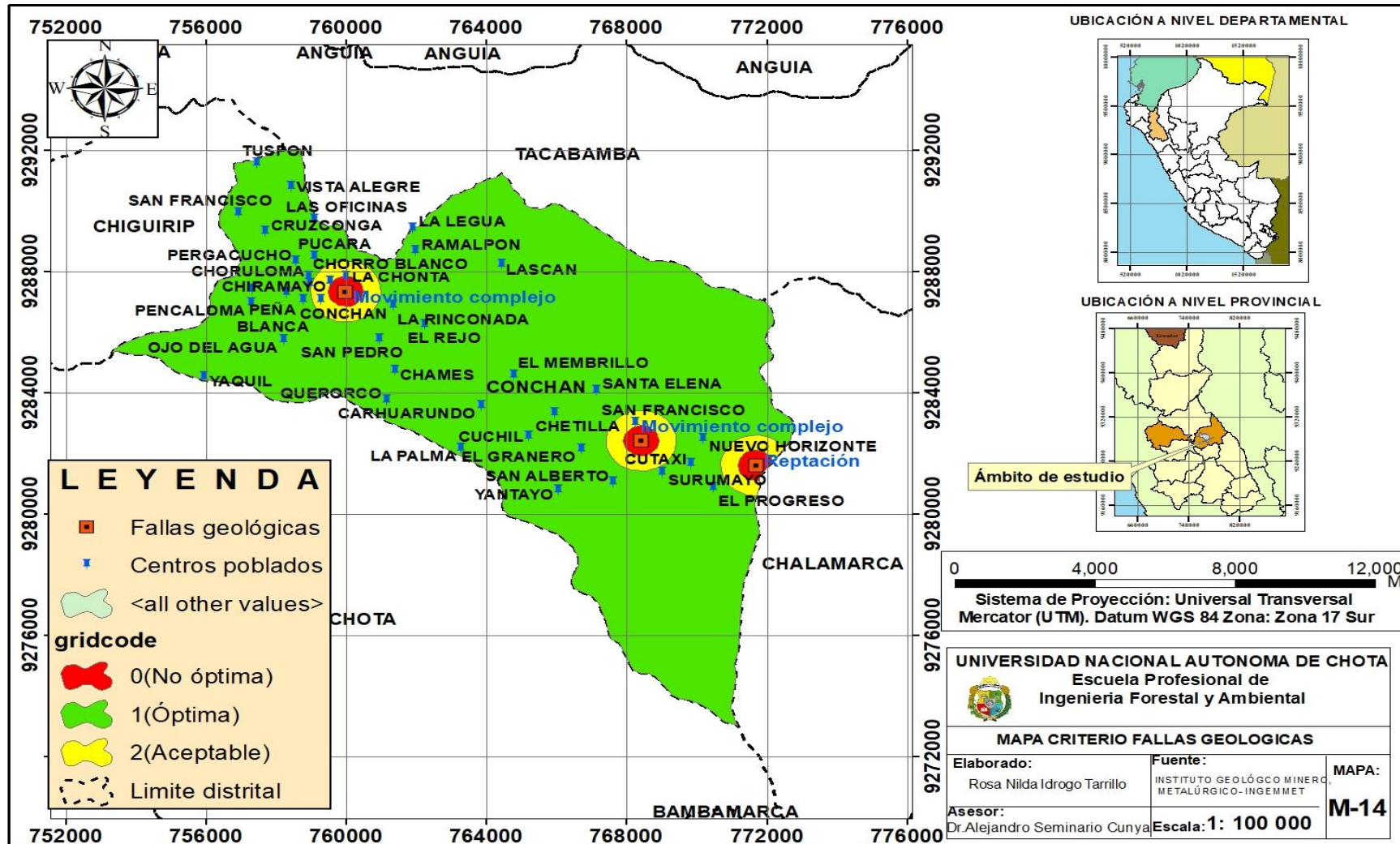
Como resultado del criterio distancia a fallas geológicas se obtuvo que 225,102494 ha (1,47 %) del territorio fueron áreas no óptimas para relleno sanitario, mientras que las áreas óptimas tuvieron una extensión de 14441,8972 ha (94,38 %) del territorio y por último las zonas aceptables que comprende 634, 525 ha (4,15 %) de todo el territorio del distrito de Conchán, presentándose en la tabla 23.

Tabla 23

Resultado de ponderación de criterio fallas geológicas

Categoría	Valor	Área (ha)	%
No Óptimo	0	225,102494	1,47
Óptimo	1	14441,8972	94,38
Aceptable	2	634,525851	4,15
Total		15301,5255	100,00

Figura 23
Mapa de áreas disponibles de criterio fallas geológicas



4.1.2.6. Análisis multicriterio de sitios arqueológicos. La preservación del patrimonio arqueológico es un elemento esencial para determinar el establecimiento del relleno sanitario, según el MINAM (2011) y el D.S. 014-2017 – MINAM, el sitio no debe ubicarse en los territorios de zonas arqueológicas, por lo que se estima la ubicación de la del relleno sanitario a una distancia mayor a 1000 m, ver tabla 24.

Tabla 24

Criterio de distanciamiento de sitios arqueológicos

Variable	Categoría	Criterios	Valor
Distancia a sitios arqueológicos	No óptima	<1000m	0
	Óptima	>2000m	1
	aceptable	1000-2000m	2

Fuente: Adaptado de D.S. 014-2017 –MINAM y MINAM (2011).

El mapa con los sitios arqueológicos, donde se indican las distancias asignadas a cada categoría y el valor de ponderación para las instalaciones del relleno sanitario, se muestra en la figura 24. Las zonas con distancias inferiores a 1000 m representadas por el color rojo se consideraron no óptimas y no fueron seleccionadas con el fin de salvaguardar el patrimonio arqueológico y cultural, las áreas a distancias superiores a 2000 m de color verde se consideraron óptimas y las zonas con distancias de 1 000-2 000 m se consideró como aceptables. Cabe resaltar que en distrito de Conchán se identificaron cuatro sitios arqueológicos.

Como resultado del criterio de sitios arqueológicos se obtuvo que 1201,91 ha (7,85 %) del territorio fueron áreas no óptimas para el emplazamiento de relleno sanitario, mientras que las áreas óptimas tuvieron una extensión de 10615,77 ha (69,38 %) del

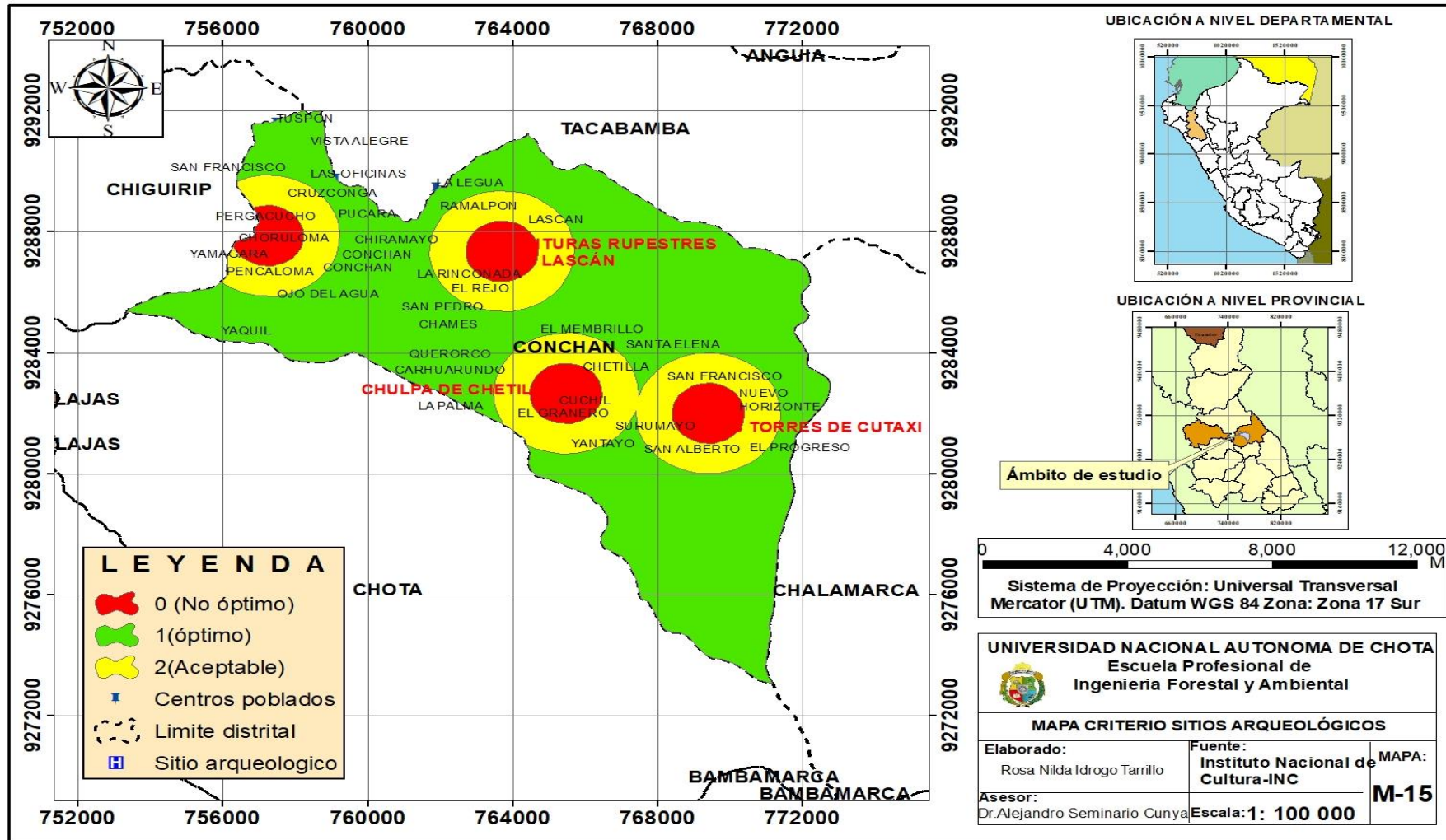
territorio y por último las zonas aceptables que comprendió 3483,85 ha conformado un (22,77 %) de todo el territorio del distrito de Conchán, ver tabla 25.

Tabla 25

Resultado de ponderación de criterio sitios arqueológicos

Categoría	Valor	Área (ha)	%
No Óptimo	0	1201,91	7,85
Óptimo	1	10615,77	69,38
Aceptable	2	3483,85	22,77
Total		15301,53	100,00

Figura 24
 Mapa de áreas disponibles sitios arqueológicos



4.1.2.7. Análisis multicriterio de capacidad de uso mayor de suelo. Se analizó la capacidad de uso mayor de suelo del distrito de Conchán, tomando en cuenta lo establecido por el MINAM (2011) y D.S. 014-2017 –MINAM, este señalamiento indica que se elegirán como áreas más óptimas y aceptables para la infraestructura destinada a la disposición final., aquella tierra apta para producción forestal, tierra apta para pastizales y tierra apta para cultivo en limpio, según Belalcázar (2019) en sitios urbanos y tierras protegidas se prohíbe el emplazamiento de un relleno sanitario, ver tabla 26.

Tabla 26

Criterio capacidad de uso mayor de suelo según clasificación.

Cod_cum	Descripción CUM	Área ha	CUM	Valor
Xsec/F	Tierras de protección con limitaciones de suelo, erosión y clima	636,1	Tierras de protección	0
F2sec/F	Tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y clima	4750,2	Tierras aptas para producción forestal	1
P2se(t)-Xse/F	Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y pastoreo temporal-Tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión	1027,8	Tierras aptas para pastos	0
P2sec(t)/D	Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y pastoreo temporal	2111,7	Tierras aptas para pastos	2
Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	2,4	Cuerpo de agua	0
Casco urbano	Casco urbano	12,1	Casco urbano	0
A2sec(r)/C	Tierras aptas para cultivo en limpio, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión, clima y requiere riego	25,6	Tierras aptas para cultivo en limpio	2
F2se-P2se(t)/E	Tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión-Tierras aptas para pastos, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y pastoreo temporal	5362,4	Tierras aptas para producción forestal	1
A2i(r)/C	Tierras aptas para cultivo en limpio, calidad agrologica media, con limitaciones de inundación y requiere riego	189,4	Tierras aptas para cultivo en limpio	2

Cod_cum	Descripción CUM	Área ha	CUM	Valor
A3sec(r)-Xsec/E	Tierras aptas para cultivo en limpio, calidad agrologica baja, con limitaciones de suelo, erosión, clima y requiere riego- Tierras de protección con limitaciones de suelo, erosión y clima	159,6	Tierras aptas para cultivo en limpio	2
F2sec/E	Tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo, erosión y clima	101,9	Tierras aptas para producción forestal	1

Fuente: Adaptado de D.S. 014-2017 –MINAM, MINAM (2011) y la ZEE – OT Cajamarca.

Se observa el mapa de capacidad de uso de suelo en la figura 25, con valores asignados a cada categoría de acuerdo al MINAM (2011), permitiendo encontrar zonas propicias para el establecimiento de relleno sanitario. Las zonas representadas por el color rojo se consideraron no óptimas (Xse/F-P2se(t)-Xse/t-cuerpo de agua-área urbana) y no fueron elegidas por ser áreas protegidas con restricciones de suelo y erosión, en cambio las zonas con categorías (F2se/F-F2se-P2se(t)/E-F2sec/E) representadas por el color verde se consideró las mejores sitios para la infraestructura de disposición final, con denominación de áreas óptimas, por ser terrenos para producción forestal, así como suelos de calidad agrícola media y erosión y las zonas con categorías (P2sec(t)/D-A2sec(r)/C - A2i(r)/C - A3sec(r) - Xsec/E), representadas por el color amarillo fueron aceptables ya que son terrenos aptos para cultivos en limpio, tierra apta para pastos con nivel agrológico promedio.

Como resultado del criterio de capacidad de uso mayor de suelos se consiguió que 695,66 ha (4,55 %) del territorio fueron áreas no óptimas para el emplazamiento de

relleno sanitario, mientras que las áreas óptimas tuvieron una extensión de 11031,52 ha (72,09 %) del territorio y por último las zonas aceptables que comprendió 3574,35,35 ha (23, %) de todo el territorio del distrito de Conchán, ver tabla 27.

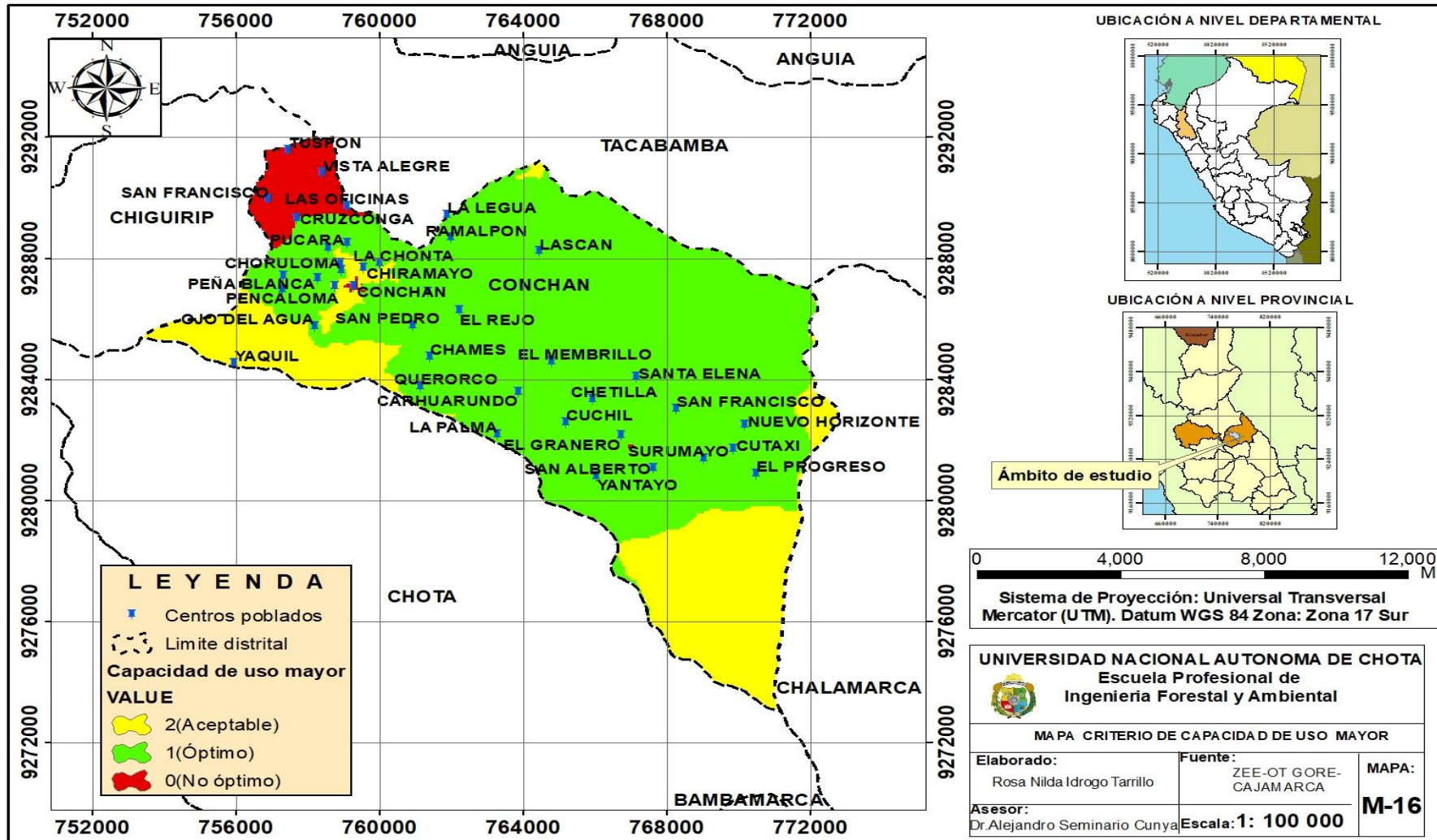
Tabla 27

Resultado de ponderación de criterio capacidad de uso mayor de suelos.

Descripción	Valoración	Área (ha)	%
No Óptima	0	695,66	4,55
óptima	1	11031,52	72,09
Aceptable	2	3574,35	23,36
Total		15301,53	100

Figura 25

Mapa de áreas disponibles de capacidad de uso mayor de suelos



4.1.2.8. Análisis multicriterio de infraestructura. En el análisis de infraestructura existente para la instalación de relleno sanitario según la guía de relleno sanitario MINAM (2011) debe estar situada como mínimo a una distancia igual o mayor a 500 m, no se puede ubicar un relleno sanitario en zonas afectadas por proyectos de infraestructura como embalses, represas, refinerías de petróleo, proyectos hidroeléctricos e instituciones educativas, ver tabla 28.

Tabla 28

Criterio de distanciamiento de infraestructura

Variable	Clasificación	Criterios	Ponderación
Distancia a infraestructura	No óptima	<500m	0
	Óptima	500- 1000m	1
	aceptable	>1000m	2

Fuente: Adaptado de D.S. 014-2017 –MINAM y MINAM (2011).

La figura 26 presenta el mapa de infraestructura, con las distancias concernientes definidas para cada categoría y valor de ponderación. Las áreas cercanas a los 500 m (mostradas en rojo) se denominaron áreas no óptimas y no fueron seleccionadas porque su proximidad podría provocar molestias o algún tipo de contaminación de fuentes de agua potable, etc. Por tanto, las zonas representadas por el color verde entre 500 y 1000 m se consideraron óptimas, mientras que las zonas amarillas a distancias superiores a 1000 m se consideraron aceptables.

Como resultado del criterio de infraestructura se obtuvo que 1683,29498 ha (11,00 %) del territorio fueron áreas no óptimas para el emplazamiento del relleno sanitario, mientras que las áreas óptimas tuvieron una extensión de 9793,85746 ha (64,01 %) del

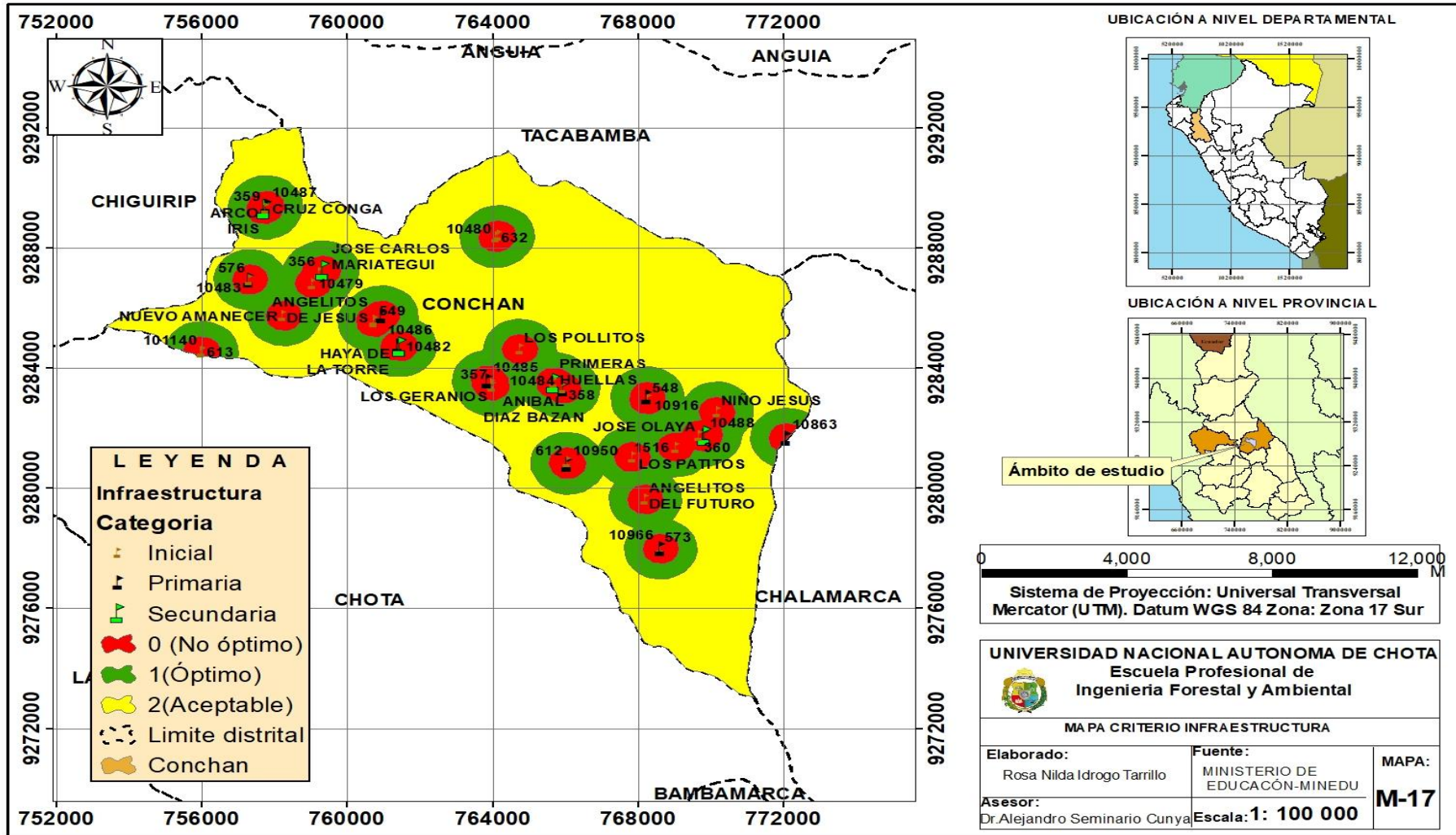
territorio y por último las zonas aceptables que comprende 3509,17 ha (23,2 %) de toda la circunscripción del distrito de Conchán, evidenciándose en la tabla 29.

Tabla 29

Resultado de ponderación de criterio infraestructura

Descripción	Valoración	Área (ha)	%
No Óptima	0	1683,29498	11,00
óptima	1	3824,37307	24,99
Aceptable	2	9793,85746	64,01
Total		15301,5255	100,00

Figura 26
Mapa de áreas disponibles de infraestructura



En relación a la superposición ponderada se utilizó la herramienta *Weighted Overlay*, considerando los criterios señalados con el valor de ponderación y la influencia de cada uno de ellos (Porcentaje de influencia) donde, la hidrología y distancia a vías de acceso; son consideradas como las variables de mayor influencia sobre la ubicación de sitios óptimos para la infraestructura de disposición final, a la cual se asignó una ponderación de 16%, las variables de pendiente, capacidad de uso mayor de suelo se consideró una ponderación de 15%, la variable de distancia a centros poblados, variables de distancia a fallas geológicas y distancia a sitios arqueológicos una ponderación de 10% y por último las distancias infraestructuras con una ponderación del 8% se logró determinar las áreas óptimas y aceptables para la localización de un relleno sanitario, ver figura 27 y 28, estos porcentajes se consideró en base al 100% teniendo en cuenta investigaciones anteriores similares como Cobos *et al.* (2017), Bustamante (2020).

Si bien todos los criterios son importantes, pero Belcazár (2019) tuvo como objetivo principal salvaguardar las redes hídricas, la idoneidad de la zona donde se ubicará la construcción de disposición final, proporcionando ventajas de pendientes, salvaguardando a las personas de los probables efectos negativos que se genere en el área del relleno sanitario, seleccionando áreas apartadas de los centros poblados y por último teniendo en cuenta la infraestructura.

Figura 27

Porcentaje de influencia de los criterios establecidos.

Weighted Overlay

Weighted overlay table

Raster	% Influence	Field	Scale Value
FALLAgeolo.tif	10	VALUE	
		0	Restricted
		1	1
		2	2
		NODATA	NODATA
CUM.tif	15	Value	
		0	Restricted
		1	1
		2	2
		NODATA	NODATA
centros poblados.t	10	Value	
		0	Restricted
		1	1
		2	2
		NODATA	NODATA
Arqueologia.tif	10	VALUE	
		0	Restricted
		1	1

Sum of influence: 100 Set Equal Influence

Evaluation scale: 0 to 2 by 1 From: To: By:

Figura 28

Porcentaje de influencia de los criterios establecidos

Weighted Overlay

Weighted overlay table

Raster	% Influence	Field	Scale Value
pendiente.tif	15	Value	
		0	Restricted
		1	1
		2	2
		NODATA	NODATA
infraestructura.tif	8	VALUE	
		0	Restricted
		1	1
		2	2
		NODATA	NODATA
hidrologia.tif	16	VALUE	
		0	Restricted
		1	1
		2	2
		NODATA	NODATA
vias de acceso.tif	16	VALUE	
		0	Restricted
		1	1

Sum of influence: 100 Set Equal Influence

Evaluation scale: 0 to 2 by 1 From: To: By:

4.1.3. Elaboración de mapa con las zonas óptimas para la instalación del relleno sanitario.

Para la elaboración del mapa final de zonas óptimas se consideró cada área superior a 0,61 ha y cumpliendo con normativa peruana, para determinar el área que se necesita se realizó los cálculos que se desarrolla a continuación.

4.1.3.1. Calculó el área necesaria para el relleno de Conchán. La siguiente fórmula se utilizó para estimar la proyección de la población.

$$pf = Pi x (1 + r)^n$$

De acuerdo al INEI (2019), en el 2019 se tuvo una apreciación de los habitantes de 5986 en el distrito de Conchán y la proyección para el año 2023 es de 5996 pobladores considerando una tasa de crecimiento de 0,42%, visualizándose en la tabla 30.

Aplicando la fórmula, la estimación de los habitantes del distrito de Conchán, hasta el año 2032 es de 6226 pobladores, considerando los siguientes datos:

$$Pi = 5986 \text{ habitantes}$$

$$r = 0,42 \%$$

$$n = 2032 - 2019 = 13$$

Donde 13 es el número de años proyectados desde el año 2019 hasta el año 2032 para estimar la población del distrito.

- **Producción de residuos sólidos domiciliarios por habitante (GPC, kg/hab/día)**

En el distrito de Conchán en el 2019, cada persona al día generaba 0,23 kg de residuos sólidos, considerando un crecimiento anual de 1% (CEPIS y OPS, 2002), se obtuvo como resultado para el año 2023 una generación diaria por cada persona de 0,239 kg y al año 2032 una generación diaria por persona de 0,26 kg (tabla 30).

- **Cantidad generada de residuos sólidos domiciliarios (kg/día)**

La producción diaria de residuos sólidos en el hogar se logró calcular utilizando la fórmula a continuación.

$$DSd = Pob * Gpc$$

Dando como resultado en el 2023 una producción diaria de residuos sólidos de hogar de 1434,17 kg y con una proyección al 2032 de 1618, 18 kg/día (tabla 30).

- **Producción de residuos sólidos no domiciliarios (kg/día)**

Según el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Conchán - 2019 se generó 84,29 kg/día de residuos sólidos no domiciliarios teniendo en cuenta un incremento cada año del 1%, obteniendo como resultado para el año 2023 una generación de 87,66 kg/día y al año 2032 una generación 95,25 kg/día (tabla 30).

- **Producción de residuos sólidos especiales (kg/día)**

En del distrito de Conchán - 2019 se generó 1,27 kg/día de residuos sólidos especiales considerando un crecimiento por año del 1%, obteniendo como resultado para

el año 2023 una generación de 3,27 kg/día y al año 2032 una generación 6,27 kg/día (tabla 30).

- **Producción total de residuos sólidos municipales (kg/día)**

Se sumó producción en kg/día de residuos sólidos (domiciliarios, no domiciliarios y especiales), obteniendo una generación de 1525,10 kg/día en el año 2023 y con una proyección al 2032 de 1719,70 kg/día ver tabla 5, estos resultados se convirtieron a toneladas por día y se multiplicó por 365 días de un año para sacar la cantidad de residuos sólidos municipales producidos cada año.

- **Cálculo de volumen de residuos sólidos compactados**

Se aplicó la siguiente fórmula:

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

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

Se obtuvo como resultado en el 2023 un volumen anual compactado de 1237,02 kg/m³ con una proyección al 2032 de 1394,87 kg/m³, visualizándose en la tabla 30.

- **Cálculo de volumen de residuos sólidos anual estabilizado.**

Se aplicó la siguiente fórmula:

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

Se obtuvo como resultado en el 2023 un volumen anual estabilizado de 1113,32 m³ con una proyección al 2032 de 1255,38 m³, ver tabla 30.

- **Volumen de relleno sanitario**

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

Utilizando la fórmula se obtuvo en el año 2023 un volumen del relleno sanitario de 1335,99 m³ /año con una proyección al 2032 de 1506,45 m³ /año (tabla 30).

- **Volumen acumulado de relleno sanitario en m³**

Para el volumen acumulado, se tomó como base el volumen de relleno sanitario del 2019 y se sumó con el año siguiente, hasta llegar al año proyectado 2032.

- **Área requerida**

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

Utilizando la fórmula se obtuvo en el año 2023 un área requerida de 1628,46 m²/año con una proyección al año 2032 de 4846,28 m²/año.

- **Área total requerida**

$$A_T = F * A_{RS}$$

Utilizando esta fórmula se obtuvo como resultado un área de 2035,57 m² en el año 2023 y con una proyección al 2032 de 6057,84 m² (tabla 30).

Tabla 30

Cálculo para determinar área para el diseño del proyecto de relleno sanitario

CÁLCULO PARA DETERMINAR ÁREA PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO DE RELLENO SANITARIO																			
Años	Población del distrito de Conchán (hab.)	Cantidad de Residuos Sólidos								Volumen de Residuos Sólidos								Área del Relleno Sanitario en m ² /Año	Total, de área requerida en m ²
		GPC (dom.) (kg/ha-1h.*día)	Generación R.S.D. (kg/día)	Generación RSND (kg/día)	Generación RSE (kg/día)	Generación Municipal GRSM (Kg/día)	Total, a disponer (100,00%) (t/día) (*)	Annual (t)	Acumulado (t)	Diario (m ³)	Annual (m ³)	Estabilizados Annual (m ³)	Mat. Cobert. Annual (m ³)	Rellenos RSE+M C (m ³)	Acumulado (m ³)				
0	2019	5986	0,230	1376,78	84,29	1,27	1462,34	1,46	533,75	533,75	3,25	1186,12	1067,51	213,50	1281,01	1281,01	320,25	400,32	
1	2020	5921	0,232	1375,39	85,13	1,28	1461,81	1,46	533,56	1067,31	3,25	1185,69	1067,12	213,42	1280,54	2561,55	640,39	800,49	
2	2021	5946	0,235	1394,84	85,98	2,27	1483,09	1,48	541,33	1608,64	3,30	1202,95	1082,66	216,53	1299,19	3860,74	965,19	1206,48	
3	2022	5971	0,237	1414,44	86,82	2,28	1503,54	1,50	548,79	2157,43	3,34	1219,54	1097,58	219,52	1317,10	5177,84	1294,46	1618,08	
4	2023	5996	0,239	1434,17	87,66	3,27	1525,10	1,53	556,66	2714,09	3,39	1237,02	1113,32	222,66	1335,99	6513,83	1628,46	2035,57	
5	2024	6021	0,242	1454,04	88,50	3,28	1545,82	1,55	564,23	3278,32	3,44	1253,84	1128,45	225,69	1354,14	7867,97	1966,99	2458,74	
6	2025	6046	0,244	1474,05	89,35	4,27	1567,67	1,57	572,20	3850,52	3,48	1271,55	1144,40	228,88	1373,28	9241,25	2310,31	2887,89	
7	2026	6072	0,246	1494,21	90,19	4,28	1588,68	1,59	579,87	4430,39	3,53	1288,60	1159,74	231,95	1391,68	10632,93	2658,23	3322,79	
8	2027	6097	0,248	1514,51	91,03	5,27	1610,81	1,61	587,95	5018,33	3,58	1306,54	1175,89	235,18	1411,07	12044,00	3011,00	3763,75	
9	2028	6123	0,251	1534,95	91,88	5,28	1632,11	1,63	595,72	5614,05	3,63	1323,82	1191,44	238,29	1429,73	13473,72	3368,43	4210,54	
10	2029	6148	0,253	1555,54	92,72	6,27	1654,53	1,65	603,90	6217,95	3,68	1342,00	1207,80	241,56	1449,36	14923,09	3730,77	4663,46	
11	2030	6174	0,255	1576,27	93,56	6,27	1676,10	1,68	611,78	6829,73	3,72	1359,51	1223,55	244,71	1468,27	16391,35	4097,84	5122,30	
12	2031	6200	0,258	1597,15	94,40	6,27	1697,83	1,70	619,71	7449,44	3,77	1377,13	1239,41	247,88	1487,30	17878,65	4469,66	5587,08	
13	2032	6226	0,260	1618,18	95,25	6,27	1719,70	1,72	627,69	8077,13	3,82	1394,87	1255,38	251,08	1506,45	19385,10	4846,28	6057,84	
																	Ha	0,61	

Los datos se tabularon y se obtuvo que se requiere un área de 0,61 ha, para el emplazamiento del relleno sanitario en el distrito de Conchán, con un tiempo de vida de 10 años y para una población de 6226 habitantes.

Luego de calcular el área que se necesita para el relleno sanitario, se creó el mapa para determinar las mejores áreas para construir la infraestructura destinada a la disposición final de residuos sólidos, lográndose localizar nueve sitios óptimos y 14 aceptables.

En la tabla 31 con relación a las áreas óptimas se muestra que el área óptima (5) es la que tiene mayor extensión con 31,26 ha y el área (1) tienen el área más pequeña con 7,04 ha, con respecto a las áreas aceptables se obtuvo que el área (16) es la más extensa con 202,38 ha y el área (14) es la que tienen una extensión menor con 7,17 ha.

Tabla 31

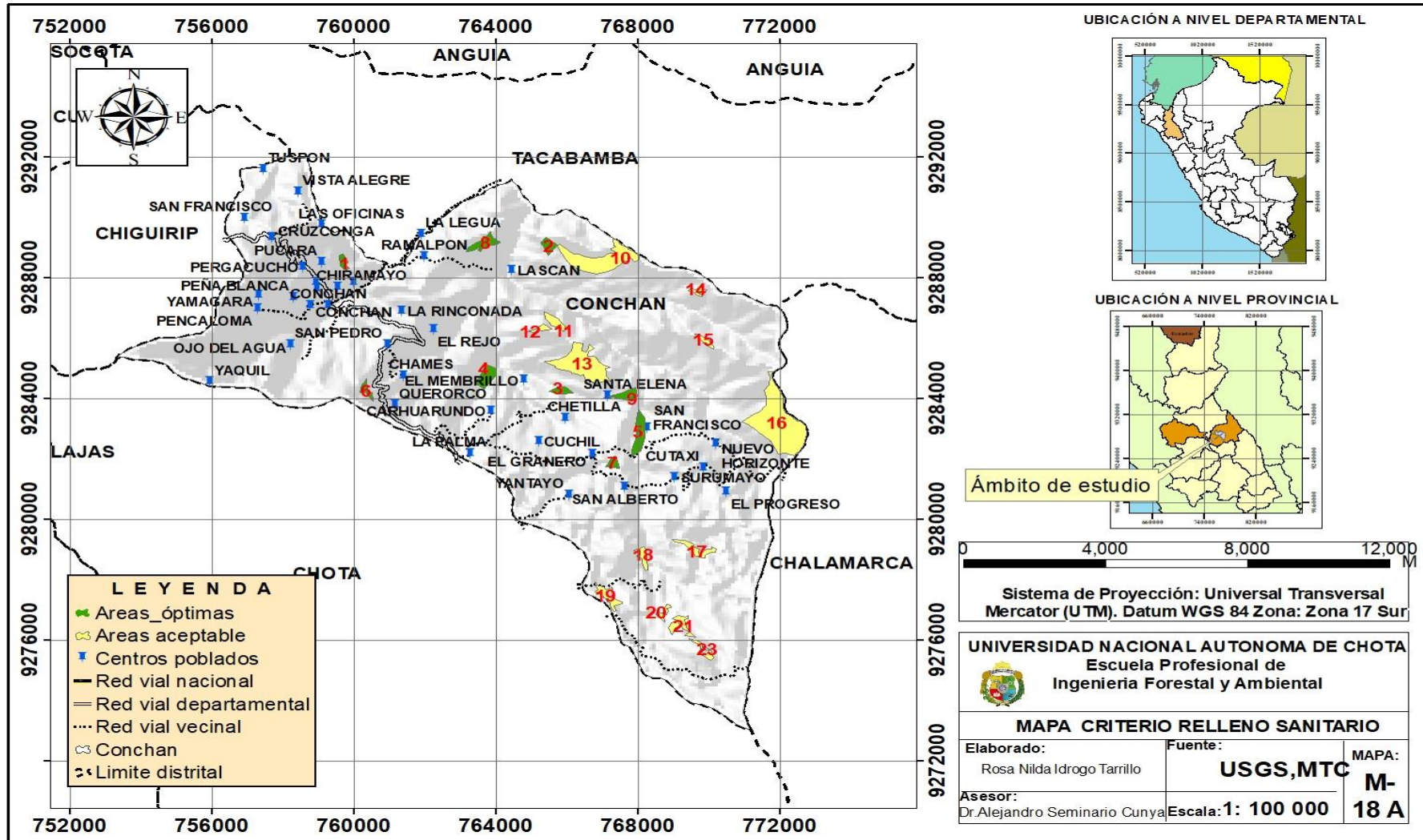
Áreas óptimas y aceptables identificadas

Polígono	Área ha	Categoría	Coordenada x	Coordenada y
1	7,04	Óptimo	759701,68	9288503,97
2	13,62	Óptimo	765474,79	9289066,52
3	9,37	Óptimo	765814,00	9284159,00
4	25,30	Óptimo	763734,07	9284738,62
5	31,26	Óptimo	768027,00	9282837,11
6	9,40	Óptimo	760342,30	9284266,28
7	8,73	Óptimo	767288,92	9281860,57
8	23,52	Óptimo	763645,85	9289129,68
9	17,70	Óptimo	767677,37	9284119,25
10	109,06	Aceptable	766921,08	9288599,91
11	15,22	Aceptable	765644,51	9286540,54
12	7,84	Aceptable	765259,75	9286307,83
13	109,45	Aceptable	766416,62	9285115,66
14	7,17	Aceptable	769679,10	9287548,61
15	7,43	Aceptable	769893,22	9285880,52
16	202,38	Aceptable	771937,75	9283177,87
17	18,70	Aceptable	769628,73	9279017,98

18	12,75	Aceptable	768142,25	9278746,47
19	19,23	Aceptable	767139,92	9277442,73
20	7,63	Aceptable	768710,18	9276923,51
21	11,40	Aceptable	769277,07	9276516,08
22	7,23	Aceptable	768985,57	9276440,00
23	11,97	Aceptable	769844,05	9275661,23

Figura 29

Mapa preliminar con las zonas óptimas y aceptables para la instalación de relleno sanitario



4.1.4. Evaluación y validación de alternativas mediante imágenes satelitales descargadas de la USGS y verificación en campo.

Con ayuda de imágenes satelitales y la visitas a campo se contrastó y visualizó las áreas óptimas obtenidas mediante evaluación multicriterio utilizando los Sistema de Información Geográfica (SIG), como se visualiza en la figura 31, en campo se tomó en cuenta los criterios anteriormente mencionados y evaluados, constatando que cumplan con los criterios establecidos en la guía del MINAM. Se registró las coordenadas UTM y se constató la accesibilidad, vegetación, hidrología, poblaciones aledañas y fuentes de agua que al analizar la base de datos en ArcGIS no fue posible localizar y el relleno sanitario a instalar.

Para recolectar esta información en campo, se manejó una ficha de recolección, como se evidencia en anexos.

Como resultado de la evaluación en campo y la contrastación con las imágenes satelitales, se determinó que las áreas 1, 2, 3, 4, 5 son las más propicias debido a que cumplen con los criterios del MINAM, evidenciándose en la figura 30, las demás áreas fueron descartadas en campo por la presencia de acuíferos, carreteras en mal estado, de difícil accesibilidad y población aledaña.

4.1.4.1. Descripción de las áreas óptimas identificadas en campo

- **Área 1**

Se sitúa tomando como centroide las coordenadas UTM 759701,68 este y 9288503,97 norte teniendo como coordenadas de los vértices de los polígonos de las áreas óptimas las siguientes:

a) 759787,40 E, 9288396,33 N

b) 759651,21 E, 9288427,44 N

c) 759675,91 E, 9288745,30 N

d) 759602,03 E, 9288709,92 N

Con una altitud de 2 451 msnm en la localidad del Arenal perteneciente al distrito de Conchán, tiene un área de 7,04 ha, fácil acceso, una pendiente entre 4% y 25% y se ubica a una distancia superior a 1000 metros de las fuentes hídricas, la capacidad de uso mayor de la tierra involucran al grupo (F2se/F- F2se-P2se(t)/E- F2sec/E), siendo tierras idóneas para agricultura constante, aptitud agrícola promedio, con limitaciones de tierra, así mismo suelos idóneos para producción forestal, no hay infraestructura cerca de esta área, la vegetación está conformada por eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), chancua (*Minthostachys mollis*), pino (*Pinus patula*), zarza común (*Rubus ulmifolius*), helechos (*Pteridium aquilinum*), cortadera (*Cortaderia jubata*) y herbazales, considerando para esta área óptima, el establecimiento de relleno sanitario manual, debido a la generación diaria de residuos sólidos de 1,46 t, según el cálculo en la tabla 29 cumpliendo con la normativa actual, la cual establece que en un relleno sanitario manual se debe operar como máximo hasta seis (06) toneladas de residuo sólidos, ver figura 33 y 34.

- **Área 2**

Se ubica tomando como centroide las coordenadas UTM 765474,79 este y 9289066,52 norte teniendo como coordenadas de los vértices de los polígonos de las áreas óptimas las siguientes:

a) 765680,94 E, 9289071,05 N

b) 765457,94 E, 9288790,76 N

c) 765418,51 E, 9289260,98 N

d) 765287,43 E, 9289141,35 N

A una Altitud de 2391 msnm en la localidad del Lascán perteneciente al distrito de Conchán, tiene un área de 13,62 ha, fácil acceso, una pendiente entre 4° y 25% y se ubica a una distancia superior a 1000 metros de las fuentes hídricas, la capacidad de uso mayor de la tierra involucran al grupo (F2se/F- F2se-P2se(t)/E- F2sec/E), siendo tierras idóneas para agricultura constante, aptitud agrícola promedio, con limitaciones de tierra, así mismo suelos idóneas para producción forestal, no hay infraestructura cerca de esta área, la vegetación está conformada por chilca (*Baccharis latifolia*), eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), Chichairo (*Citharexylum laurifolium*), pajuro (*Erythrina edulis*), pino (*Pinus patula*), zarza común (*Rubus ulmifolius*), helechos (*Pteridium aquilinum*) y herbazales, considerando para esta área óptima, el establecimiento de relleno sanitario manual, debido a la producción de 1,46 toneladas diarias de residuos sólidos, según el cálculo en la tabla 29 cumpliendo con la normativa actual, la cual establece que en un relleno sanitario manual se debe operar como máximo hasta seis (06) toneladas de residuo sólidos, ver figura 35 y 36.

- **Área 3**

Se ubica tomando como centroide las coordenadas UTM 765814,00 este y 9284159,00 norte teniendo como coordenadas de los vértices de los polígonos de las áreas óptimas las siguientes:

a) 766045,45 E, 9284055,69 N

b) 766122,78 E, 9284135,25 N

c) 765776,40 E, 9284354,71 N

d) 765634,31 E, 9284249,57 N

A una Altura de 2427 msnm en la comunidad de la de Santa Elena, distrito de Conchán, tiene un área de 9,37 ha, fácil acceso, con una pendiente entre 4° y 25% y se ubica a una distancia superior a 1000 m de las fuentes hídricas, la capacidad de uso mayor de la tierra involucran al grupo (F2se/F- F2se-P2se(t)/E- F2sec/E), siendo tierras idóneas para agricultura constante, aptitud agrícola promedio, con limitaciones de tierra, así mismo suelos idóneas para producción forestal, no hay infraestructura cerca de esta área, la vegetación está conformada por alisos (*Alnus acuminata*), eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus patula*), zarza común (*Rubus ulmifolius*), romero (*Clinopodium sericeum*), helechos (*Pteridium aquilinum*) y herbazales, considerando para esta área óptima, el establecimiento de relleno sanitario manual, debido a la producción de 1,46 toneladas diarias de desechos sólidos, según el cálculo en la tabla 29 cumpliendo con la normativa actual, la cual establece que en un relleno sanitario manual se debe operar como máximo hasta seis (06) toneladas de residuo sólidos, ver figura 37 y 38.

- **Área 4**

Se ubica tomando como centroide las coordenadas UTM 763734,07 este y 9284738,62 norte teniendo como coordenadas de los vértices de los polígonos de las áreas óptimas las siguientes:

a) 763520,13 E, 9284366,38 N

b) 763443,66 E, 9284509,99 N

c) 763956,10 E, 9284978,34 N

d) 763881,50 E, 9284509,33 N

A una altitud de 2347 msnm en la localidad de Chames, concerniente al distrito de Conchán, tiene una extensión de 25,30 ha, fácil acceso, con una pendiente entre 4° y 25% y se ubica a una distancia superior a 1000 metros de las fuentes hídricas, la capacidad de uso mayor de la tierra involucran al grupo (F2se/F- F2se-P2se(t)/E- F2sec/E), siendo tierras idóneas para agricultura constante, aptitud agrícola promedio, con limitaciones de tierra, así mismo suelos idóneas para producción forestal, no hay infraestructura cerca de esta área, la vegetación está conformada por eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), zarza común (*Rubus ulmifolius*) y herbazales, considerando para esta área óptima , el establecimiento de relleno sanitario manual, debido a la producción de 1,46 toneladas diarias de desechos sólidos, según el cálculo en la tabla 29 cumpliendo con la normativa actual, la cual establece que en un relleno sanitario manual se debe operar como máximo hasta seis (06) toneladas de residuo sólidos, ver figuras 39 y 40.

- **Área 5**

Se ubica tomando como centroide las coordenadas UTM 768027,00 este y 9282837,11 norte vértices de los polígonos de las áreas óptimas las siguientes:

- a) 767829,62 E, 9282249,62 N
- b) 767983,09 E, 9282419,49 N
- c) 767968,62 E, 9283494,98 N
- d) 767729,54 E 9283144,07 N

A una altitud de 2710 msnm en la localidad de Santa Elena, concerniente al distrito de Conchán, tiene una extensión de 31,26 ha, tiene fácil accesibilidad, una pendiente entre 4° y 25% y se ubica a una distancia superior a 1000 m de las fuentes hídricas, la capacidad de uso mayor de la tierra involucran al grupo (F2se/F- F2se-P2se(t)/E- F2sec/E), siendo tierras idóneas para agricultura constante, aptitud agrícola promedio, con limitaciones de tierra, así mismo suelos idóneas para producción forestal, no hay infraestructura cerca de esta área, la vegetación que se pudo observar está conformada por lanche (*Myrcianthes rhopaloides*), eucaliptos (*Eucalyptus globulus*), alisos (*Alnus acuminata*), pino (*Pinus patula*), zarza común (*Rubus ulmifolius*), shita (*Smallanthus jelskii*), chilca (*Baccharis latifolia*) y herbazales, considerando para esta área óptima, el establecimiento de relleno sanitario manual, debido a la producción de 1,46 toneladas diarias de desechos sólidos, según el cálculo en la tabla 29 cumpliendo con la normativa actual, la cual establece que en un relleno sanitario manual se debe operar como máximo hasta seis (06) toneladas de residuo sólidos, ver figura 41 y 42.

Figura 30
Mapa final de áreas óptimas identificadas

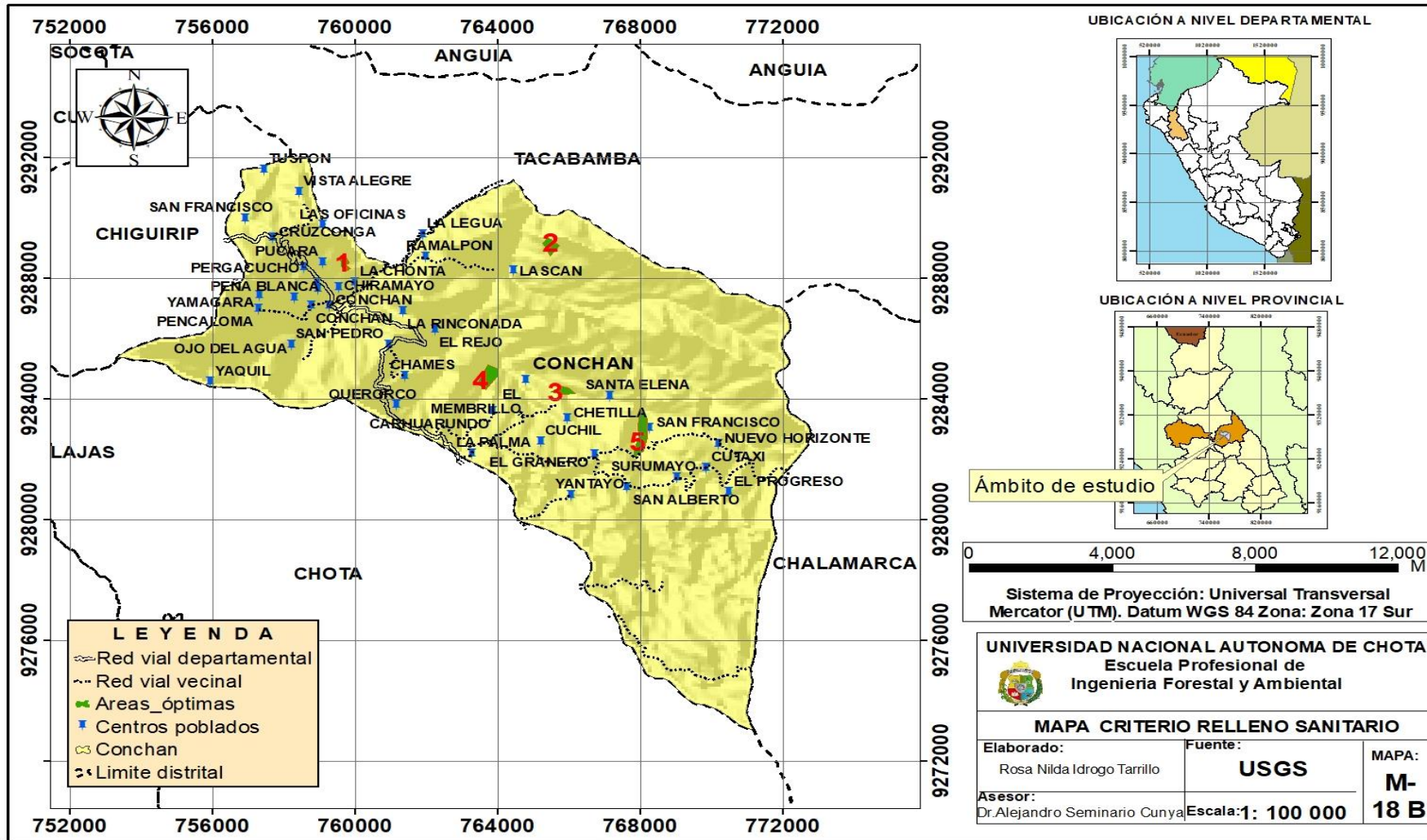
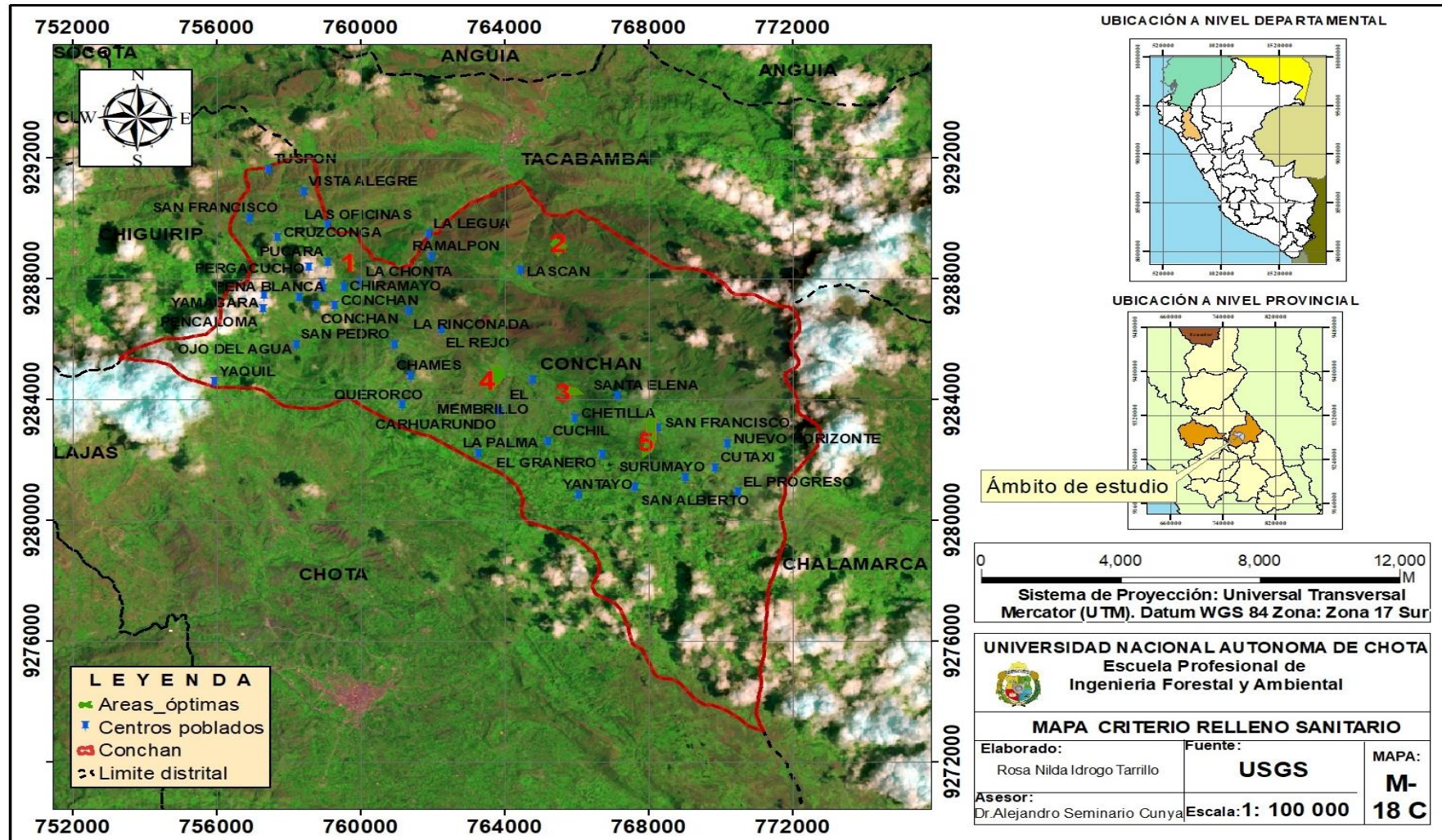


Figura 31

Mapa final con las áreas óptimas para la instalación de relleno sanitario elaborado con la ayuda de imágenes satelitales (USGS).

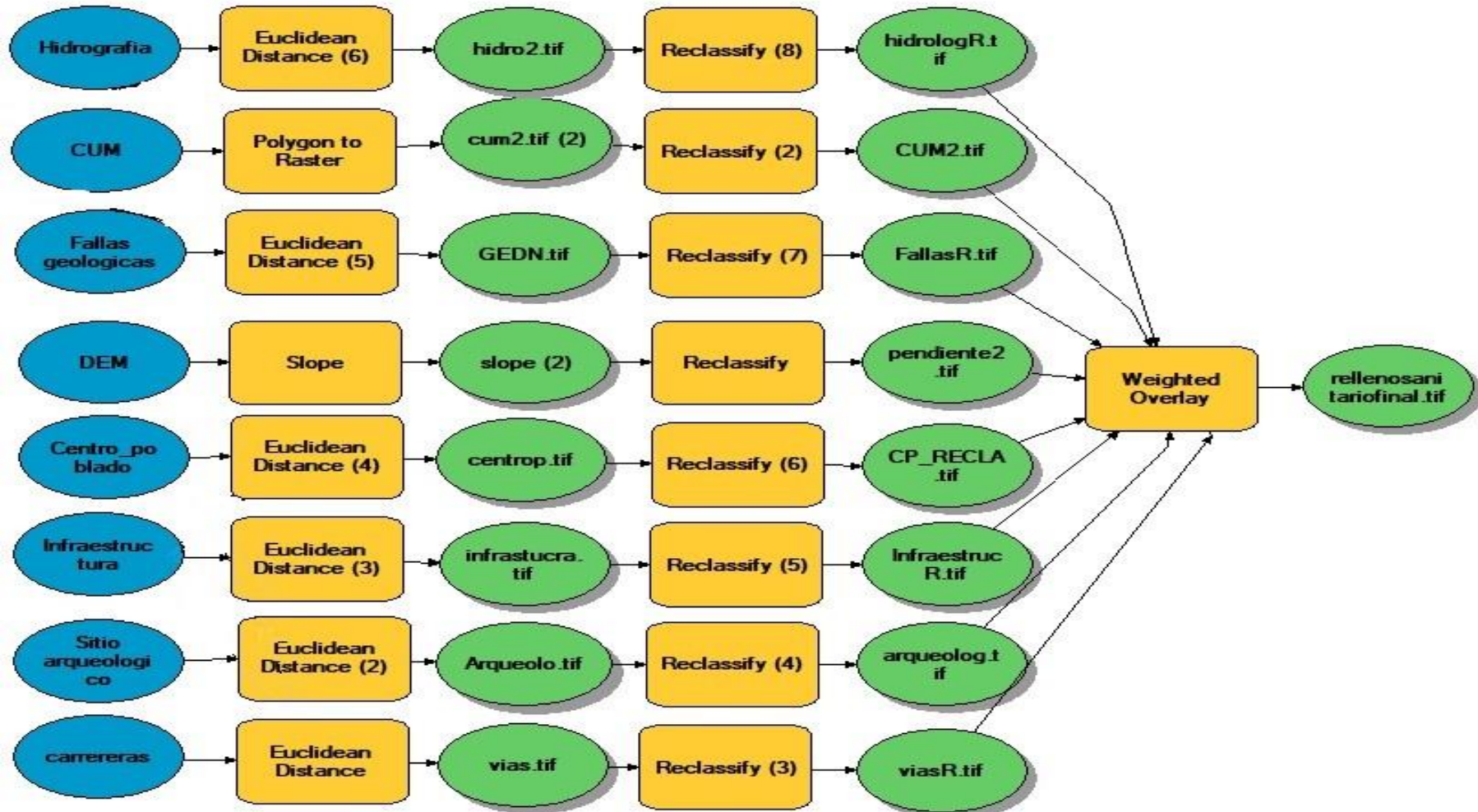


4.1.5. Diseño del modelo geoespacial en Model Builder

Validado todo el proceso, se construyó una herramienta en Model Builder de ArcGIS, para la determinación de sitios óptimos y localización de relleno sanitario bajo los criterios establecidos en el actual estudio, herramienta que facultará la replicabilidad de la metodología de manera sencilla y rápida, evidenciándose en la figura 32.

Figura 32

Diseño del modelo geoespacial en Model Builder



4.2. Contrastación de hipótesis

La hipótesis del estudio actual fue: “En el distrito de Conchán es posible localizar por lo menos un área óptima para la instalación del relleno sanitario”.

Se acepta la hipótesis confirmando que en el distrito de Conchán con la validación en campo se consideró cinco áreas óptimas para el establecimiento de un relleno sanitario.

4.3. Discusión de resultados

Este estudio desarrolló un modelo para la ubicación óptima de un relleno sanitario utilizando la herramienta Model Builder de ArcGIS, mediante la elaboración de una base de ráster estandarizada con ocho variables, coincidiendo con el estudio de Loyaga (2019) en la provincia de Jaén - distrito de Pirias, el cual tuvo en cuenta variables como: fallas geológicas, centros poblados, pendiente, carretera, hidrología, infraestructura, sitios arqueológicos, capacidad de usos mayor de suelo y se tuvo en cuenta una ponderación de 0 (sitios no óptimos), 1 (sitios óptimos) y 2 (sitios aceptables).

En el presente estudio se localizaron a través de trabajo en gabinete nueve áreas óptimas y 14 aceptables, de las cuales, con el trabajo de campo se seleccionaron cinco zonas óptimas para la infraestructura de disposición final, con áreas de 7,04 ha, 13,62 ha, 9,37 ha, 25,30 ha y 31,26 ha en comparación con Iñiguez *et al.* (2020) que en el Cantón Arenillas, Ecuador identificaron en el rango de 11 ha a 50 ha, 22 zonas óptimas, de 50 ha a 100 ha, cinco áreas óptimas, y de 100 ha a 140 ha cinco áreas óptimas, haciendo un total de 2173 ha adecuadas para la ubicación de un relleno sanitario, mientras que Altamirano (2019) obtuvo tres probables lugares adecuados para la localización de un

relleno, en la cual la alternativa más óptima fue la segunda alternativa , porque está más cerca del distrito de Chirinos – San Ignacio en comparación con las dos restantes.

El número de zonas óptimas varía de una región a otra debido a sus diferentes ubicaciones geográficas, ya que la probabilidad de encontrar una zona óptima es menor en regiones montañosas con pendientes pronunciadas que en superficies llanas o levemente inclinadas (Uscamayta, 2021).

Por otro lado, Espejo (2017), en el distrito de Chachapoyas- Región Amazonas realizó un estudio donde hace referencia a la ponderación que utilizó estableciendo el valor de 1 a las áreas aptas y 0 a no aptas, obteniendo cuatro zonas óptimas, así mismo Ito (2020) en la provincia Puno - distrito de Coata, a través del análisis multicriterio realizó una ponderación de criterios para zonas no aptas = 0 y para zonas aptas = 1, logrando identificar tres zonas idóneas para la infraestructura de disposición final de 39,76 ha ,93,09 ha , y 491,71 ha, a diferencia del distrito de Conchán que se asignó tres valores al momento de hacer la ponderación, áreas no óptimas =0, áreas óptimas =1 y áreas aceptables = 2, identificando nueve áreas óptimas y 14 aceptables, estos rangos de peso se seleccionaron para producir un mapa final que revele las zonas de localización del relleno sanitario, tanto óptimas como aceptables, proporcionando así múltiples opciones como resultados de selección. A diferencia de los autores mencionados que solo usaron dos ponderaciones, Bustamante (2020) en su investigación en provincia de el Oro, Cantón Santa Rosa - Ecuador, manejó una ponderación similar a la presente investigación, pero con valores de 1, 5 y 10 donde 1 representó la valoración más baja de sitio adecuado, 5 el nivel medio y 10 la más alta, el mapa resultante se dividió en tres distinciones: áreas óptimas, áreas eficientes y áreas no aptas para relleno sanitario, dando

como resultado tres zonas idóneas que cumplieran con los parámetros establecidos por el Ministerio del Ambiente.

En la actual investigación se calculó el espacio necesario para la instalación de relleno sanitario en el distrito de Conchán obteniendo un superficie de 0,61 ha con proyección al 2032, descartando las áreas menores a esta, coincide con Paredes (2018) quien obtuvo un área requerida de 2,05 ha y se descartó las áreas menores a las hectáreas calculadas para el espacio del relleno sanitario, la diferencias entre las hectáreas calculadas está relacionada con el espacio geográfico del estudio, los habitantes y la producción diaria de residuos sólidos.

Finalmente se efectuó el diseño geoespacial con la herramienta Model builder permitiendo la replicabilidad de manera rápida y sencilla, coincidiendo con el estudio de Añasco y Sánchez (2022) quienes propusieron un modelo espacial para localizar sitios adecuados de disposición lugares adecuados para el emplazamiento del relleno sanitario con una extensión de e 871,05 ha , 1475,93 ha y 319,42 ha respectivamente en la localidad de Azángaro, y corroborado por Duarte-Casas y Parra-Montero (2021) quienes desarrollaron un modelo utilizando la aplicación Model Builder y obtuvo tres alternativas posibles para la localización de una infraestructura de disposición final, en los municipios de Bojacá y Mosquera - Colombia, con áreas de 108,20 ha, 96,26 ha, y 636,86 ha.

Si bien las ocho variables como hidrología, distancia a vías de acceso, pendiente, capacidad de uso mayor de suelo, distancia a centros poblados, fallas geológicas, sitios arqueológicos, infraestructuras consideradas en la investigación son importantes para la localización de un sitio óptimo para disposición final, para Bello y Vásquez (2023) la distancia hacia los cuerpos de agua es una variable crucial para evitar los efectos

negativos sociales y ambientales. Asimismo, la importancia de tener una distancia adecuada a las vías de acceso y en buenas condiciones es fundamental para el transporte de los residuos sólidos al relleno sanitario, considerando que las pendientes altas dificultan la construcción y operación de la tecnología de relleno sanitario, la pendiente también es importante (Bello y Vásquez ,2023), con lo que respecta a la variable de capacidad de uso mayor de suelo según Belalcázar (2019) es esencial conocer la ocupación del suelo donde se llevará a cabo el relleno sanitario, es ilegal establecer un relleno sanitario en suelos urbanos y de protección, lo que deja las opciones de suelos agrícolas, ganaderías y forestales. Concerniente a distancia a centros poblados, a la hora de encontrar un relleno sanitario, las áreas pobladas se consideraron cruciales porque el objetivo era minimizar el impacto en las poblaciones cercanas para reducir los conflictos y problemas que causan malos olores o contaminación (Almonacid-Vidala, et al. 2023), para la variable de fallas geológicas con el fin de prevenir daños a la infraestructura debido al riesgo sísmico del sector, se determinó que la ubicación del relleno debe ser lo más alejada posible (Belalcázar, 2019), asimismo el relleno debe estar lo más alejado posible de los sitios arqueológicos, porque puede causar daños permanentes o incluso la destrucción completa de estos recursos, lo que resulta en la pérdida de información históricamente importante (Vásquez, 2023), finalmente en el área del emplazamiento del relleno sanitario no debe existir infraestructura debido a que puede verse perjudicada por los malos olores, vectores, o algún tipo de contaminación que se pueda generar.

Las distancias de las cinco áreas óptimas a la zona urbana del distrito de Conchán fueron: Sector el Arenal (3,22 km), caserío de Lascán (9,11 km), caserío de Santa Elena (15,2 km), Chames (13,3 km) y el caserío de Santa Elena (16 km) concordando con la investigación realizada por Vásquez (2023) que encontró áreas viables para la

construcción de un relleno sanitario entre la distancia de 1 km a 16 km de distancia a la zona urbana.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se seleccionaron cinco áreas óptimas (7, 04 ha, 13,62 ha, 9,37 ha, 25,30 ha y 31, 26 ha) de las nueve zonas óptimas y 14 zonas aceptables obtenidas en gabinete, para el establecimiento de un relleno sanitario utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el distrito de Conchán, provincia de Chota, de acuerdo con el DS 014-2017 - MINAM y la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual – 2011.

Se logró elaborar una base de datos ráster estandarizada de las variables consideradas como criterios, para la localización óptima de un relleno sanitario en el distrito de Conchán.

Utilizando la herramienta Model Builder de ArcGIS, se desarrolló un modelo para determinar la localización óptima de un relleno sanitario, donde detalla el procedimiento a seguir (esquema aplicativo) de cada variable considerada según la guía del MINAM, el resultado de todo el proceso fue la obtención del mapa permitiendo identificar las zonas idóneas para relleno sanitario, en el distrito de Conchán.

Se elaboró mapas de cada variable y de las áreas que cumplen con criterios para el emplazamiento de un relleno sanitario en el distrito de Conchán.

5.2. RECOMENDACIONES

Se sugiere que todas las entidades públicas, privadas e investigadores que estén interesados en construir un relleno sanitario utilicen el modelo geoespacial para identificar las ubicaciones más adecuadas.

Para el emplazamiento del relleno sanitario, se sugiere a la Municipalidad Distrital de Conchán optar por las áreas con polígonos codificados con 1, 2, 3, 4,5 debido a su proximidad al eje vial, por su pendiente favorable, la no existencia de fuentes de agua cercanas e infraestructura, su capacidad de uso mayor de tierras con idoneidad forestal, cobertura vegetal como pastos, arbustos, y algunas especies maderables.

Respecto al tema, se recomienda realizar estudios o líneas base más detalladas, como análisis hidrogeológico detallado para prevenir la contaminación de los acuíferos, comprender la profundidad, dirección y velocidad del efluente, para mejorar las investigaciones cartográficas, también deben publicarse datos espaciales de alta calidad sobre el medio ambiente, sensibilidades medioambientales, meteorológicas y sociales que enriquezcan dichos estudios.

Se propone coleccionar información a través de estudios minuciosos que estén disponibles en la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de las gobernaciones municipales e instituciones nacionales, de modo que se puedan hacer propuestas que ayuden y apoyen el desarrollo sostenible del distrito de Conchán.

Se sugiere a la Municipalidad Distrital de Conchán implementar la presente propuesta que garantiza el cumplimiento de las condiciones primordiales para la instalación del relleno sanitario.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almonacid-Vidala, F., Maturanab, F., Peña-Cortés, F., y Románd, Á. (2023). Sanitary landfills in island contexts. challenges in the Chiloé archipelago, from a spatial and normative approach. *Investigaciones Geográficas*, (66), 14-31. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2023.70981>
- Altamirano, J.K. (2019). *Identificación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos municipales utilizando análisis espacial, distrito Chirinos-San Ignacio* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén.
- Añasco, Q.R y Sánchez, V.M (2022). *Automatización de un modelo mediante análisis multicriterio como alternativa para identificar áreas óptimas de un relleno sanitario caso Provincia Azángaro, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/111937/A%C3%B1asco_QRP-S%C3%A1nchez_VMM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ascanio, F.H. (2017). *Plan de manejo de residuos sólidos urbanos para el distrito de El Tambo según las recomendaciones de la agenda 21* [Tesis de doctorado]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4130/Ascanio%20Yupanqui.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Belalcazar, U.I.A. (2019). Identificación de áreas óptimas para la localización de un relleno sanitario en las subregiones norte y oriente del Valle del Cauca. *Entorno Geográfico* (18), 46-78. DOI: [10.25100/eg.v0i18.8626](https://doi.org/10.25100/eg.v0i18.8626)
- Bello, F. J. C., y Vásquez, B.E.S. (2023). *Metodología multicriterio para la identificación de áreas potenciales en la ubicación de rellenos sanitarios en jurisdicción de*

Cardique integrando herramientas SIG [Tesis de postgrado, Universidad de Manizales].

https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/6660/BELLO_JUAN_CARLOS_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bosque, S.J. y García, R.C. (2000). El uso de los sistemas de Información Geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* (20), 49-67.

http://researchgate.net/publication/39276976_El_uso_de_los_sistemas_de_Informacion_Geog0.

Bustamante, C.A. (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* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador].

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BUSTAMANTE%20NORIEGA%20CARLOS%20ALFREDO.pdf>

Buzai, G.D., y Montes, G.E.J. (2021). *Estadística espacial: fundamentos y aplicación con sistemas de información geográfica*. Universidad Nacional de Luján. Instituto de Investigaciones Geográficas. <https://ri.conicet.gov.ar/ha-1ndle/11336/161048>

Buzai, G.D y Baxendale, C.A. (2010). Análisis espacial con sistema de información geográfica. Aportes de la geografía para la elaboración del diagnóstico en el ordenamiento territorial. *Revista Postgrados UNAH*, 1 (4). 2071- 8470. http://faces.unah.edu.hn/decanato/images/stories/PDF/Revista_Congreso_Vol1/analisis_espacial_sig.pdf

Carballo, J.E. (2019). *Disposición final de residuos sólidos de la zona urbana de la ciudad de Coronel Oviedo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Caaguazú].

[https://publicaciones.fctunca.edu.py/jspui/bitstream/123456789/123/1/TRABAJ
O%20FINAL%20DE%20GRADO JOSE%20CARBALLO_compressed.pdf](https://publicaciones.fctunca.edu.py/jspui/bitstream/123456789/123/1/TRABAJ%20FINAL%20DE%20GRADO%20JOSE%20CARBALLO_compressed.pdf)

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente y la Organización Panamericana de la Salud (2002). *Rellenos sanitarios manuales*.
<http://reciclario.com.ar/wp-content/uploads/Rellenos-Sanitarios.pdf>

Chida, K.L. (2020). Análisis multicriterio basada en SIG para identificar potenciales áreas para establecer un Relleno Sanitario en el Cantón Tena de la Provincia Napo, Ecuador [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica].
[http://201.159.223.17/bitstream/123456789/810/1/T.AMB.B.UEA.%20%20324
9.pdf](http://201.159.223.17/bitstream/123456789/810/1/T.AMB.B.UEA.%20%203249.pdf)

Cobos, S., Solano, J., Vera, A. y Monge, J. (2017). Análisis multicriterio basado en GIS para identificar potenciales áreas de emplazamiento de un relleno sanitario mancomunado en la provincia del Azuay. [https://1library.co/document/yned78ly-
analisis-multicriterio-identificar-potenciales-emplazamiento-sanitario-
mancomunado-provincia.html](https://1library.co/document/yned78ly-analisis-multicriterio-identificar-potenciales-emplazamiento-sanitario-mancomunado-provincia.html)

Decreto Supremo N° 014 de 2017 [Ministerio Nacional del Ambiente]. Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. 21 de diciembre de 2017.

Duarte-Casas A.T., y Parra-Montero C.A. (2021). Evaluación de la localización del relleno sanitario nuevo Mondoñedo e identificación de sitios aptos para la disposición final de residuos en los municipios de Mosquera y Bojacá por medio de sistemas de información geográfica. *Revista Ciencias Agropecuarias* 7(2), 65-82.
[https://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/
view/395/362](https://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/395/362)

- Environmental Systems Research Institute. (2016). *Qué es Model Builder?*. ArcGIS for Desktop. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm>
- Environmental Systems Research Institute. (2016). *Que es un shapefile?*. ArcGIS for Desktop. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>
- Environmental Systems Research Institute. (2018). *Análisis espacial en ArcGIS Pro*. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm>
- Erazo, N. R. (2016). *Identificación de sitios potenciales para la construcción de un relleno sanitario a partir de un SIG en el municipio de Pupiales – Nariño* [Tesis de pregrado, Universidad de Manizales]. http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2695/ERAZO_TAPIA_NELSON_RICARDO_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espejo, A.W. (2018). Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica distrito de Chachapoyas Amazonas- 2017. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería* 1(3), 71-77. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/429>
- Giménez, V.M. y Cardozo, C.R. (22-24 de mayo de 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 /AUGM. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26832>
- Gonzales, M.F. y Minga, F.E. (2010). *Definición de sitios para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos en cinco parroquias rurales del cantón Loja, utilizando sistemas de información geográfica (SIG)* [Tesis de pregrado,

- Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital- Universidad Nacional de Loja.
- Gordillo,C.L. (2019). *Localización de un relleno sanitario en el cantón Naranjal, mediante proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil.
- Hernández,A.A., Ramos,M.P., Placencia,B.M., Indacochea, B., Quimis, A. J., & Moreno, L.A. (2018). Metodología de la investigación científica. In Metodología de la investigación científica (Issue March). ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L. <https://doi.org/10.17993/ccyll.2018.15>
- Hernández,R.,Fernández,C.C., & Baptista, L.P. (2004). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Estadística e informática (2017). *Cajamarca compendio estadístico 2017*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1492/libro.pdf
- Iñiguez, A. E., Porras, A.A. y Maza, J. E. (2020). *Zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón arenillas mediante el análisis multicriterio* [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Institucional- Universidad Técnica de Machala.
- Ito,C.Y. (2020). *Identificación de áreas potenciales para relleno sanitario aplicando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Coata – Puno* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional – Universidad Peruana la Unión.
- Jordá-Borrell,R.,Ruiz- Rodríguez,F. y Lucendo-Monedero,L.A. (2014). Análisis factorial y sistema de información geográfica para determinar áreas de probabilidad de

- presencia de rellenos sanitarios ilegales. Indicadores ecológicos. *ScienceDirect*, 37, 151-160. [10.1016 / j.ecolind.2013.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.001)
- Loyaga,R.F. (2019). *Identificación de áreas óptimas para instalar un relleno sanitario utilizando sistemas de información geográfica, distrito las Pirias - provincia de Jaén* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Jaén.
- Malczewski,J. (2006) Análisis de decisiones multicriterio basado en SIG: una revisión de la literatura. *International Journal of Geographical Information Science*, 20 (7), 703-726. <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>
- Martel,J.E.A., Begazo,B.L.H., Sánchez,S.S.R. y Sánchez,M.R. (2022). Gestión de residuos sólidos y la cultura ambiental en el distrito de Ate, 2022. *TecnoHumanismo*, 2(6), 89-110. <https://doi.org/10.53673/th.v2i6.140>
- Mera,J.H. (2012). *Evaluación multicriterio en sistemas de información geográfica aplicada a la cuenca del río Paute* [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay]. <http://gis.uazuay.edu.ec/descargas/manuales/emc.pdf>
- Mercado, R.M (2015). *Aplicación de modelos de geoprocésamiento para la optimización de procesos SIG en el área ambiental de HVM ingenieros LTDA. Mediante la herramienta model builder de ArcGis* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4864/MercadoHerreraRonaldMauricio2015.pdf;jsessionid=E873E5A9832B21015230AC2BF86C3DB9?sequence=1>
- Ministerio del Ambiente (2009). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39579>

- Ministerio del Ambiente (2021). *Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura*. <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-de-basura>.
- Ministerio del Ambiente. (2011). “*Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*”. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-cierre-relleno>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024*. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/63552>
- Ministerio del Ambiente. (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%20RM.%2014-2021-MINAM%20-%20Guia%20Identificacion%20de%20Zonas%20para%20IDF.pdf.pdf>
- Morales-Soto, S.E. y Rodríguez- Infante. A. (2016). Evaluación geológica ambiental para ubicar un relleno sanitario manual en la parroquia Mene de Mauroa, Venezuela. *Minería y Geología*, 32 (2), 87-101. <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223545820006.pdf>
- Nava,P.C.M, (2018). *Gestión Integral de los Residuos Sólidos Domiciliarios para mejorar la calidad ambiental urbana en el Distrito de Piura – 2017* [Tesis de postgrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - Universidad César Vallejo.
- Nicomedes,E.N. (2018). Tipos de investigación. <http://repositorio.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>

- Olaya,V. (2014). *Sistemas de información geográfica*. <https://normas-apa.org/referencias/citar-libro/>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). *Fiscalización Ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=16983
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (19 de noviembre de 2018). *OEFA identifica 1585 botaderos informales a nivel nacional*. <https://www.oefa.gob.pe/oefa-identifica-1585-botaderos-informales-nivel-nacional/ocac07/>
- Organización Panamericana de la Salud (2010). *Lineamientos estándar para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, vigilancia, control y clausura de las celdas de seguridad de desechos hospitalarios para ciudades grandes, intermedias y pequeñas del país*. http://www.mdgfund.org/sites/default/files/EDG_GUIA_%20Honduras_%20Diseno%20de%20celdas%20seguridad%20desechos%20hospitalarios.pdf
- Paredes,P.E. (2018). *Identificación de áreas óptimas para relleno sanitario de residuos sólidos de la ciudad de Sandia – Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Principi,N. (2017). Evaluación Multicriterio para la obtención de zonas aptitud para el desarrollo urbano en la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina) con Sistemas de Información Geográfica. *Investig. Ens. Geográficos*, 14, 78-91. <https://www.researchgate.net/publication/320975111>
- Pucha- Cofrep,F.,Fries,A.,Cánovas-García,F.,Oñate - Valdivieso,F., Gonzales-Jaramillo, V. y Pucha- Cofrep,D.(2017). *Fundamentos de SIG Aplicaciones con ArcGIS*.

http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro_sig.pdf

- Ramos,Q.E. (2019). *Modelamiento geoespacial para la identificación de zonas críticas vulnerables a peligros múltiples, distrito de-Jaén – Cajamarca* [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Romani,K.O. (2018). *Metas Académicas y Nivel del logro de Aprendizajes en las Estudiantes de la opción ocupacional de confección textil, del CETPRO “Carlos Cueto Fernandini” de Barranco, UGEL N° 07, 2016*[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Educación Enrique Gúzman y Valle]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Educación Enrique Gúzman y Valle.
- Saldaña,D.C.E., & Nájera,G.O. (2019). Identificación de sitios con potencial para la disposición final de residuos sólidos urbanos en el municipio de Tepic, Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35, 69-77.
<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.esp02.07>
- Santos,P.J. (2020). *Sistemas de información geográfica*. Editorial UNED.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xjbeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=sistemas++de+informacion+geogr%C3%A1fica&ots=wsl7jvsDcf&sig=LPgn04qovyTbMKnC5Tx8x6UHg2U#v=onepage&q&f=false>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2020). Pronóstico del tiempo para CHOTA (Cajamarca). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0033>
- Silva,A.D.Y. (2021). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Tacabamba – Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Cesár Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86279>

Silva, R. (8 de septiembre de 2017). Solo se recicla el 15% de la basura diaria en el Perú.

La República. <https://larepublica.pe/sociedad/1095700-solo-se-recicla-el-15-de-la-basura-diaria-en-el-peru/>

Solano, C.M. E., Izquierdo, H. M. I., Tapia, S.C.D., Ipanaqué, C.E. y Zumarán, A.O.R.

(2023). Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios y Calidad Ambiental Urbana en el Distrito de Laredo, Año 2023. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 7(4), 8017-8035.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9163074>

Uscamayata, M.G. (2021). *Determinación de áreas aptas para la instalación de rellenos*

sanitarios mediante los sistemas de información geográfica, apoyado en la técnica de evaluación multicriterio en la provincia del Cusco [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61053>.

Vásquez, O.J.D. (2023). *Identificación de áreas potenciales para la instalación de un*

relleno sanitario aplicando evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca-2023 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].

<http://hdl.handle.net/20.500.14142/446>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1

Ficha de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Número de ficha:	Fecha y hora:
Autor:	
Objetivo:	
Localidad:	Coordenadas UTM:
Altitud:	Zona:
Vías de acceso:	
Vegetación existente:	
Infraestructura:	
Fuentes de agua:	
Otros:	
Descripción del posible método de relleno sanitario a instalar:	

Anexo 2

Ficha de recolección de datos llenada con los datos que se observó en campo.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Número de ficha: 07	Fecha y hora: 14-06-2023 9:00 am
Autor: Rosa Nilda Idrogo Tamillo.	
Objetivo: Determinar la localización óptima de un relleno sanitario aplicando ETC en SI 6 - distrito Canchañán	
Localidad: El Arenal	Coordenadas UTM: 759701, 68 E 9288503, 97N
Altitud: 2451 msnm.	Zona: 175
Vías de acceso: Carretera en buen estado y de fácil acceso	
Vegetación existente: Eucaliptos, Chancua, pino, Zarza común, helechos, catadera, herbazales.	
Infraestructura: No se evidencio infraestructura en el área óptima seleccionada.	
Fuentes de agua: No existe fuentes de agua cercanas	
Otros:	
Descripción del posible método de relleno sanitario a instalar: Considerando la generación diaria de 1,40t en el distrito de Canchañán se recomienda la instalación de un relleno sanitario manual.	

Anexo 3

Ficha de recolección de datos llenada con los datos que se observó en campo.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Número de ficha: 02	Fecha y hora: 14-06-2023 11:00 am
Autor: ROSA Nilda Idrogo Tamillo	
Objetivo: Determinar la localización óptima de un relleno sanitario aplicando EMC en SI 6 - Distrito Candia	
Localidad: Cascañ	Coordenadas UTM: 765474,79 E 9289066,52 N
Altitud: 2391 msnm	Zona: 17S
Vías de acceso: Carretera en buen estado y de fácil acceso	
Vegetación existente: Chilca, eucaliptos, chichaino, pajuno, pino, Zanja común, helechos y herbazales	
Infraestructura: No se evidencia infraestructura en el área óptima seleccionada.	
Fuentes de agua: No existe fuentes de agua cercanas.	
Otros:	
Descripción del posible método de relleno sanitario a instalar: Considerando la generación diaria de 1,46T de residuos sólidos en el distrito de Candia se recomienda la instalación de un relleno sanitario manual.	

Figura 33

Área óptima localidad el Arenal

**Figura 34**

Obtención de coordenadas en el área óptima en la localidad del Arenal



Figura 35

Área óptima en la localidad de Lascán

**Figura 36**

Obtención de coordenadas en el área óptima en la localidad Lascán



Figura 37

Área óptima en la localidad de Santa Elena

**Figura 38**

Obtención de coordenadas en el área óptima en la localidad Santa Elena.



Figura 39

Área óptima en la localidad de Chames

**Figura 40**

Obtención de coordenadas en el área óptima en la localidad de Chames.



Figura 41

Área óptima en la localidad de Santa Elena

**Figura 42**

Área óptima centro poblado Santa Elena

