

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental



TESIS

Modelamiento Geoespacial para la Identificación de Zonas Críticas Vulnerables

a Movimientos de Masa en el Distrito de Chota

AUTOR

Bachiller: Fany Analí Núñez Vásquez

ASESOR

Ing. M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito


Ing. Yuli Anabel Chávez Juanito
Docente EPIFA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

CHOTA – PERÚ

2025



C.O. N° 003-2026-EPIFA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito, en calidad de asesor, hago constar que la Tesis de investigación Titulada: **“Modelamiento geoespacial para la identificación de zonas críticas vulnerables a movimientos de masa en el distrito de Chota”**; ejecutada por la **Bachiller: Fany Analí Núñez Vásquez** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, asesorado por la M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito; presenta un **INDICE DE SIMILITUD DEL 20%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante **RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°770-2025- UNACH**.

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

Chota, 25 de mayo del 2026.

Atentamente,

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



Ing. Yuli Anabel Chávez Juanito

Docente

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Fany Analí Núñez Vásquez

tesis

 Proyectos y tesis

 Tesis 2026

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3578934361

Fecha de entrega

25 may 2026, 3:18 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

25 may 2026, 3:35 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

N_ez_V_squez_FA.pdf.docx

Tamaño del archivo

10.7 MB

91 páginas

11.443 palabras

66.114 caracteres




20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

- 20%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 20% Fuentes de Internet
- 6% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	8%
2	Internet	hdl.handle.net	6%
3	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
4	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
5	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
6	Internet	portal.indeci.gob.pe	<1%
7	Trabajos del estudiante	D.A. de Ingeniería Civil	<1%
8	Internet	repositorio.escuelamilitar.edu.pe	<1%
9	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
10	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad de San Martín de Porres	<1%

12	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
13	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
14	Trabajos del estudiante	unj	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Americana	<1%
16	Internet	www.coursehero.com	<1%
17	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
18	Internet	tesis.pucp.edu.pe	<1%
19	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
20	Internet	revistas.uis.edu.co	<1%
21	Publicación	Aguirre Huillcas, Franklin. "Caracterización de la geohidrología en el movimiento ...	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion	<1%
23	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion	<1%

26	Internet	repositorio.ug.edu.ec	<1%
27	Internet	repositorio.unjbg.edu.pe	<1%
28	Internet	cia.uagraria.edu.ec	<1%
29	Internet	1library.co	<1%
30	Publicación	J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Líne...	<1%
31	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
32	Internet	www.raf.es	<1%
33	Internet	www.slideshare.net	<1%
34	Publicación	Chavez Galvez, Zandy Murata Shinke, Carmen Rosa Uehara Shiroma, Ana Mirella...	<1%
35	Internet	dspace.ueb.edu.ec	<1%
36	Internet	repositorio.udl.edu.pe	<1%
37	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%
38	Internet	roderic.uv.es	<1%
39	Internet	www.cdsvillanueva.com	<1%

40 **Internet**

up-rid.up.ac.pa

<1%



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

REG. N° 064-2025-FCA

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N.° 018-2025-FCA/UNACH:

Nombres y apellidos	Cargo
Mtr. Leyla Catherine Alarcón Alarcón	Presidente
M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez	Secretario
Dr. Héctor Orlando Chavez Angulo	Vocal

De la tesis titulada:

Modelamiento geoespacial para la identificación de zonas críticas vulnerables a movimientos de masa en el distrito de Chota.

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

Nombres y apellidos	DNI
Fany Analí Núñez Vásquez	71401474

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Forestal y Ambiental

Acuerdan por:

Unanimidad Mayoría

Aprobar Desaprobar

Otorgando la calificación de:

<input type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Excelente
<input type="checkbox"/>	Bueno
<input checked="" type="checkbox"/>	Regular

Desaprobado

Colpa Matara, 18 de diciembre del 2025

 Mtr. Leyla Catherine Alarcón Alarcón
Presidente

 M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez
Secretario

 Dr. Héctor Orlando Chavez Angulo
Vocal

 M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres

Este logro académico es un instintivo del incansable esfuerzo que han dado para obsequiarme una educación sólida y este logro académico es una muestra de ese empeño. Cada sacrificio que han hecho. Valoro su esfuerzo y compromiso con mi formación educativa, me enorgullece honrarlos de esta forma. Me gustaría expresar mi gratitud por iluminarme el camino hacia el conocimiento y por inculcarme valores.

A mis hermanas

Queridas hermanas son el pilar de mi vida son increíbles y maravillosas, me han enseñado a no rendirme jamás y perseguir cada sueño, sin duda mi mejor ejemplo de perseverancia de no rendirse nunca, les agradezco que estén conmigo en este trayecto tan significativo para mí, las quiero mucho.

A mi novio

Siendo la mayor motivación en mi vida de mi carrera profesional, fue el apoyo incondicional para poder lograr esta meta, el poder haber concluido esta tesis y poder disfrutar del privilegio de ser agradecido contigo, que siempre se preocupó por mí y siempre quiso lo mejor para mi vida.

A mis sobrinos

Muchas gracias por enseñarme que la vida es para no rendirse jamás, por cada apoyo que me brindaron, y que cada meta es para cumplirse son el reflejo de inspiración los quiero mucho.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, quien siempre estuvo a mi lado, por acompañarme durante los momentos difíciles y por permanecer firme frente a las adversidades de la vida.

Expreso mi agradecimiento infinitamente mis padres, quienes permanentemente me han brindado su soporte incondicional para ayudarme a alcanzar objetivos académicos y personales. Por su cariño y amor siempre me han motivado a continuar mis objetivos y no abandonarlos ante los obstáculos. Asimismo, son quienes me han proporcionado la ayuda material y financiera que necesito para mantenerme enfocado en los estudios y nunca dejarlos.

Estoy agradecida con mi asesora de tesis por su apoyo y paciencia y correcciones apropiadas, no estaría en este momento tan deseado. Gracias por su guía y todas sus recomendaciones que me ha brindado; los llevare siempre en mis recuerdos.

Índice de contenido

Resumen	12
Abstract.....	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Justificación	15
1.4. Objetivos.....	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivos específicos.....	16
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.1.1. A nivel mundial.....	16
2.1.2. A nivel nacional.....	17
2.2. Bases teórico- científicas	19
2.2.1. Movimientos de masa	19
2.2.2. Análisis de susceptibilidad física.....	19
2.2.3. Principales movimientos en masa.....	19
2.2.3.1. Caídas.....	19
2.2.3.2. Flujos.....	20
2.2.3.3. Deslizamientos	21
2.2.3.4. Volcamiento.....	22
2.2.3.5. Propagación lateral	22
2.2.3.6. Hundimientos o subsidencia.....	23
2.2.3.7. Reptación	24
2.2.3.8. Movimientos complejos.....	24
2.2.3. Vulnerabilidad	25
2.2.3.1. Vulnerabilidad ambiental y ecológica.....	25
2.2.4. Sistemas de información geográfica	25
2.2.4.1. Componentes de los Sistemas de Información geográfica.....	26
2.3. Marco conceptual	26
2.3.1. Peligro.....	26
2.3.2. Riesgo.....	26
2.3.3. Desastre	27

	5
2.3.4. Vulnerabilidad	27
2.3.6. Imagen satelital	27
2.3.7. Shapefile	27
2.3.9. Análisis espacial	27
2.3.11. Modelamiento geoespacial.....	28
2.4. Hipótesis.....	28
2.5. Operacionalización de variables	29
2.5.1. Variables e indicadores	29
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	30
3.1. Tipo y nivel de investigación	30
3.2. Diseño de investigación	30
3.3. Método de investigación	30
3.3.1. Ubicación de la investigación.....	30
3.3.2. Elección de software	32
3.3.5. Georreferenciación de los datos	32
3.3.6. Integración de los datos.....	33
3.3.7. Validación de datos	33
3.4. Población, muestra y muestreo.....	33
3.4.1. Población	33
3.4.2. Muestra.....	33
3.4.3. Muestreo.....	33
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos	34
3.5.1.1. Recopilación de información secundaria (documentos).....	34
3.5.1.2. Observación	34
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	34
3.5.2.1. Base de datos.....	34
3.5.2.2. Sistema de posicionamiento global (GPS).....	34
3.5.2.3. Cámara fotográfica.....	34
3.5.2.2. Ficha de campo	34
3.5.2.4. Laptop	35
3.5.2.5. Guías (CENEPRED) y (INDECI).....	35
3.5.2.4. Submodelo y análisis espacial	35
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	35
3.6.1. Fase inicial.....	35

	6
3.6.1.1. Consolidación y procesamiento de datos de la información	36
3.6.1.2. Generación de base de datos.....	36
3.6.1.3. Generación de mapas pendientes	37
3.6.1.4. Generación del mapa de precipitación.....	37
3.6.1.5. Generación del mapa que contiene la cobertura vegetal.....	37
3.6.1.6. Generación del mapa de geomorfología	37
3.6.2. Variables a utilizar en el submodelo de movimientos de masa	37
3.6.3. Criterios de valoración de las unidades de cada variable	38
3.6.3.1. Pendiente	39
3.6.3.2. Geología.....	40
3.6.3.3. Precipitación	41
3.6.3.4. Cobertura vegetal	42
3.6.3.5. Geomorfología	42
3.6.1. Submodelo de vulnerabilidad a movimientos en masa.....	43
3.6.4. Fase de campo	45
3.6.5. Comparación de datos de campo con resultados del submodelo	45
3.6.6. Descripción de medidas de prevención y mitigación contra los movimientos de masa	45
3.7. Aspectos éticos	45
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1. Descripción de resultados	46
4.1.1. Mapa de Cobertura Vegetal	46
4.1.2. Mapa de Pendiente	48
4.1.3. Mapa de precipitación	50
4.1.4. Mapa de geología	52
4.1.5. Mapa de geomorfología.....	54
4.1.6. Niveles de vulnerabilidad por cada una de las variables	56
4.1.7. Criterio de mapa de cobertura vegetal.....	56
4.1.8. Criterio pendiente	59
4.1.9 Criterio geología.....	61
4.1.10. Criterio precipitación	63
4.1.11. Criterio de geomorfología	65
4.1.12. Submodelo de vulnerabilidad a movimientos en masa.....	67
4.1.13. Verificación en campo	72

	7
4.1.14. Medias de prevención y mitigación.....	72
4.1.14.1. Medidas de prevención	72
4.1.14.2. Medidas de mitigación	73
4.2. Contratación de hipótesis	73
4.3. Discusión de resultados	73
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1. CONCLUSIONES	76
5.2. RECOMENDACIONES	77
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
CAPITULO VII. ANEXOS	84

Índice de tablas

Tabla 1. Variables e indicadores	29
Tabla 2. Cartografía Base.....	36
Tabla 3. Criterios de valorización de movimientos de masa.....	39
Tabla 4. Valoración de pendientes	40
Tabla 5. Valoración de la variable de geología	41
Tabla 6. Valoración de la precipitación promedio anual	41
Tabla 7. Valoración de cobertura vegetal	42
Tabla 8. Geomorfología.....	43
Tabla 9. Ponderación de variables del submodelo de movimientos de masa	44
Tabla 10. Cobertura vegetal del distrito Chota	46
Tabla 11. Distribución de rangos y áreas de pendientes	48
Tabla 12. Estaciones y áreas de precipitación	50
Tabla 13. Distribución de áreas formación geológica y litología.....	52
Tabla 14. Distribución en áreas de unidades geomorfológicas.....	54
Tabla 15. Tabla de cobertura vegetal	57
Tabla 16. Niveles de vulnerabilidad de movimiento de masa -Pendiente	59
Tabla 17. Niveles de vulnerabilidad a movimientos de masa- Geología	61
Tabla 18. Niveles de vulnerabilidad movimientos de masa- precipitación	63
Tabla 19. Niveles de vulnerabilidad de movimientos de masa – geomorfología.....	65
Tabla 20. Resultados del submodelo de movimientos en masa	68
Tabla 21. Escenario de movimientos en masa del nivel alto	71

Índice de figuras

Figura 1. Representación de movimiento de masa de pendiente y gravedad.....	20
Figura 2. Representación de los flujos	20
Figura 3. Representación de movimiento de masa del tipo deslizamiento.....	21
Figura 4. Representación de movimiento de masa del tipo volcamiento	22
Figura 5. Representación de movimiento de masa del tipo propagación lateral	23
Figura 6. Representación de movimiento de masa del tipo hundimiento.....	23
Figura 7. Representación de movimiento de masa del tipo reptación.....	24
Figura 8. Representación de movimiento de masa del tipo movimientos complejos	25
Figura 9. Mapa de ubicación del distrito de Chota.....	31
Figura 10 El submodelo de movimientos en masa	38
Figura 11. Mapa de cobertura vegetal distrito Chota	47
Figura 12 Mapa de pendientes Distrito de Chota	49
Figura 13. Mapa de precipitación	51
Figura 14. Mapa de geología	53
Figura 15. Mapa de geomorfología.....	55
Figura 16. Mapa criterio cobertura vegetal.....	58
Figura 17. Mapa criterio pendiente	60
Figura 18. Mapa criterio geología.....	62
Figura 19. Mapa criterio precipitación	64
Figura 20. Mapa de criterio geomorfología.....	66
Figura 21. Distribución porcentual de vulnerabilidad a movimientos de masa.....	68
Figura 22. Mapa final de vulnerabilidad a movimientos en masa.....	69
Figura 23. Toma de encuesta a la población de experiencia personal sobre zonas vulnerables a movimientos de masa.....	84
Figura 24. Obtención de coordenadas de zona crítica a movimiento de masa en el centro poblado Negropampa.	84
Figura 25. Identificación de zonas vulnerables a movimientos de masa en el centro poblado Chaupelanche	85
Figura 26. Verificación de coordenadas en el caserío Huscarcocha, con vulnerabilidad alta a movimientos de masa	85
Figura 27. Área crítica a movimientos de masa en el caserío de Cuyumalca.....	86
Figura 28. Importancia de la vegetación en pendiente cercana al moviente de masa ubicado caserío de Cuyumalca.....	86

Figura 29. Ubicación geológica de zona vulnerable a movimiento de masa en el caserío de Santa Rosa.....	87
Figura 30. Zona vulnerable a movimiento de masa en el caserío Conga Blanca	87
Figura 31.....	88
Figura 32. Toma de datos en zona vulnerable a movimiento de masa en el caserío de Cabracancha	88
Figura 33 Verificación de zona crítica a movimiento de masa por precipitaciones en el caserío Santa Rosa	89
Figura 34. Ubicación geológica de zona crítica del movimiento de masa en el caserío Caruamayo.	89
Figura 35. Verificación de coordenadas del movimiento de masa en el caserío Rojaspampa,	90
Figura 36. Identificación de factores que influyen el movimiento de masa en el caserío de Cañafisto.	90
Figura 37. Identificación de zona crítica a movimientos de masa en el caserío de Colpatuapampa	91
Figura 38. Ubicación de coordenadas de movimientos de masa del caserío Colpatuapampa	91

Resumen

El objetivo de este estudio es identificar zonas del distrito de Chota, que sean susceptibles a movimientos de masas, mediante el análisis y modelamiento geoespacial a través de Sistema de Información Geográfica. Cual se basó en la evaluación multicriterio procesado en el ArcGIS, mediante la superposición ponderada se integró los criterios como cobertura vegetal, geología, geomorfología, pendiente y precipitación, con sus respectivas ponderaciones, nivel alto (3), nivel medio (2) y nivel bajo (1), con la información obtenida se creó el submodelo geoespacial para identificar áreas susceptibles a movimiento de masa. Seguidamente, se comprobó y validó los resultados obtenidos del submodelo geoespacial, obteniéndose áreas 1.33 % (354,65 ha) con nivel de vulnerabilidad alta, áreas 92.89 % (24 751,75 ha) con vulnerabilidad medio y áreas 5.78% (1 538, 88 ha) vulnerabilidad baja, se realizó la verificación en campo se corroborando las áreas vulnerables a movimiento de masa, las cuales tiene como causas naturales la saturación del suelo por lluvias intensas, pendiente pronunciada, actividad sísmica y erosión del suelo. Las actividades humanas como deforestación, la minería, los cortes en laderas y la construcción de viviendas en pendientes. Finalmente se propone medidas de prevención como: No excavar la base de pendientes pronunciados, evitar el uso de explosivos en suelos susceptibles a deslizamientos, evitar realizar cortes o rellenos en zonas con pendientes empinadas y deforestación en las pendientes.

Palabras claves: Movimientos de masa, modelamiento geoespacial, sistemas de información geográfica (SIG), vulnerabilidad.

Abstract

The objective of this study is to identify areas within the Chota district that are susceptible to mass movements, through geospatial analysis and modeling using a Geographic Information System (GIS). This was based on a multi-criteria evaluation processed in ArcGIS. Through weighted overlay, criteria such as vegetation cover, geology, geomorphology, slope, and precipitation were integrated with their respective weights: high (3), medium (2), and low (1). The information obtained was then used to create a geospatial submodel to identify areas susceptible to mass movement. Subsequently, the results obtained from the geospatial submodel were verified and validated, revealing areas of high vulnerability: 1.33% (354.65 ha), 92.89% (24,751.75 ha), and 5.78% (1,538.88 ha). Field verification confirmed the areas vulnerable to mass movement, which are attributed to natural causes such as soil saturation from intense rainfall, steep slopes, seismic activity, and soil erosion. Human activities such as deforestation, mining, slope cutting, and housing construction on slopes also contribute to this vulnerability. Finally, the following preventative measures are proposed: avoid excavating at the base of steep slopes, avoid using explosives in landslide-prone soils, avoid cutting or filling in areas with steep slopes, and refrain from deforestation on slopes.

Keywords: Mass movements, geospatial modeling, geographic information systems (GIS), vulnerability.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Identificar y georreferenciar la vulnerabilidad, así como de varios procesos de movimientos masivos tales como (derrumbes, deslizamientos, caídas de rocas o reptaciones), se puede realizar mediante modelamiento geoespacial, que se trata de un procedimiento integral, lo que requiere un procedimiento de evaluación e identificación de vulnerabilidad, el cual se lleva a cabo según las guías metodológicas de INDECI y CENEPRED.

En Perú, por la localización geográfica y en particular por los Andes, se manifiestan rasgos meteorológicos, tectónicos, topográficos y geológicos que originan anómalos naturales de gran tamaño que propician el surgimiento de movimientos en masa (Pardo, 2022).

La región Cajamarca se encuentra propensa a movimientos de masa influenciado por factores naturales (precipitaciones, pendiente, cobertura vegetal, geología, etc.) y por acciones antrópicas como la destrucción de la cobertura vegetal, excavaciones, cortes, talud cuyas consecuencias suelen afectar al medio ambiente, provocando destrucción de bienes, medios de producción y en los peores casos hasta pérdidas de vidas humanas (Díaz, 2023).

El distrito de Chota está siendo afectado por vulnerabilidad a movimientos de masa, a causa de sus rasgos geológicos y de relieve, que son activados por las lluvias estacionales, que causan daños irreversibles en viviendas, medio ambiente, provocando destrucción de bienes, recursos naturales, medios de producción. Bajo este contexto, es necesario identificar las posibles zonas críticas a movimientos de masa del distrito de Chota, la cual los SIG es una herramienta eficiente que permite identificar zonas con vulnerabilidad alta, de tal manera tomar medidas de prevención como no excavar la base

de pendientes, es importante evitar el uso de explosivos en suelos susceptibles a deslizamientos, evitar realizar cortes o rellenos en áreas con pendientes pronunciadas, evitar la deforestación en las pendientes y medidas de mitigación como control de agua, reforestación, educación, concientización y planes de emergencia.

1.2. Formulación del problema

¿Identificar cuáles son las zonas críticas vulnerables a movimientos de masa en el distrito de Chota utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG)?

1.3. Justificación

Los movimientos de masa provocan deslizamientos, caídas, flujos, hundimientos entre otros, la cual genera impactos negativos como, daños a la infraestructura, pérdidas de vida, afectaciones económicas y ambientales.

Por lo tanto, mi estudio se enfocó en identificar zonas críticas a movimientos de masa causados por actividades humanas (excavaciones, cortes, deforestación, etc.) y de forma natural las pendientes pronunciadas, gravedad, precipitaciones, etc.), muchas áreas han experimentado cambios en el medio ambiente, por ende, para precisar dichas zonas con vulnerabilidad crítica se utilizó los sistemas de información geográfica (SIG).

Además, este análisis se transformará en un modelo para investigaciones futuras, ya que está fundamentado en teorías y métodos que desarrollarán productos que, en teoría, constituyen lineamientos para identificar áreas susceptibles a movimientos de masa. Por lo tanto, constituye una herramienta práctica y fácil de interpretar para las personas en general.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Identificar zonas críticas vulnerables a movimientos de masa en el distrito de Chota utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Identificar cuáles son los factores que influye en la vulnerabilidad crítica a movimientos de masa.
- Identificar las causas y fenómenos naturales que intervienen en los movimientos de masa en el distrito de Chota.
- Proponer medidas de prevención y mitigación para las zonas vulnerables a movimientos de masa.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *A nivel mundial*

Aristizábal *et al.* (2019) hicieron estudios en la región del Valle de Aburrá, Medellín, Colombia para determinar los movimientos de masa como consecuencia de las lluvias, mediante la metodología basada en mapeo de eventos históricos, evaluación de red multiperíodo y mapeo SIG. Se alcanzaron los resultados que se detalla a continuación: En la región llanura de Aburrá se recogieron 2 117 movimientos de masa históricos y 671 movimientos de masa. En caso particular el país de Colombia en la estrella bailiazgo, se registraron siete movimientos en masa en el archivo histórico, tormentas e inundaciones severas desde 1969 hasta 2017, es decir, 1 366 movimientos fueron explicados por fotografías, la cual reportando un 31% en estado activo.

2.1.2. A nivel nacional

Apaza y Olivera (2021) ejecutaron la estimación del riesgo geológico a causa de deslizamientos en la quebrada Sicre, ubicada en el distrito Huayopata, provincia de la Convención, en el departamento de Cusco, enfrentaron con una movilización a un movimiento de masa. El análisis se centra en fenómenos naturales cuya dinámica puede exceder sus límites normales de intensidad, amplitud, ubicación y pueden causar impactos negativos a las personas. Por otra parte, la vulnerabilidad se distingue como el potencial de las estructuras humanas para reaccionar ante el peligro. Teniendo como resultado, la Quebrada Sicre actualmente posee un considerable potencial para generar movimientos de masa.

Cayotopa (2023) utilizaron modelado geoespacial para detectar áreas propensas a riesgos de movimientos en masa en la provincia de Chota, Cajamarca. La estimación de estos movimientos es fundamental para el manejo de los riesgos asociados con desastres, los submodelos geoespaciales representan un procedimiento integral para analizar la susceptibilidad, este estudio tiene como finalidad identificar zonas propensas a la presencia de peligros de deslizamientos en situaciones de vulnerabilidad física, a través de análisis y representación espacial en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Los resultados conseguidos al incluir las variables del submodelo geoespacial facilitaron la identificación del nivel de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra, a los cuales se otorgó una clasificación cuatro niveles (muy alto, alto, medio y bajo). En la región de Chota, se observa que el 70, 63% del distrito es vulnerable alto. Y un 21,21% vulnerabilidad de grado medio, mientras que un 8,08% enfrenta una vulnerabilidad muy alta.

Ramos (2022) ejecutó el modelamiento geoespacial para identificar zonas críticas vulnerables expuestas a diversos peligros, distrito de Jaén - Cajamarca. La investigación alcanzó su objetivo al identificar los fenómenos naturales que tienen impacto en la vulnerabilidad frente a pérdidas naturales. Se creó una base de datos en esta investigación mediante los sistemas de información geográfica tomando en cuenta cinco variables concretas, que son: la geomorfología, cobertura vegetal, las precipitaciones, geología y pendiente en función a su nivel de riesgo y grado de fragilidad. La cual se consideró la asignación de coeficientes ponderados. De esa manera se identificaron las zonas propensas a riesgos de movimientos en masa, fueron clasificados como nivel alto y medio. Se infiere que una amplia porción del terreno en el distrito de Jaén demuestra una elevada vulnerabilidad, abarcando un total de 50 658, 06 hectáreas (91,03 %). En menor grado, se identifican áreas con vulnerabilidad moderada que ocupan 4 991, 42 ha (8,97 %).

Tacilla (2019) la estimación de áreas propensas a sufrir desplazamientos de grandes cantidades de tierra en la cuenca fluvial del río Chonta - Cajamarca, en la que se identificaron zonas extremadamente propensas a deslizamientos de tierra, tomando como base el efecto de elementos como la geomorfología, la litología, la pendiente y la cubierta vegetal. Se llevó a cabo la ponderación de cada uno de los factores, aplicando el método de criterios múltiples de evaluación y luego procesando los datos a través de los SIG. Por lo tanto, las zonas con alta propensión a movimientos de masa constituyen el 3.78 % de la superficie total, formando depósitos cuaternarios, pendientes pronunciadas, baja cobertura vegetal. Situado en las proximidades del río Chonta, situado cerca del río Chonta, al noreste de las zonas habitadas de Combayo y Sangalca. Los resultados se compararon con 46 procesos geodinámicos identificados en la zona, la mayoría de los cuales fueron del tipo deslizamientos de tierra.

2.2. Bases teórico- científicas

2.2.1. *Movimientos de masa*

Los movimientos de masa son vistos como un mecanismo de los procesos de deterioro de la superficie debido a la topografía terrestre. Su procedencia es resultado de un proceso geológico, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que tienen lugar en la corteza de la Tierra, que afectan las laderas con el fin de desestabilizarlas y modificar el terreno a una condición más suave, según Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2020).

2.2.2. *Análisis de susceptibilidad física*

El análisis de variable independiente nos ayuda a calcular el porcentaje de las variables afectadas, tomando en cuenta el estudio multicriterio de cada una de las variables para determinar niveles de vulnerabilidad para cada clase o unidad territorial analizada la cual nos permite ponderar las variables como tal, de acuerdo a sus características naturales para posteriormente hacer reclasificación y valoración de: Geología, cobertura vegetal, pendiente, precipitación, geomorfología, según Ministerio del Ambiente (MINAM ,2021).

2.2.3. *Principales movimientos en masa*

2.2.3.1. Caídas. Representa la rápida dispersión de una cierta cantidad de suelo a lo largo de la superficie con muy poca fuerza de corte. Este movimiento, generalmente se da en áreas de gran pendiente y gravedad. Las caídas son en su mayoría movimientos discontinuos en caída libre asociados al ascenso de rocas duras y quebradas; el volumen de material afectado suele ser pequeño y representa fragmentos independientes (INGEMMET, 2021).

Figura 1.

Representación de movimiento de masa de pendiente y gravedad

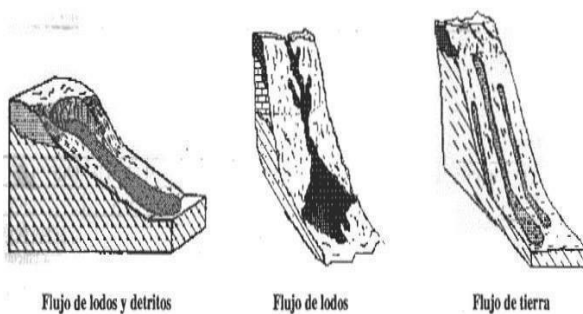


Fuente: USGS (2018).

2.2.3.2. Flujos. Los flujos comprenden desplazamientos rápidos de material litológico grueso y de contextura fina que fluye a través de una superficie con una falla evidente. Se caracterizan por ser de movimiento rápido y estar compuesto de limo. Se distinguen de los deslizamientos por la morfología general de la losa en el talud o por el hecho de fluir sobre un drenaje o canal. Además, se caracterizan por una baja cohesión, suelen proceder de materiales de grano fino (arcillas y limos), incluyendo en su movilización áridos conformado por bloques de gran dimensión, residuos de vegetación. Los flujos de rocas o escombros generalmente ocurren en las rocas altamente fracturadas a lo extenso de ríos empinados y sistemas climáticos. Estos movimientos suelen ser intermitentes y de velocidad variable [Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2021].

Figura 2.

Representación de los flujos



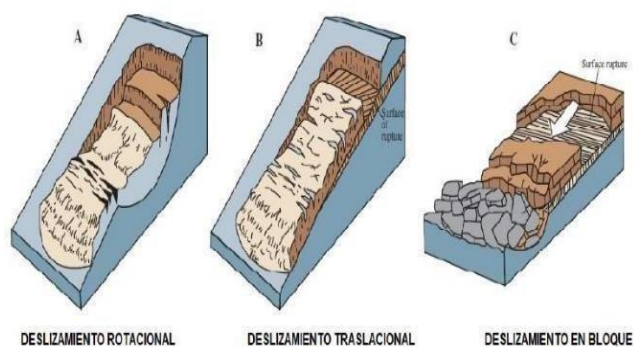
Nota: La figura representa la caída de flujos a la superficie.

Fuente. GEMMA: PMA – GCA (2017).

2.233. Deslizamientos. Según [INGEMMET, 2021], radica en un desplazamiento masivo y acelerado de material pendiente abajo, la mayoría de veces perjudicial para las personas y bienes materiales, existe tres tipos de deslizamiento: Rotacional, transversal y en bloque, visualizándose en la figura siguiente.

Figura 3.

Representación de movimiento de masa del tipo deslizamiento



Fuente: INDECI (2021)

Nota: Las imágenes ilustran movimientos de tipo deslizamientos rotacional, traslacional y bloque la que significa:

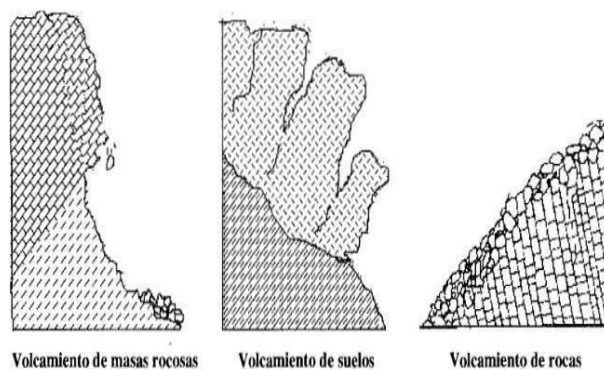
- **Deslizamientos rotacionales.** Grandes masas de suelo, roca o ambos se mueven lentamente sobre superficies de fractura circulares y cóncavas.
- **Deslizamientos traslacionales.** Una capa de tierra o roca, o ambas, se sacude lenta o rápidamente sobre una superficie deslizante plana y ligeramente ondulada.

- **Deslizamientos en bloque.** Pueden ser devastadores, especialmente en zonas montañosas donde los desprendimientos masivos de rocas pueden tener consecuencias catastróficas.

2.234. Volcamiento. Son movimientos creados en la ladera o talud por el derrumbe de material conformado por roca, identificándose por la mezcla litológica y estructural. Este arrastre se genera debido a la gravedad y rotación adicional del material rocoso (capa litológica o paquete rocoso estratificado o articulado) (CENEPRED, 2020).

Figura 4.

Representación de movimiento de masa del tipo volcamiento



Nota: La figura representa los movimientos de masa, de tipo volcamiento de masas rocosas, suelos y rocas.

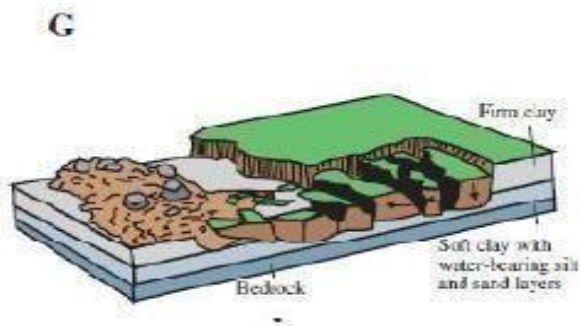
Fuente: INDECI (2011)

2.235. Propagación lateral. Estos son desplazamientos laterales o casi horizontales del terreno (rocas, suelo, escombros) con volúmenes de rocas rotas cuya composición corresponde a arcillas también se relacionan con fenómenos de licuefacción o movimientos plásticos de material provocados por la actividad sísmica. En general, los

movimientos masivos de este tipo son pausados, heterogéneos de dificultosa observación sobre el suelo (CENEPRED, 2020).

Figura 5.

Representación de movimiento de masa del tipo propagación lateral.

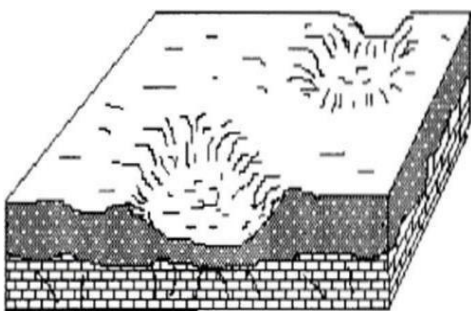


Nota: La figura se muestra movimiento de masa del tipo propagación lateral, suelos, rocas y escombros.

2.23.6. Hundimientos o subsidencia. Son movimientos menores, causados por impacto de estructuras tectónicas, disolución química de rocas (piedra caliza, etc.), fragmentación de sedimentos, o causas antropogénicas (extracción de minerales del suelo, aguas subterráneas, estructuras subterráneas como túneles, minas, etc.). El hundimiento ocurre en el fondo sin discontinuidad aparente como una depresión topográfica, a veces formando zanjas poco profundas (Cayotopa, 2023)

Figura 6.

Representación de movimiento de masa del tipo hundimiento



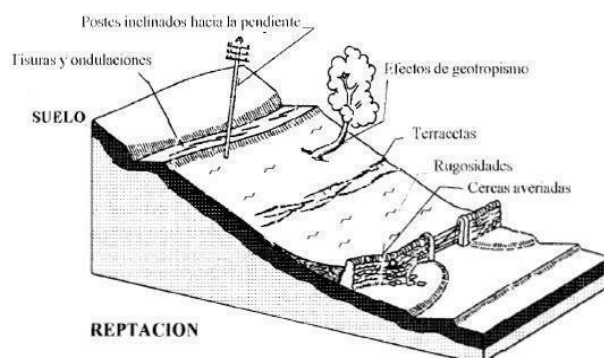
Fuente: INDECI (2011)

Nota: En la figura se representa movimiento de masa de tipo hundimiento, ocurre en el fondo sin discontinuidad aparente como una depresión topográfica.

2.23.7. Reptación. Movimiento superficial, lento y continuo, la densidad de los materiales es baja y el agua contribuye a ello. Este movimiento da lugar a diferentes geoformas o propiedades del terreno que permiten su detección (rugosidad superficial, movimientos de bordes, morfología ligeramente ondulada con relieves empinados (CENEPRED, 2020).

Figura 7.

Representación de movimiento de masa del tipo reptación



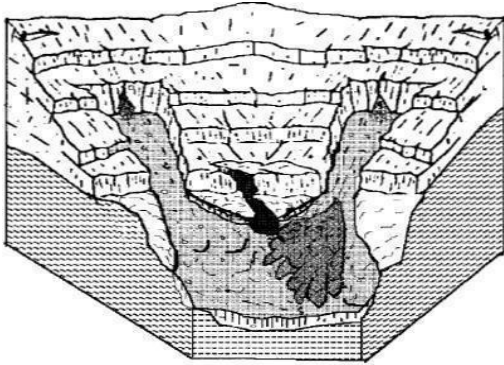
Fuente: INDECI (2011)

Nota: Se puede apreciar movimiento de masa de tipo hundimiento, en discontinuidad aparente como una depresión topográfica.

2.23.8. Movimientos complejos. Se presentan diversidad de maneras de quiebre o falla es además el resultado de varios movimientos en masa presentes en un determinado espacio y tiempo ([INGEMMET], 2021)

Figura 8.

Representación de movimiento de masa del tipo movimientos complejos



Fuente: INDECI (2011)

Nota: La figura representa el movimiento de masa de tipo hundimiento, en discontinuidad aparente como una depresión topográfica.

2.2.3. Vulnerabilidad

El nivel de vulnerabilidad del sistema ante un desastre ambiental o antrópico, cuya magnitud se está determinando; es decir, la facilidad con que un objeto o grupo de objetos pueden dañarse y por tanto ser difíciles de recuperar, expresada como probabilidad (INDECI, 2021).

2.2.3.1. Vulnerabilidad ambiental y ecológica. El grado de contacto de los seres vivos y el entorno se relaciona con el desgaste de los componentes conformado por suelo, aire y agua, pertenecientes al ecosistema debido al cambio climático se ve afectado la diversidad biológica, deforestación y contaminación del medio ambiente (INDECI, 2021).

2.2.4. Sistemas de información geográfica

Son instrumento que hace posible combinar diferentes fuentes de datos como mapas, hojas de cálculo estadísticas, bases de datos, imágenes satelitales, fotografías aéreas y

más. Estas fuentes se pueden utilizar en conjunto de análisis espacial y manejo de bases de datos georreferenciadas. (Santos, 2020).

2.2.4.1. Componentes de los Sistemas de Información geográfica. De acuerdo con Olaya (2022), se compone de cinco elementos que se detallan a continuación.

- **Datos.** Es elemento fundamental para las operaciones de SIG y proporcionan los datos geográficos requeridos para estos.
- **Métodos.** Consisten en un conjunto de técnicas y métodos que se emplean con la información.
- **Software.** Para aplicar datos y colocar en práctica los métodos anteriormente indicados.
- **Hardware.** Es imprescindible para la creación del software.
- **Personas.** Son responsables de desarrollar y administrar el software.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Peligro

Se determina como la posibilidad que suceda fenómenos natural u antrópico perjudicial en un espacio determinado. Se encuentra en gran mayoría con el apoyo de instrumentos tecnológicos (INGEMMET, 2021).

2.3.2. Riesgo

Probabilidad de que suceda un acontecimiento, ya sea natural o producto de la acción humana, que genere efectos negativos en el ecosistema y la biodiversidad. (INGEMMET, 2021).

2.3.3. Desastre

La suma de daño a los medios de vida, el hábitat, el medio ambiente, la economía y la infraestructura afectados por un peligro o amenaza, provoca cambios significativos en la comunidad (INGEMMET, 2021).

2.3.4. Vulnerabilidad

Es la ocurrencia anticipada de amenaza a lo que indica el "factor de respuesta" con la finalidad de tomar acciones frente a ello (Apaza y Olivera, 2021), menciona que la vulnerabilidad es la posibilidad de ocurrir el peligro, lo que indica la capacidad de restauración después del peligro.

2.3.6. Imagen satelital

Cabrejos (2019), señala que la imagen satelital permite obtener datos sobre objetos en el suelo sin que el medidor entre en contacto con las lentes, y además permite renderizarlos y traducirlos, la información en letras fáciles de interpretar.

2.3.7. Shapefile

Según ESRI (2019), Son formatos sencillos no topológicos que se emplean para recopilar datos acerca de las localizaciones geométricas y sus propiedades. Los componentes geográficos de un shapefile pueden ser representados mediante líneas, puntos o polígonos (áreas).

2.3.9. Análisis espacial

Contiene un conjunto de procesos utilizados para estudiar la estructura y las relaciones espaciales basados en el posicionamiento y propiedades de las unidades geográficas. Además, es útil para evaluar, interpretar y realizar ajustes. Hay cuatro ejemplos de análisis espacial: Cobertura topológica de análisis de cercanía, estudio de territorio, lineal y de celda (Tomlinson, 2019).

2.3.11. Modelamiento geoespacial

Se refiere a una serie de comandos interactivos y procedimientos de estudio que utilizan mapas superpuestos para tomar de decisiones espaciales. El mapa es una representación de la realidad. Al manejar las funciones de análisis de un SIG mediante una secuencia lógica, tenemos la posibilidad de solucionar problemas complejos relacionados con el espacio y producir nueva información que se almacenará, ya sea virtualmente o de manera permanente, para su posterior análisis final (MINAM ,2020).

2.4. Hipótesis

En el distrito de Chota, hay zonas que tienen una alta vulnerabilidad a movimientos de masa, la cual pueden estar influenciados por factores de forma natural y actividades antrópicas.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variables e indicadores

Tabla 1.

Variables e indicadores

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable dependiente			Software ArcGIS 10.5.
Zonas vulnerables a movimientos de masa	Mapa con las áreas vulnerables	Zonas vulnerables a movimientos de masa	Guía metodológica (CENEPRED, 2019)
Variable independiente			Laptop
Cobertura vegetal	Información geoespacial	Nivel de vulnerabilidad a movimientos de masa	Software ArcGIS 10.8
Pendiente			
Precipitación			Ficha de campo
Geología			
Geomorfología			

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

Según Nicomedes (2018), la investigación tuvo un carácter descriptivo, el propósito fue recopilar datos e información acerca de las características, dimensiones o aspectos del individuo.

3.2. Diseño de investigación

Fue no experimental debido que no hubo manipulación de variables, se tomaron tal cual se encontraron en el tiempo, son de tipo transversal, dado que la investigación se realizó solamente una vez.

3.3. Método de investigación

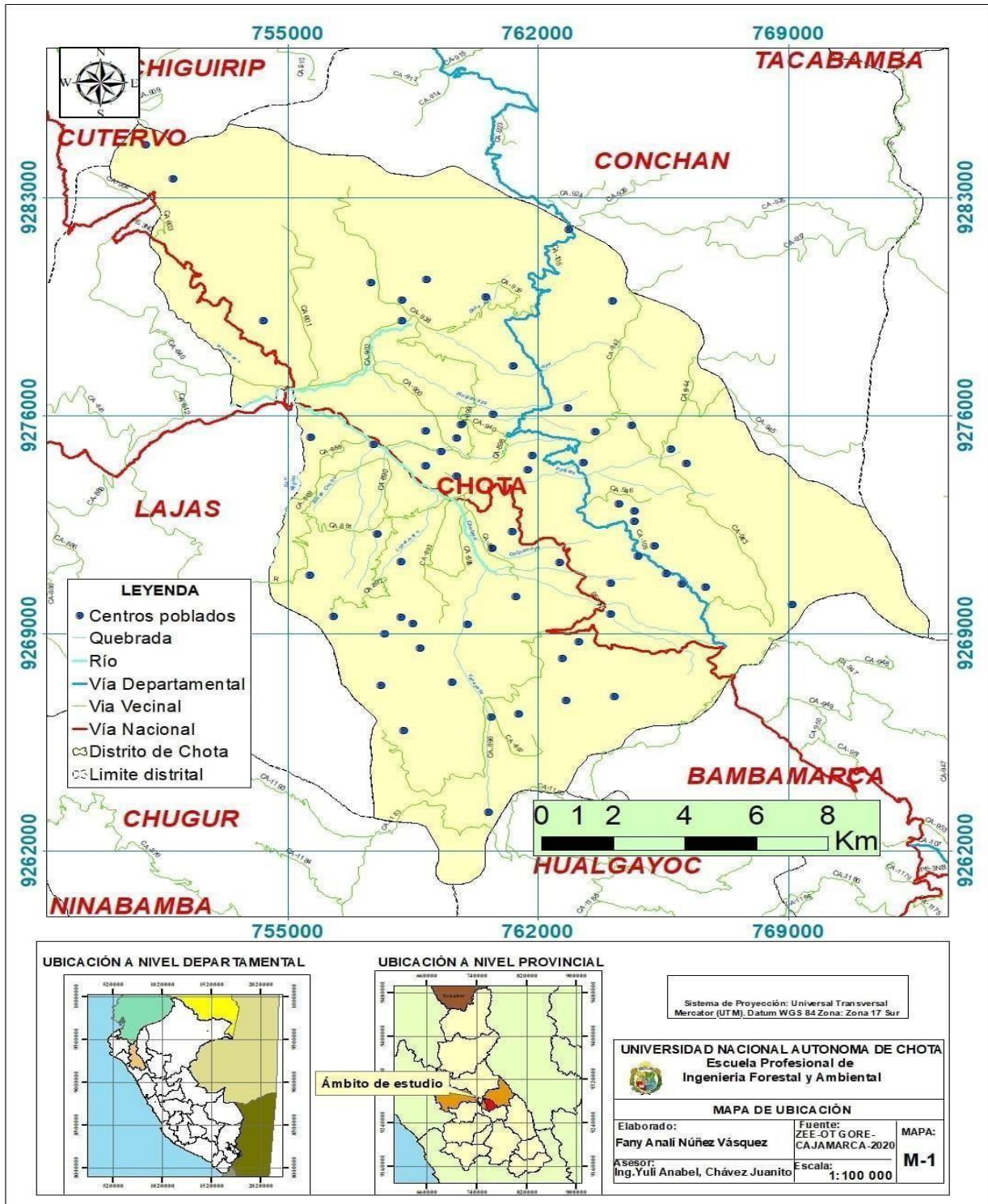
Se utilizó los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con la finalidad de capturar, procesar, analizar y modelar, los espacios que presenten vulnerabilidad a movimientos en masa en sus niveles alto, medio y bajo, donde la información se representara en mapas temáticos.

3.3.1. Ubicación de la investigación

La investigación fue realizada en el distrito de Chota, provincia de Chota y departamento peruano de Cajamarca. El distrito está limitado al norte con Conchan y Chiguirip, al este con el distrito de Chalamarca, al sur con el distrito de Bambamarca (Hualgayoc) y al oeste por el distrito de Lajas. Cómo se representa en la figura 9.

Figura 9.

Mapa de ubicación del distrito de Chota



3.3.2. Elección de software

Elegir el software apropiado para llevar a cabo la captura de datos en sistemas de información geográfica. Estos instrumentos posibilitan la recolección, conservación y evaluación de datos geográficos con exactitud y eficacia. Se empleó el software ArcGIS para este análisis, aunque hay múltiples alternativas de software en el mercado, cada una con sus propias funcionalidades y rasgos.

3.3.3. Adquisición de datos

Los shapefile fueron adquiridos de varios geoservidores externos y luego se importaron a ArcGIS para transformarlos en ráster. Después, fue posible delimitar las áreas con riesgo de sufrir desplazamientos de masa.

3.3.4. Procesamiento de datos

Tras conseguir los datos, se llevó a cabo el procesamiento para integrarlos adecuadamente en el sistema de información geográfica. Esto posibilita la creación de nueva información, el análisis y procesamiento de datos, los cuales se muestran en mapas como resultados.

3.3.5. Georreferenciación de los datos

En esta etapa, a cada dato que se ha adquirido una coordenada espacial. Esto posibilita que sean colocados en un plano de coordenadas y georreferenciados en comparación con los demás componentes del sistema de información geográfica.

3.3.6. Integración de los datos

Los datos georreferenciados y preprocesados, se procede a integrarlos según el submodelo desarrollado de vulnerabilidad a movimientos de masa. Esto significa cargar la información en la base de datos del SIG y asociarla con otras capas de información geográfica o características relacionadas.

3.3.7. Validación de datos

Se hizo la verificación que fueran completos y exactos. Esto significa comprobar que los datos se presenten de manera correcta y que satisfagan los criterios impuestos.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

La población fue simbolizada por toda la extensión superficial del área de Chota de 261,75 km².

3.4.2. Muestra

La muestra está compuesta por cinco factores que influyen la vulnerabilidad a movimientos de masa.

3.4.3. Muestreo

Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico. porque se basó comprender, describir criterios técnicos y especiales con el fin de obtener zonas críticas vulnerabilidad a movimientos de masa.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos

3.5.1.1. Recopilación de información secundaria (documentos). los datos se obtuvieron de libros, bases de datos y documentos de referencia vinculados con el asunto, además de páginas web pertenecientes a distintas instituciones, se tomó como referencia la guía del CENEPRED, que estableció los criterios para identificar la vulnerabilidad a movimientos de masa producido de forma natural y por mano del hombre.

3.6.1.2. Observación. Recolección de datos en el ámbito de las áreas susceptibles a movimientos de masas a través de la observación para verificar los datos obtenidos en el gabinete.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos.

3.5.2.1. Base de datos. La información fue extraída de fuentes oficiales que se pueden encontrar por MINAM, MTC, INC, ANA, IGN y ZEE-OT: Los datos que se descargaron de la web fueron útiles para crear capas específicas de las variables socioeconómicas, físicas y biológicas, con el objetivo de llevar a cabo el análisis multicriterio y elaborar un submodelo cartográfico en el distrito de Chota.

3.5.2.2. Sistema de posicionamiento global (GPS). Se empleó en la etapa in situ el GPS para verificar el lugar exacto de cada zona vulnerable.

3.5.2.3. Cámara fotográfica. Hizo posible la captura de imágenes que se usarán como fuentes. para verificar la labor investigativa.

3.5.2.2. Ficha de campo. Se realizó el llenado de una ficha en campo para recopilar datos específicos sobre características del terreno, como pendientes, tipo de

suelo, vegetación, presencia de erosión o deslizamientos de tierra, y otras variables relevantes para los movimientos en masa (ver anexo 1).

3.5.2.4. Laptop. Con el fin de procesar la información por medio del análisis multicriterio se utilizó el programa ArcGIS.

3.5.2.5. Guías (CENEPRED) y (INDECI). Se llevó a cabo la metodología tomando como punto de referencia para las guías del manual de riesgo de desastres ante los movimientos de masa.

3.5.2.4. Submodelo y análisis espacial. Con ayuda de herramientas de modelado espacial en SIG para realizar análisis de vulnerabilidad, de vulnerabilidad a movimientos en masa y para identificar áreas potenciales. Estos submodelos pueden integrar datos geoespaciales, topográficos, hidrológicos y geotécnicos para generar mapas de riesgo y recomendaciones de manejo del riesgo.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El plan de trabajo se divide en tres fases:

3.6.1. Fase inicial

Se recolectó información de datos correspondientes a cada variable: Cobertura vegetal, precipitación, geología, pendientes y geomorfología, Como se puede apreciar en la tabla número 2.

Tabla 2.*Cartografía Base*

Instrumentos	Escala	Fuente
Límites: Nacional, regional, provincial y nacional	1: 100 000	Presidencia de Consejos de Ministros
Red vial	1: 100 000	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Hidrografía	1: 100 000	Autoridad Nacional del Agua
Cobertura vegetal	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca
Pendiente (DEM)	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca
Geología	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca
Geomorfología	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca
Precipitación	1:100 000	SENAHMI

Fuente: CENEPRED (2019).

3.6.1.1. Consolidación y procesamiento de datos de la información. Después de la recolección de datos, se realizó un análisis y normalización de la información recopilada, así como la comprobación de UTM de la zona 17 sur, a una escala de 1:100000. Se realizó un análisis de la información cartográfica a nivel de reconocimiento preliminar de los datos para facilitar el proceso de ajuste cartográfico entre mapas digitales y datos para estandarizar la información eliminando discrepancias en la forma geométrica y tabular de cada mapa temático considerado el submodelo de vulnerabilidad a movimientos de masa.

3.6.1.2. Generación de base de datos. Se comenzó por desarrollar una geodatabase como parte de la construcción del submodelo geoespacial. Para identificar las zonas más adecuadas para las áreas susceptibles a movimientos de masa.

3.6.13. Generación de mapas pendientes. Para eso, se adquirió el modelo de Digital Elevation Model (DEM), es decir, se descargó del servidor GDEM ASTER aprobado por el MINAM en una resolución de 30 metros y con la utilización de ráster, analyst tools, slope surface, se obtuvo como resultado el archivo en formato ráster, para editar los atributos se convierte a formato vectorial a través de analyst tools, ráster reclass y reclassify.

3.6.14. Generación del mapa de precipitación. Se identificaron las épocas y elaboró los datos en sucesión anual, con los promedios de la sucesión mensual, Se generó un mapa de precipitaciones.

3.6.15. Generación del mapa que contiene la cobertura vegetal. Para elaborar el mapa se consideró la escena (RAU 9 y PHA 64) escogida y descargada de la plataforma USGS de los EE. UU se tuvo en cuenta la búsqueda de imágenes limpias de nubosidad las cuales se obtienen en meses secos (junio a septiembre), siendo el criterio menos del 5% del área cubierta por nubosidad.

3.6.16. Generación del mapa de geomorfología. Se tuvo en cuenta la geología y pendiente, dicho mapa servirá como instrumento para estimar la vulnerabilidad a movimientos en masa.

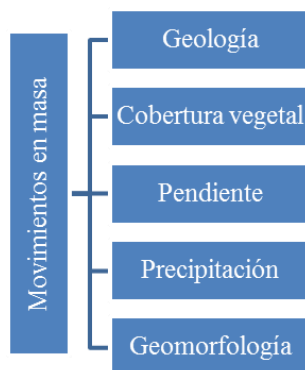
3.6.2. Variables a utilizar en el submodelo demovimientos de masa

Se seleccionó las variables necesarias como son pendiente, precipitación, cobertura vegetal, geología y geomorfología. Los gradientes y geomorfología se utilizaron como entrada para la constitución del terreno junto con la precipitación, teniendo en cuenta los tipos de cobertura vegetal y las unidades geológicas las cuales afectaron la permeabilidad, la rapidez de escorrentía superficial y los cambios del terreno

para reducir o aumentar la vulnerabilidad. Con base en lo anterior se contribuyó un submodelo conceptual que puede ordenar y facilitar su operatividad SIG, ver figura 10.

Figura 10

El submodelo de movimientos en masa



Nota: MINAM (2017)

Finalmente, se desarrolló un submodelo físico utilizando cada una de las capas mencionadas en la figura anterior con el fin de obtener datos en forma de ráster sobre las áreas propensas a movimientos en masa.

- **Modelamiento geoespacial.** El modelado geoespacial se realiza utilizando la estructura del submodelo conceptual como guía. Esto permitió la interacción entre variables para representar espacios con alto o bajo nivel de amenazas existentes.

Por otro lado, la ponderación se realizará asignando valores porcentuales teniendo en cuenta la ubicación del distrito, la disponibilidad de la información, verificación en campo, investigaciones anteriores y el criterio de la persona que realiza la investigación y asesor.

3.6.3. Criterios de valoración de las unidades de cada variable.

Consistió en clasificar criterios de estimación según su magnitud, dividiéndolos en categorías (bajo, medio y alto) y asignando a cada uno valoraciones de vulnerabilidad

(1, 2 y 3) basadas en una revisión bibliográfica y tomado como referencia la guía del (CENEPRED, 2019). Esto permite asignar niveles altos, medios y bajos de estratificación espacial en relación a los movimientos de masa, Cayotopa (2019) en su investigación menciona que con el fin de ajustar la información y antecedentes utilizados para la evaluación de áreas vulnerables a movimientos de masa, se normalizó la información a través de la construcción y aplicación de categorías y valoraciones, bibliográficamente acorde a cada criterio, las cuales son: Alta (3), media (2) y baja (1), cómo se ilustra en la tabla 3.

Tabla 3.

Criterios de valorización de movimientos de masa

Descripción	Valoración
Bajo	1
Medio	2
Alto	3

Fuente: Adaptado a la guía del CENEPRED (2014).

3.6.3.1. Pendiente. Estuvo relacionado con la capacidad de estabilidad del suelo a eventos de deslizamientos. De hecho, los suelos empinados con texturas pesadas son más resbaladizos después de una lluvia intensa o prolongada. Esto se debe a que puede acumular e infiltrar agua, agregando peso extra y deslizándose por gravedad. Con estos criterios en mente, Se analizan las características de estas variables para establecer su efecto en deslizamientos y derrumbes. Los valores se asignarán asumiendo en cuenta la tabla 4.

Tabla 4.*Valoración de pendientes*

Pendientes (%)	Descripción	Valoraciones pendientes
0-4	Nula o casi a nivel	1
4-8	Ligeramente inclinada	1
8-15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	2
15-25	Moderadamente empinada	2
25-50	Empinada	3
50-75	Muy empinada	3
75 a más	Extremadamente empinada	3

Fuente: Modificado según las orientaciones del CENEPRED (2020)

3.6.3.2. Geología. La geología es esencial principalmente para comprender sobre que material se ha originado nuestros suelos, las ventajas y desventajas que se puede presentar, pues dependiendo del origen de las rocas, su comportamiento será de distinta manera frente los factores de empuje tectónico, erosión y condiciones climáticas de la tierra, ver tabla 5.

Tabla 5.*Valoración de la variable de geología*

Formación	Litología	Valoración
Formación Chota	Areniscas, lutitas, conglomerados	3
Formación Celendín	Calizas, areniscas, margas	2
Formación Yumangual	Calizas, lutitas, margas	2
Formación Cajamarca	Calizas y margas	2
Formacion Mujarrum	Calizas, lutitas, margas	1

Fuente: Adaptado a la guía del CENEPRED (2020).

3.6.3.3. Precipitación. La precipitación interviene en la escorrentía superficial y provoca flujos de escombros y deslizamientos de tierra la cual crea desequilibrio de macizos rocosos y depósitos sueltos, las lluvias intensas y prolongadas generan grandes volúmenes de agua, están presentando constantemente cambios en el paisaje los caudales aumentan, induciendo a desastres, ver tabla 6.

Tabla 6.*Valoración de la precipitación promedio anual*

Precipitación(mm)	Categoría	Valoración
600-1020	Bajo	1
1020-1100	Medio	2
1100-1600	Alto	3

Fuente: Adaptado a la guía del CENEPRED (2020)

3.6.3.4. Cobertura vegetal. La cobertura vegetal cubre los suelos y mantiene estable la riberas de los ríos. Se observan y analizan coberturas vegetales como matorrales, áreas cultivadas, pasturas y vegetación plantada. Dado otro enfoque, la cobertura vegetal tiene importancia cuando el deterioro de los suelos que se ubican en pendientes empinadas, siendo estos más propensos a la erosión, acelera el desplazamiento de agua por escorrentía superficial ocasionando erosión hídrica, caso distinto ocurrirá si hay abundante vegetación, ya que tendrá menor vulnerabilidad de erosión, según (Tarrillo, 2019), ver tabla 7.

Tabla 7.

Valoración de cobertura vegetal

Descripción	Valoración
Tejido urbano	1
Bosque abierto bajo	1
Bosque fragmentado	1
Arbustal	2
Herbazal	2
Mosaico de cultivos y espacios naturales	2
Áreas agrícolas heterogéneas	3

Fuente: Adaptado a la guía del CENEPRED (2019)

3.6.3.5. Geomorfología. Tiene importancia significativa, ya que detalla las características morfológicas del terreno mostrando las principales características del paisaje a lo largo de la evolución de la tierra, siendo entonces indicador de inestabilidad. Para clasificar dicha capa se valorará la siguiente tabla 8.

Tabla 8.*Geomorfología*

Paisaje	Unidad geomorfología	Valoración geomorfología
Planicie	Complejo de terrazas inundable y no inundable	1
	Ladera de montaña empinada en rocas intrusivas	2
Montañoso	Montaña fuertemente empinada en rocas del jurásico inferior	3
	Ladera de montaña empinada en rocas del jurásico inferior y del cretáceo superior	2
Colinoso	Colina alta empinada en rocas del jurásico inferior, del cretáceo inferior y del cuaternario	3

Fuente: Adaptado a la guía del CENEPRED (2019)

3.6.1. *Submodelo de vulnerabilidad a movimientos en masa*

Se asignará las variables recibirán valores porcentuales, considerando su vulnerabilidad a movimientos en masa. La relación entre las variables en este submodelo se detalla en seguida:

$$SVMM = G * Pend + H * Geo + I * CV + J * Preci + K * Geo$$

Donde:

SVMM: Submodelo de Vulnerabilidad a Movimientos de Masa

Pend: Pendiente

Geol: Geología

Cv: Cobertura vegetal

Preci: Precipitación

Geo: Geomorfología

G, H, I, J, K: son pesos en porcentaje que representa la influencia de los factores del submodelo.

Tabla 9.

Ponderación de variables del submodelo de movimientos de masa.

Variables	Ponderación (%)
Pendiente	30
Geología	25
Cobertura vegetal	20
Precipitación	15
Geomorfología	10

Fuente: Adaptado a la guía del CENEPRED (2019).

En el submodelo se considera que la variable pendiente determina la presencia de estos desastres naturales, por eso se le ha asignado un impacto del 30%; le sigue la geología con un 25 % ya que describe las distintas estructuras geológicas y explica qué determina la conducta del suelo por acciones externas (erosivas, climáticas, etc.) e internas (terremotos); del mismo modo se otorgó un 20% a la cobertura vegetal, que junto con los dos primeros determinan el nivel de erosión en el suelo. De igual manera a la precipitación con un 15%, como un elemento desencadenante de este tipo de sucesos, y la geomorfología, que cambia como consecuencia de su impacto, se les ha asignado un 10%, respectivamente.

3.6.4. Fase de campo

De las áreas identificadas se realizó la confrontación y contrastación en campo en base a los criterios que se tuvo en cuenta en la presente investigación.

3.6.5. Comparación de datos de campo con resultados del submodelo

Luego de recolectar los datos de campo, estos fueron comparados con los resultados proyectados por el submodelo SIG.

3.6.6. Descripción de medidas de prevención y mitigación contra los movimientos de masa

Se llevaron a cabo estrategias basadas en la información adquirida a través de gabinete y campo en cuanto a prevención y mitigación de los deslizamientos del distrito de Chota, en este modo de contribuir a la preservación del medioambiente y mitigación frente a los movimientos de masa del distrito de Chota.

3.7. Aspectos éticos

El estudio se llevó a cabo empleando los parámetros legales bases de datos obtenidas de fuentes fiables, lo que añade más importancia. Así mismo, las fuentes pertenecen a plataformas de entidades como MINAM, IGN, SENAMHI, MTC, ZEE-OT entre otros, por tanto, se hace una búsqueda en espacios virtuales seguros y confiables de documentos formales y validados por especialista.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

En esta investigación se generaron 5 mapas de: pendiente, cobertura vegetal precipitaciones, geomorfología y geológica. Estos mapas temáticos se representó los factores vulnerables a movimiento de masa el distrito de Chota.

4.1.1. Mapa de Cobertura Vegetal

El mapa se elaboró conforme a la información obtenida por el ZEE-Cajamarca, ordenándolo por el tipo de vegetación encontrado en el distrito de Chota. Del mismo modo, se llevaron a cabo cálculo de las áreas la cual se distribuyen cuantitativamente, que la mayor parte del área, con 59,36% (15 817,6 ha), se encuentra cubierto por áreas agrícolas heterogéneas posicionándose en la parte media y alta del distrito, las áreas menores con vegetación arbustiva / herbácea ocupando un área de 0,64 % (171,26 ha) de la zona predominando en la región constituyendo el área de menor cobertura vegetal, ver tabla 10 y figura 11

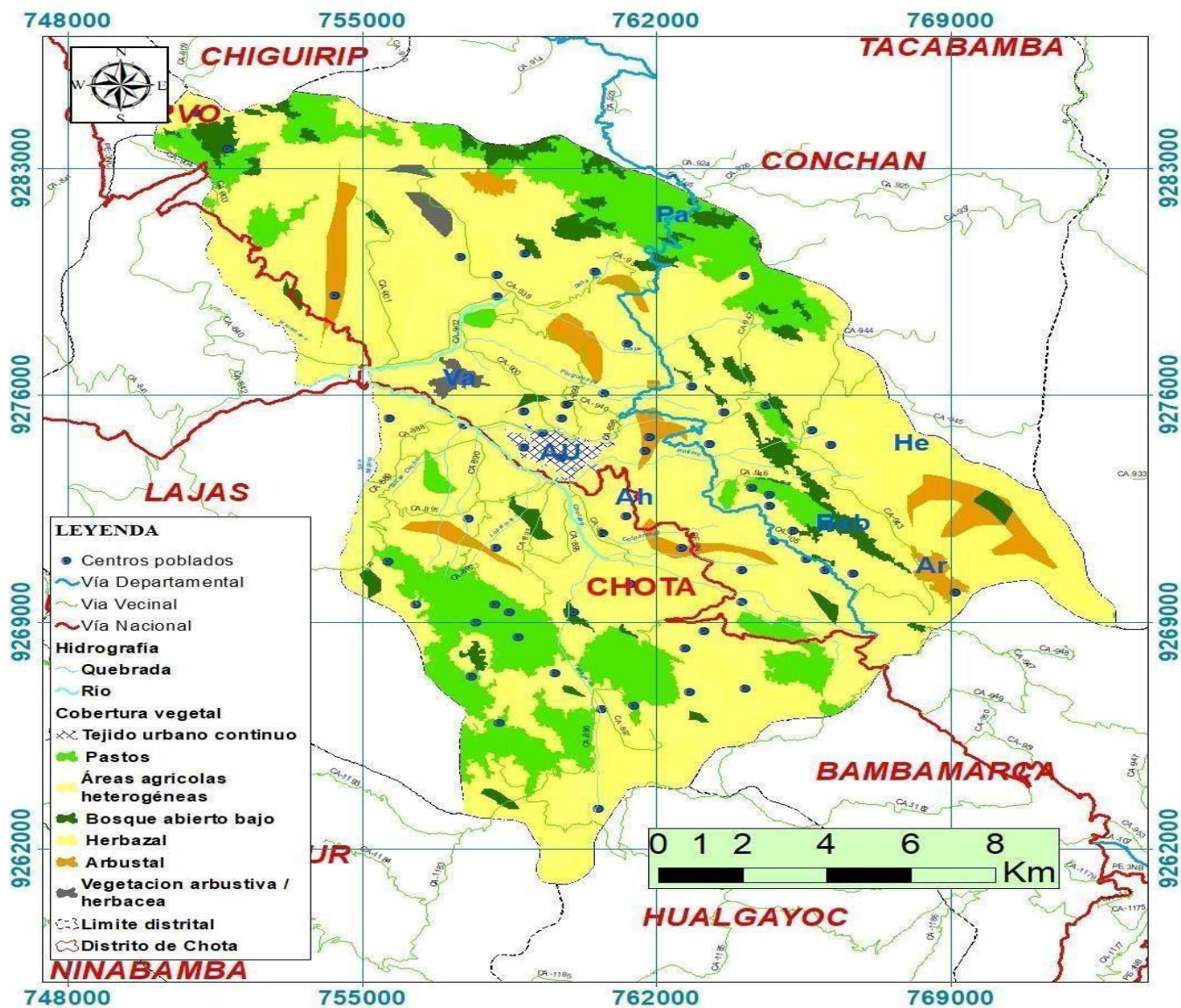
Tabla 10.

Cobertura vegetal del distrito Chota

Descripción	Área ha	%
Área urbana	195,45	0,73
Pastos	4202,91	15,77
Áreas agrícolas heterogéneas	15817,6	59,36
Bosque abierto bajo	1200,8	4,51
Herbazal	3921,81	14,72
Arbustal	1135,45	4,26
Vegetación arbustiva / herbácea	171,261	0,64

Figura 11.

Mapa de cobertura vegetal distrito Chota



<p>UBICACIÓN A NIVEL DEPARTAMENTAL</p>	<p>UBICACIÓN A NIVEL PROVINCIAL</p> <p>Ámbito de estudio</p>	<p>Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator (UTM), Datum WGS 84 Zona: Zona 17 Sur</p> <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental</p> <p>MAPA DE COBERTURA VEGETAL</p> <table border="1"> <tr> <td>Elaborado: Fany Analí Núñez Vásquez</td> <td>Fuente: ZEE-OT GORE-CAJAMARCA-2020</td> <td>MAPA: M-2</td> </tr> <tr> <td>Asesor: Ing. Yuli Anabel, Chávez Juanito</td> <td>Escala: 1: 100 000</td> <td></td> </tr> </table>	Elaborado: Fany Analí Núñez Vásquez	Fuente: ZEE-OT GORE-CAJAMARCA-2020	MAPA: M-2	Asesor: Ing. Yuli Anabel, Chávez Juanito	Escala: 1: 100 000	
Elaborado: Fany Analí Núñez Vásquez	Fuente: ZEE-OT GORE-CAJAMARCA-2020	MAPA: M-2						
Asesor: Ing. Yuli Anabel, Chávez Juanito	Escala: 1: 100 000							

1.1.2. Mapa de Pendiente

Se categorizó en 7 niveles de acuerdo al manual de categorización de los parámetros del suelo y la regulación para clasificar terrenos según su capacidad de uso mayor, la más harta extensión de área del distrito de Chota está constituida por pendientes moderadamente empinadas con una longitud de 11 944,80 ha (44,83%), y la menor área fue de 437,55 ha (1.64%) representando pendientes nulas o casi a nivel, consultar la tabla 11 y figura 12.

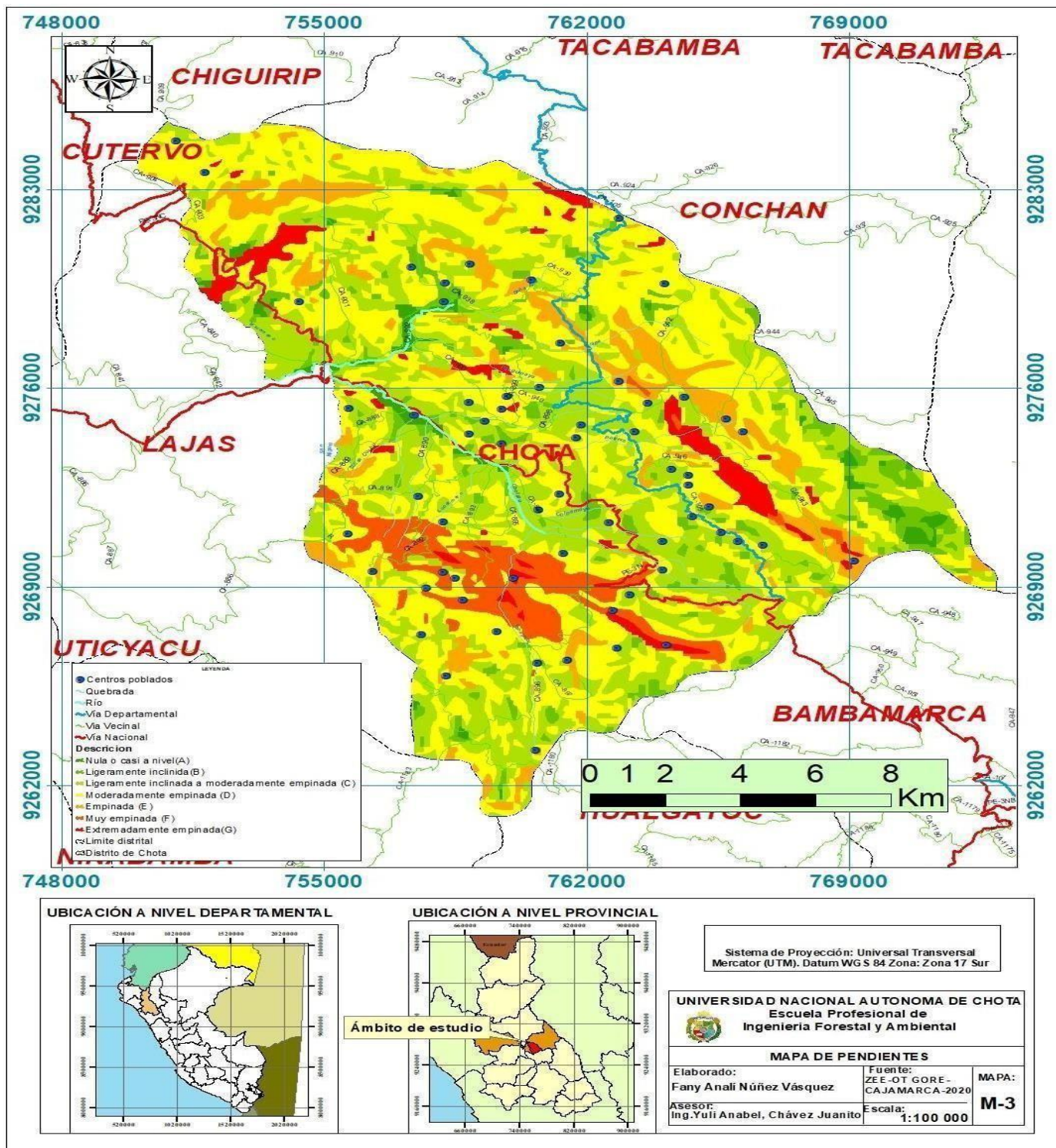
Tabla 11.

Rangos y áreas de pendientes

Rango	Descripción	Área	
		ha	%
0-4	Nula o casi a nivel	437,55	1,64
4-8	Ligeramente inclinada	1384,58	5,20
8-15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	8137,53	30,54
15-25	Moderadamente empinada	11944,8	44,83
25-50	Empinada	2381,28	8,94
50-75	Muy empinada	1458,76	5,47
>75	Extremadamente empinada	900,78	3,38
Total		26645,28	100

Figura 12

Mapa de pendientes distrito de Chota



4.1.3. Mapa de precipitación

La precipitación en el distrito de Chota anual promedio oscila entre 1 600 mm en las áreas más elevadas y 600 mm en las más bajas, el ciclo lluvioso comprende una etapa de lluvias que se extiende desde octubre hasta abril, con una disminución ligera en noviembre y diciembre. Entre mayo y septiembre, la precipitación es escasa y alcanza niveles inferiores entre junio a agosto, se anota niveles menores a 10 mm/mes. Datos obtenidos de la data PISCO años 1993 al 2021. Según los meses de julio y agosto se registra la menor cantidad de precipitaciones, ver tabla 12 y figura 13.

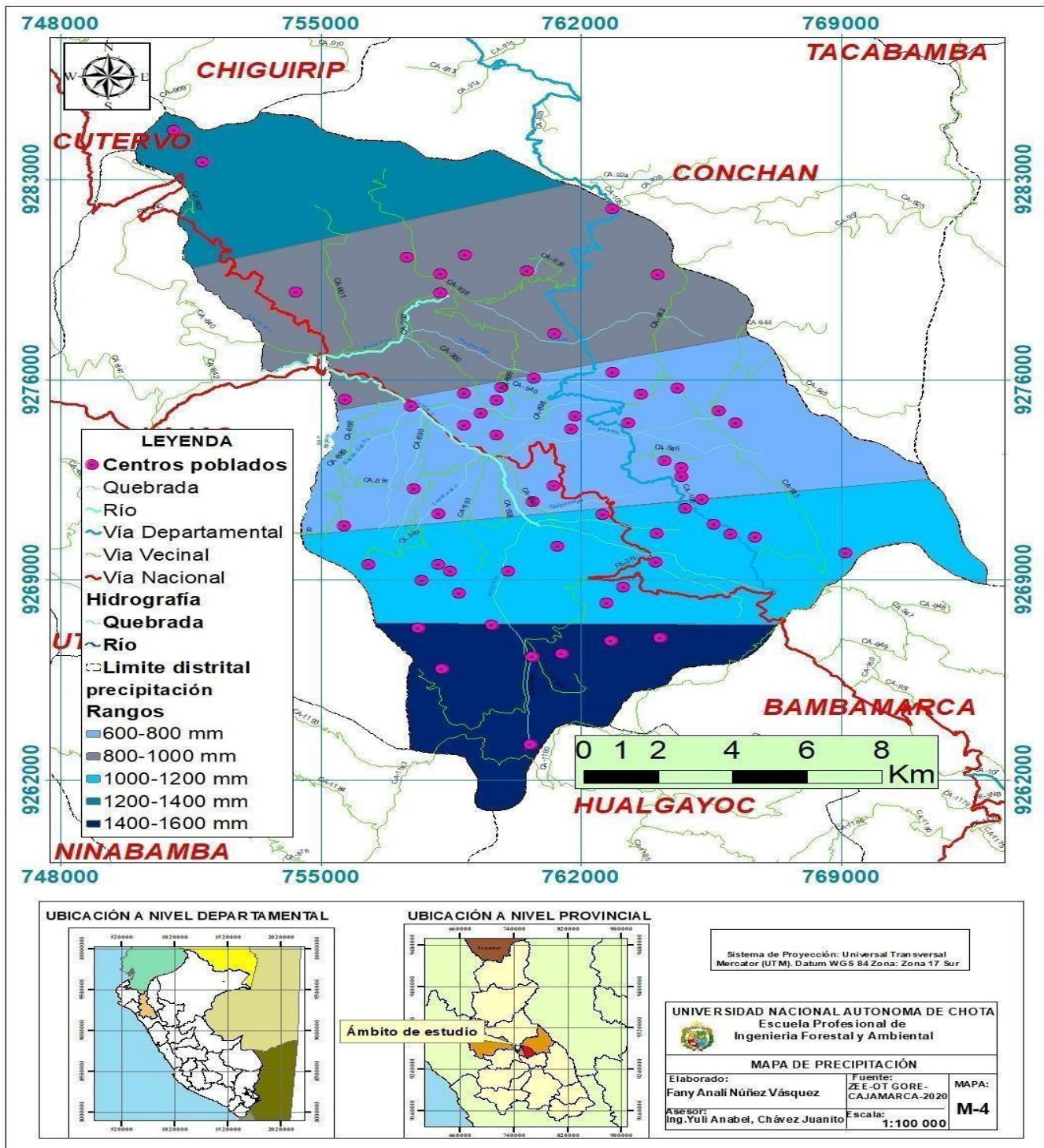
Tabla 12.

Estaciones y áreas de precipitación

Descripción	Área	
	ha	%
600-800 mm	6876,39	25,8
800-1000 mm	7004,79	26,29
1000-1200 mm	6067,40	22,77
1200-1400 mm	3311,52	12,43
1400-1600 mm	3383,87	12,7
Total	26645,28	100

Figura 13.

Mapa de precipitación



4.1.4. Mapa de geología

El mapa de geología se elaboró según las unidades geológicas existentes se clasificó. Algunas de las unidades geológicas más específicas de Chota, Se estableció que la más grande la superficie del distrito de Chota está constituida por litología de areniscas, lutitas, conglomerados con una extensión de 4 887,48 ha (18,34%), la menor superficie fue ocupada por las zonas con una litología de material erosionado con 145,06 ha (0,54 %) ver tabla 13 y figura 15.

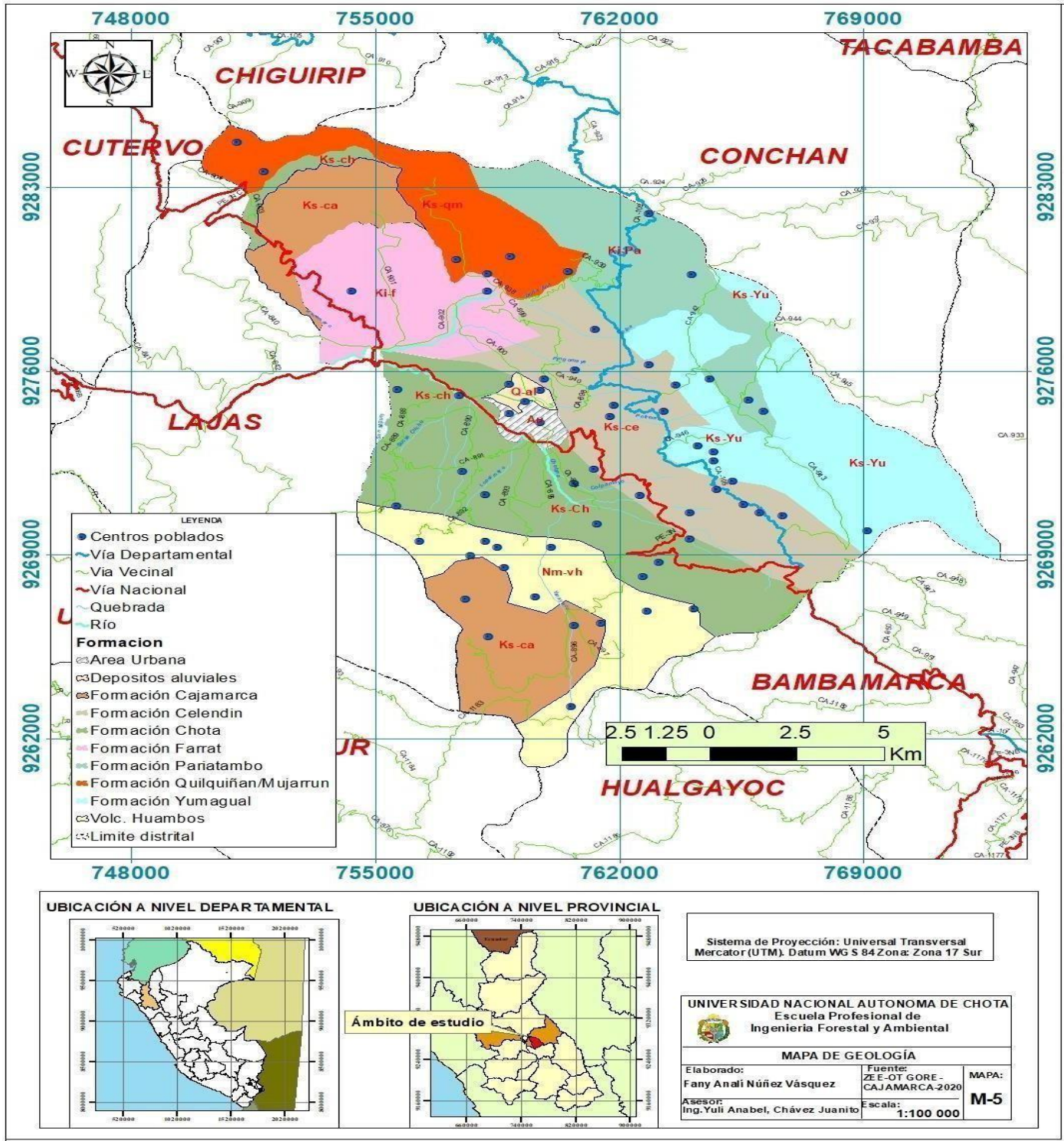
Tabla 13.

Distribución de áreas formación geológica y litología

Formación	Litología	Área	
		ha	%
Área urbana		257,284	0,97
Formación Cajamarca	Calizas, margas	3185,32	1,95
Formación Celendín	Calizas, lutitas, margas	3928,56	14,74
Formación Chota	Areniscas, lutitas, conglomerados	4887,48	18,34
Formación Mujarrum	Calizas, lutitas, margas	2213,98	8,31
Formación Yumagual	Calizas, lutitas, margas	4082,34	15,32
Volcánico Huambos	Tobas, aglomerados, Brechas	2697,48	10,12
Depositos aluviales	Material erosionado	145,06	0,54
Formación Farrat	Areniscas blancas, lutitas y margas	2460,57	9,23
Formación Pariatambo	Lutitas, bituminosas, areniscas	2787,21	10,46
Total		26645,28	100

Figura 14.

Mapa de geología



4.1.5. Mapa de geomorfología

El mapa actual representa la cartografía del relieve del distrito Chota, expresado en 6 grandes unidades geomorfológicas. Entre las unidades de geomorfología, se estableció que la mayor parte del distrito de Chota está constituida por la ladera montañosa enclavada en rocas del cretácico superior, ocupando 15867,70 hectáreas (59%), y la menor área lo ocupa casco urbano con 202.78 ha (0.76%), ver tabla 14 y figura 15.

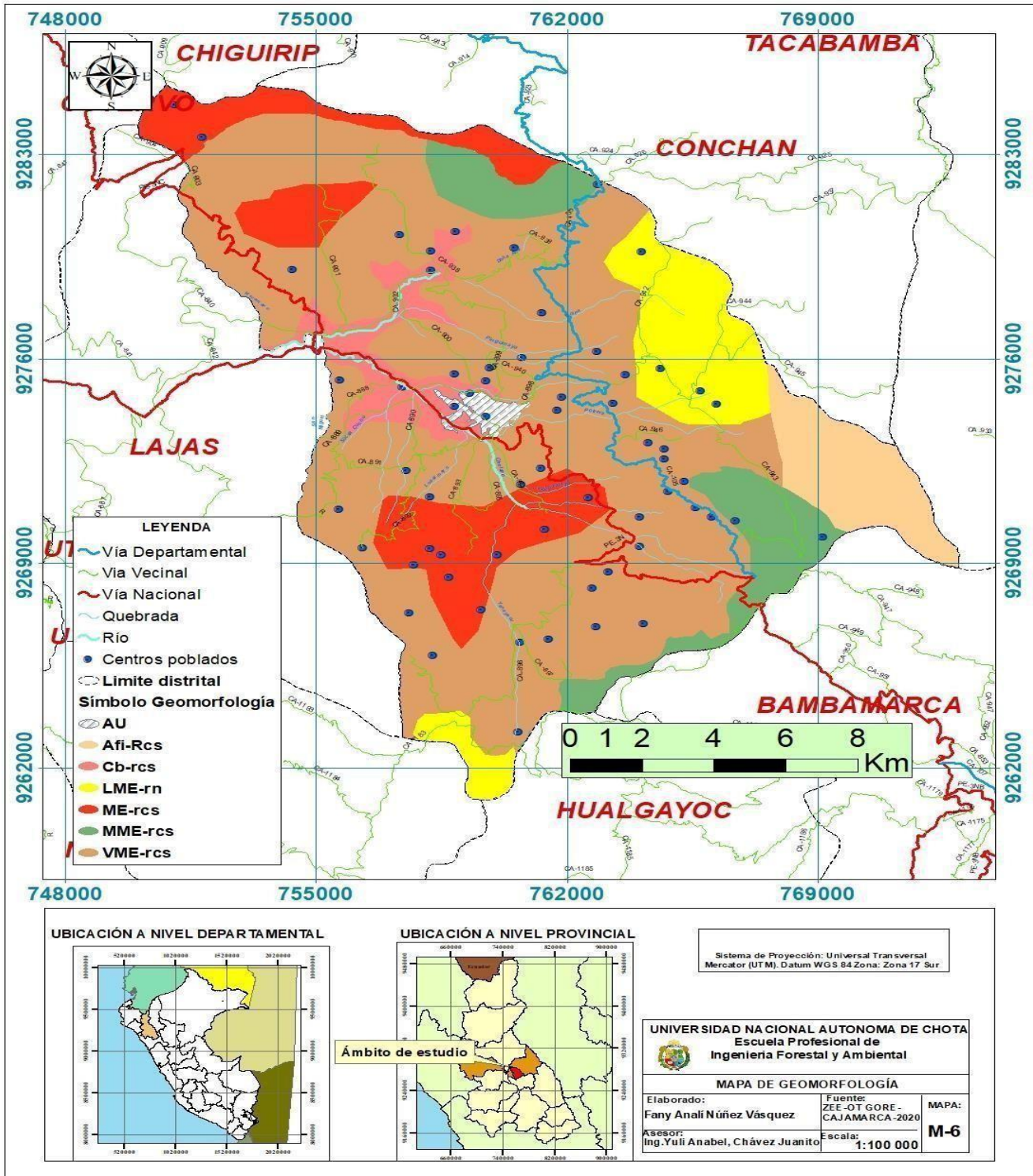
Tabla 14.

Distribución en áreas de unidades geomorfológicas

Paisaje	Geomorfología	Área(ha)	Área (%)
Montañoso	Montaña empinada en rocas del cretáceo superior	3323,14	12,47
Planicie	Planicie fuertemente inclinada en rocas del cretáceo superior	1492,85	5,61
Colinoso	Colina baja moderadamente inclinada sobre rocas del cretáceo superior	1333,00	5,00
Montañoso	Montaña moderadamente empinada en rocas del cretáceo superior	2086,40	7,83
Montañoso	Casco urbano	202,78	0,76
Montañoso	Ladera de montaña empinada en rocas del neógeno	2339,39	8,78
Montañoso	Vertiente montañosa empinada en rocas del cretáceo superior	15867,70	59,55
Total		26645,28	100

Figura 15.

Mapa de geomorfología



4.1.6. Niveles de vulnerabilidad por cada una de las variables

Para establecer el nivel de vulnerabilidad frente a deslizamientos de tierra en Chota, se consideró una ponderación de: bajo (1) y estuvo representado por el color verde, medio (2), simbolizado por el color amarillo y alto (3) por el color rojo por cada criterio tomado en cuenta cómo se puede visualizar en los siguientes mapas, se agregó un porcentaje de influencia por cada uno de los criterios, para finalmente superponer las capas y obtener las zonas vulnerables.

4.1.7. Criterio de mapa de cobertura vegetal

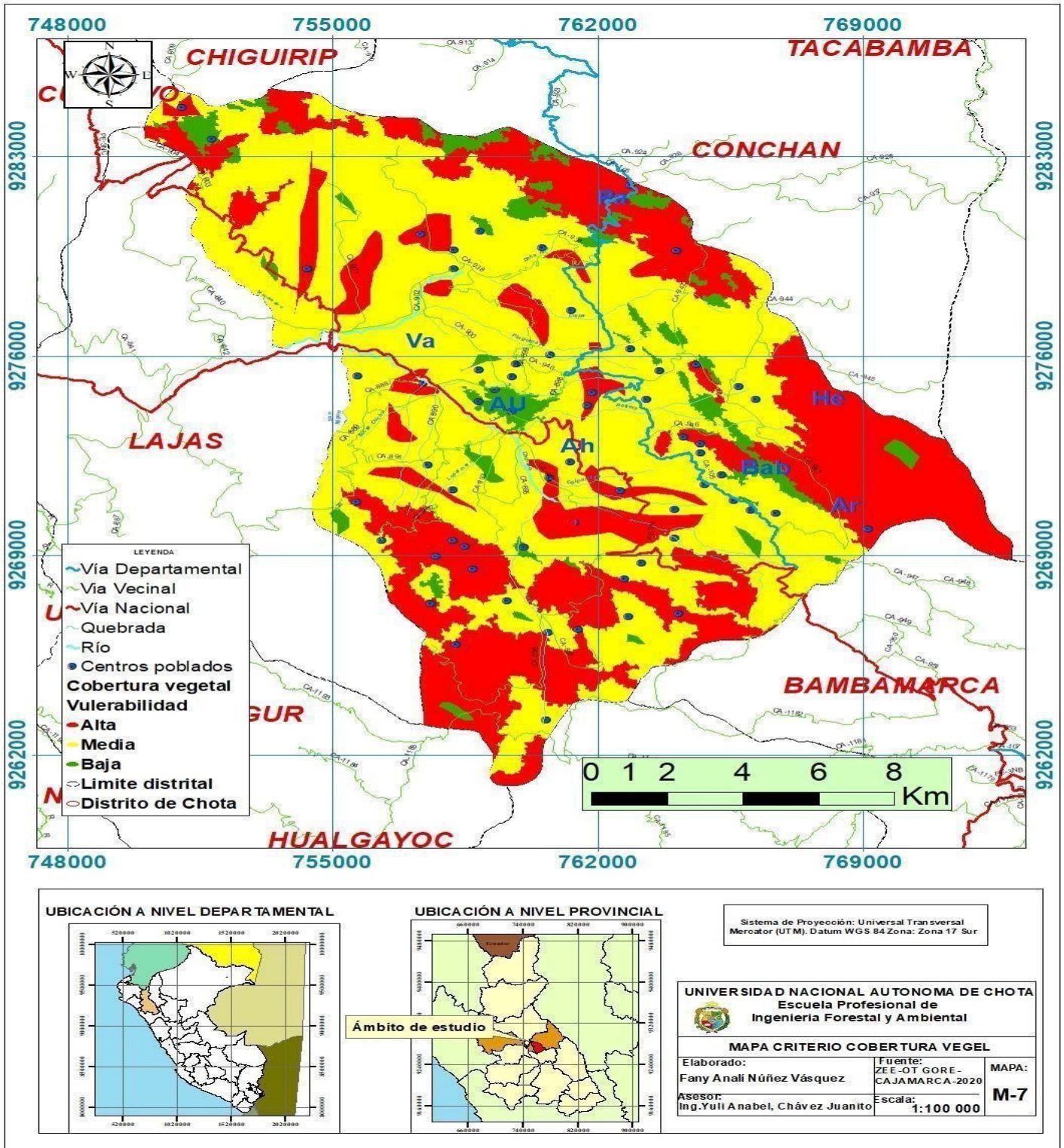
El mapa de criterio de cobertura vegetal con su respectiva ponderación abarca la mayor superficie el nivel de vulnerabilidad medio con 59,96 % (15 988,86 ha) representado por el color amarillo, seguido del nivel alto 34,81% (9 282,39 ha) de color rojo, y finalmente el nivel bajo de vulnerabilidad con 5,24% (1 396,25 ha) con color verde, la variación en las zonas vulnerables a deslizamientos depende mucho de tipo de cobertura vegetal y la densidad, en otras palabras, si la vegetación de la capa terrestre es baja, con las intensas lluvias promoverán el fenómeno de la erosión del suelo, ya que apresurarán la rapidez de escorrentía superficial y movimientos. Por el contrario, si hay más vegetación, el suelo es más capaz de resistir la erosión, adquiriendo más estabilidad y manteniendo la forma del relieve. Por lo tanto, los taludes reciben protección proporcionando protección (Cayotopa, 2023), ver tabla 15 y figura 16.

Tabla 15*Tabla de cobertura vegetal*

Vulnerabilidad	Valor	Área ha	Área (%)
Alta	3	9 282,39	34,81
Media	2	15 988,86	59,96
Baja	1	1 396,25	5,24
Total		26667,50	100

Figura 16.

Mapa criterio cobertura vegetal



4.1.8. Criterio pendiente

El mapa de criterio pendiente en el distrito de Chota, el cual tuvo como vulnerabilidad, simbolizado por el color rojo ocupando un área de 17,79 % (4 740,83 ha), con un valor 2 al nivel medio representado por el color amarillo con un 75,37 (20 082,32 ha) y nivel bajo 1 representado con el color verde 6,84% (1 822,13 ha).

Esta variable influye en los procesos de eliminación en masa explotados por elementos naturales y humanos, provocando daños considerables. La pendiente juega un papel crucial en la rapidez del agua y escorrentía superficial, ya que, en zonas con pendientes elevadas, el agua arrastra el material existente con más facilidad que en zonas con pendientes bajas, lo que facilita la infiltración del agua (Ramos et al., 2015). Ver tabla 16 y figura 17.

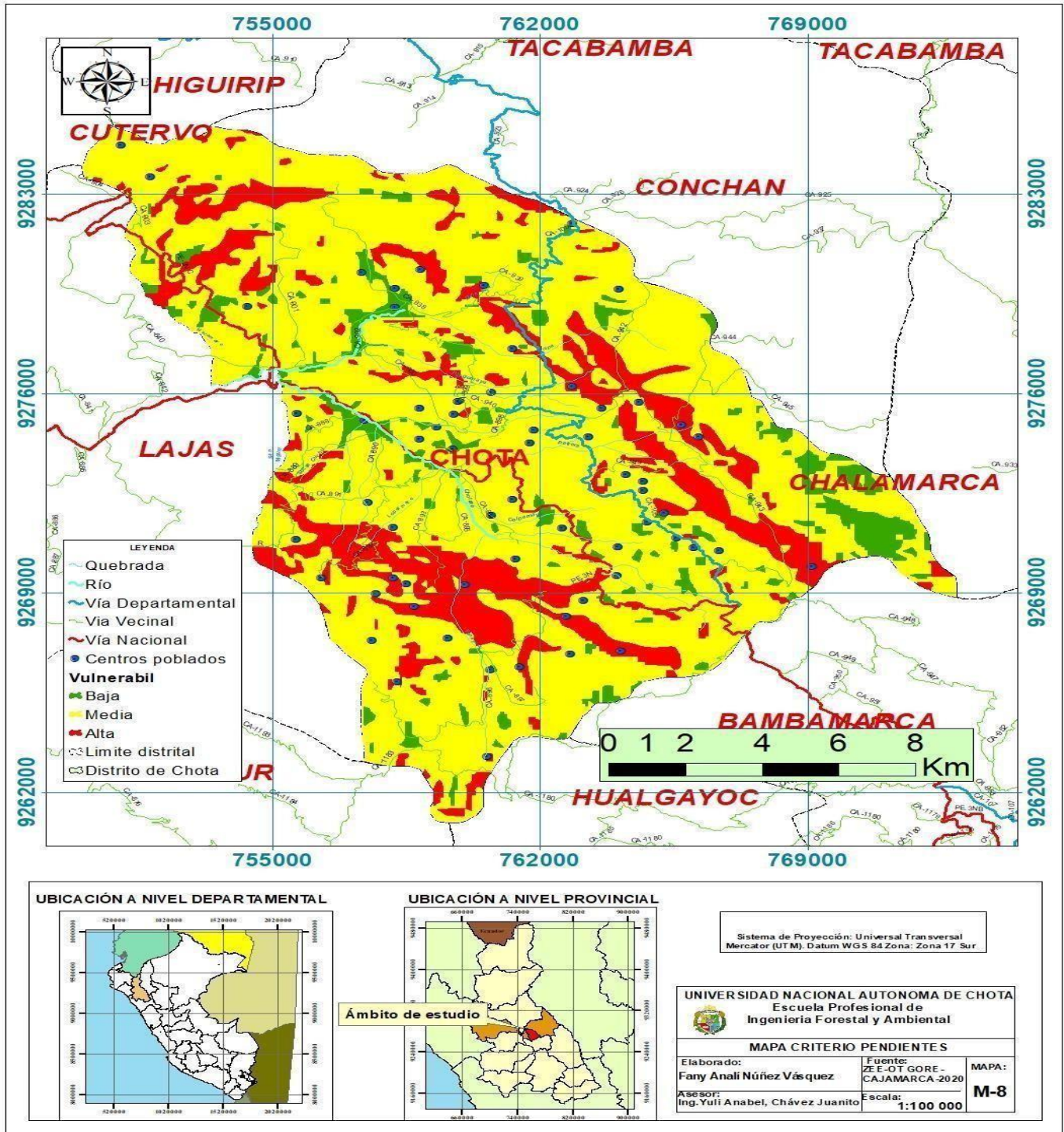
Tabla 16.

Niveles de vulnerabilidad de movimiento de masa -Pendiente

Vulnerabilidad	Valor	Área	Área (%)
Alta	3	4 740,83	17,79
Media	2	20 082,32	75,37
Bajo	1	1 822,13	6,84
Total		26 645,28	100

Figura 17.

Mapa criterio pendiente



4.1.9 Criterio geología

Se generó el mapa de criterio geología en el distrito de Chota, teniendo como vulnerabilidad alta simbolizado por el color rojo ocupando un área de 0,97 % (257,28 ha) y el un valor 2 al nivel medio representado por el color amarillo teniendo un área de 70,50 % (18 796,78 ha) nivel bajo con el valor 1 asignándole el color verde ocupando un área de 28,53% (7 606,82 ha).

La geología contiene un papel importante en la determinación de la inestabilidad, dado que un proceso de eliminación en masa es pertinente tanto por la clase de roca implicada como por su organización estratigráfica. Si las superficies del lecho rocoso subyacente permiten el deslizamiento del material, se incrementa la posibilidad de que suceda un movimiento (Alcántara y Murillo, 2015). La geología es el factor más determinante en el movimiento de masa ya que se basa en la liberación de rocas, que usualmente sucede en las zonas de laderas, ver tabla 17 y figura 18.

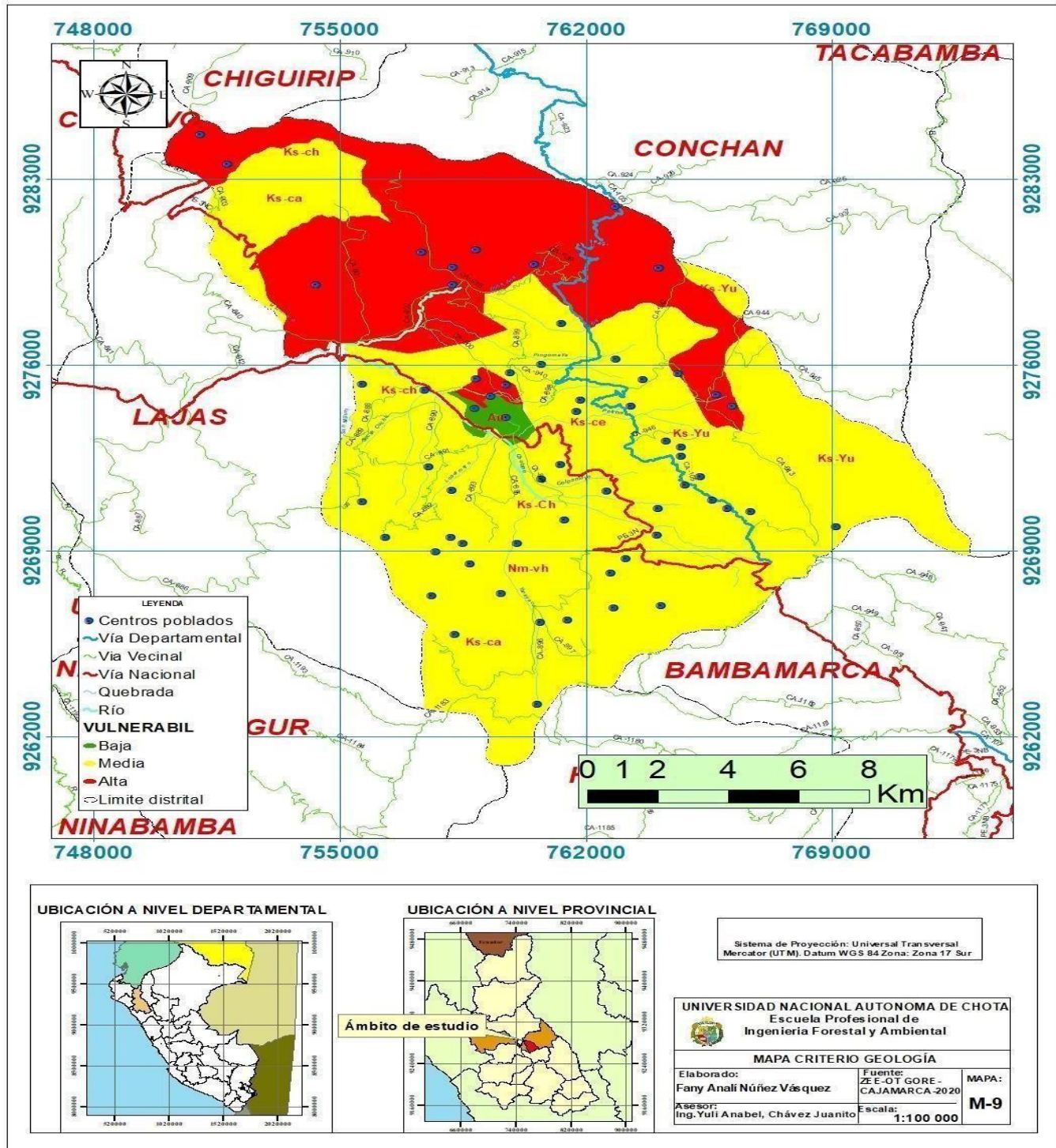
Tabla 17.

Niveles de vulnerabilidad a movimientos de masa- Geología

Vulnerabilidad	Valor	Área	Área (%)
Alto	3	257,28	0,97
Medio	2	18 796,78	70,50
Bajo	1	7 606,82	28,53
Total		26 660,88	100

Figura 18.

Mapa criterio geología



4.1.10. Criterio precipitación

Es el factor determinante para identificar las áreas vulnerables a movimientos de masa, según Flores (2016) la precipitación es un factor erosivo que tiene un impacto significativo en los eventos en masa, ya que provoca el desplome y el humedecimiento, así como los huaycos donde la precipitación es excesiva, lo que aumenta la vulnerabilidad a los deslizamientos. En este sentido tiene un impacto bastante significativo, este criterio con su respectiva ponderación abarca la mayor superficie del distrito el nivel de vulnerabilidad alto con 47,90 % (12 762,80 ha) representado por el color rojo, seguido del nivel medio 26,29% (7 004,79 ha) color amarillo y finalmente el nivel bajo 25,81% (6 876,39 ha) color verde, ver (tabla 18 y figura 19).

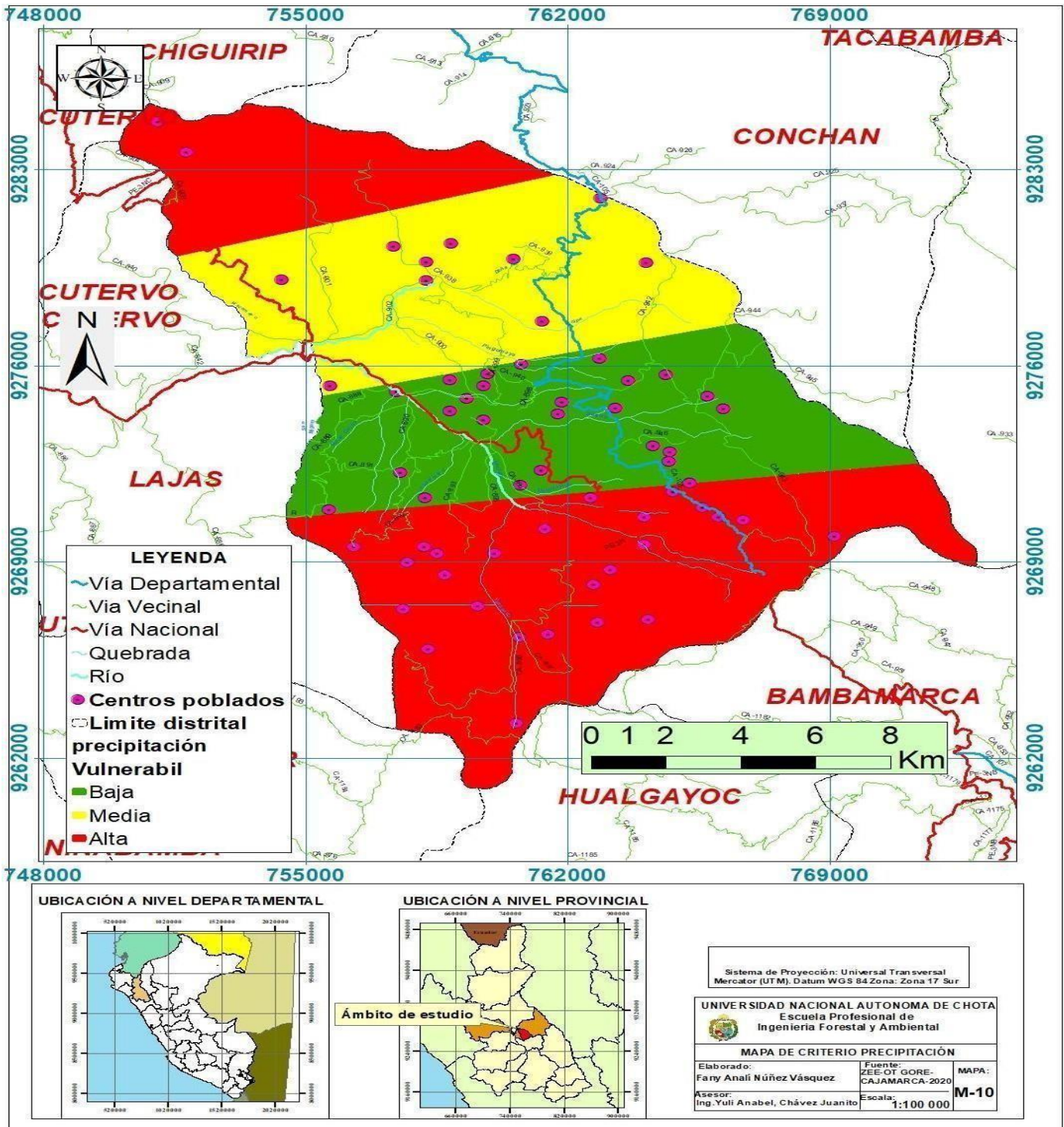
Tabla 18.

Niveles de vulnerabilidad movimientos de masa- precipitación

Vulnerabilidad	Valor	Área	Área (%)
Alta	3	12 762,80	47,90
Media	2	7 004,79	26,29
Baja	1	6 876,39	25,81
Total		26 643,98	100

Figura 19.

Mapa criterio precipitación



4.1.11. Criterio de geomorfología

El criterio de geomorfología fue un elemento influyente, con su respectiva ponderación abarca la mayor superficie el nivel de vulnerabilidad alto con 68,54 % (18 263, 60 ha) representado por el color rojo, seguido del nivel medio 18,08% (4 817,38 ha) color amarillo y finalmente el nivel bajo a vulnerabilidad 5,24% (1 396,25 ha) color verde. Para Blanco (2013) es el parámetro que se encarga de analizar las formas del terreno. En cada tipo de geoforma presente en el suelo muestra un grado de acción erosiva que ha ejercido sobre el material. Aplicando el principio de uniformidad, la actividad erosiva actual se comportará de manera parecida a la del periodo anterior. Así pues, una geoforma con mayor actividad erosiva influye más en el material existente de rotura que las áreas con actividad reducida, ver tabla 19 y figura 20.

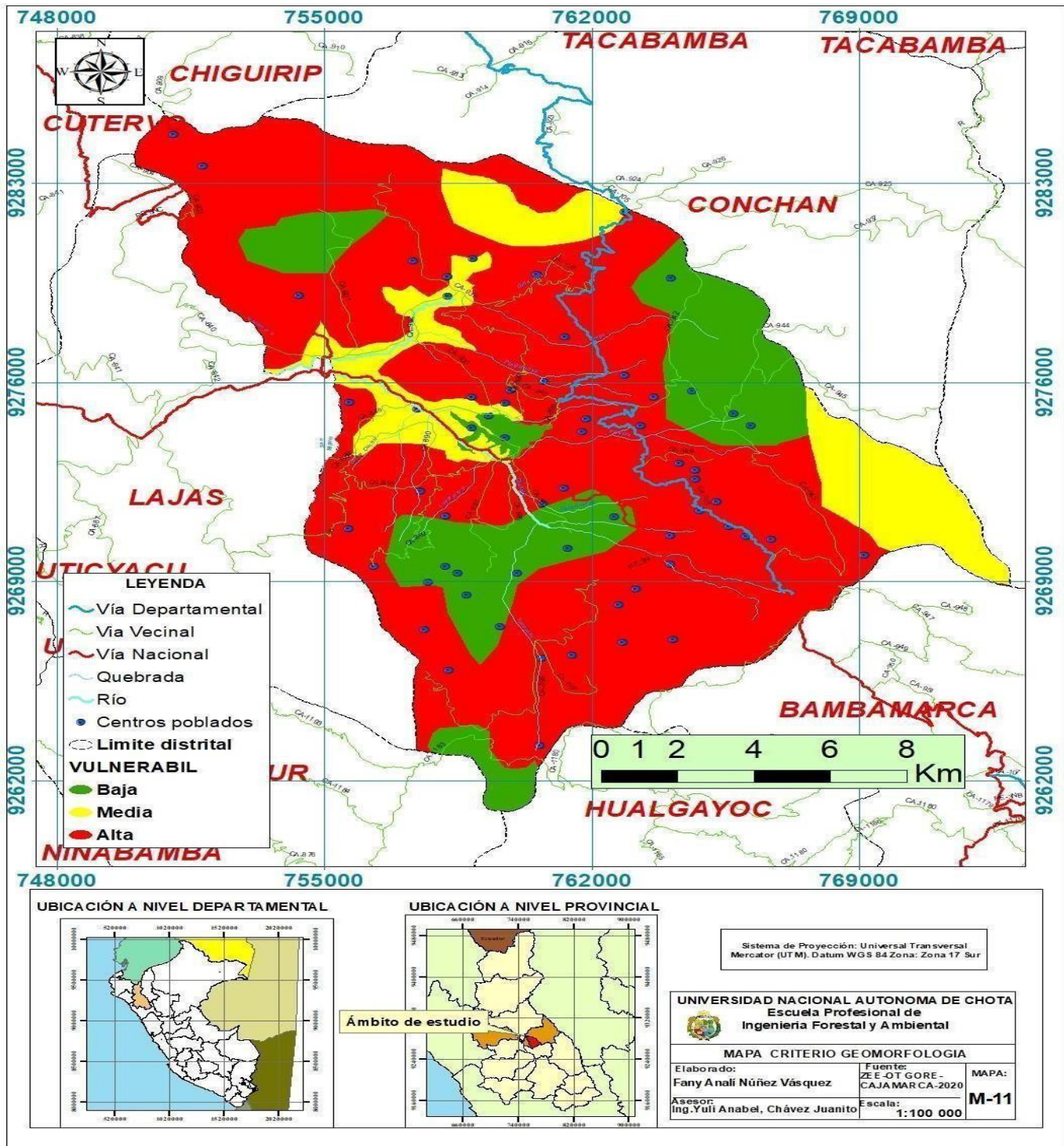
Tabla 19.

Niveles de vulnerabilidad de movimientos de masa – geomorfología

Vulnerabilidad	Valor	Área	Área (%)
Alta	3	18 263,60	68,54
Media	2	4 817,37	18,08
Bajo	1	3 564,30	13,38
Total		26 645,28	100

Figura 20.

Mapa de criterio geomorfología



4.1.12. *Submodelo de vulnerabilidad a movimientos en masa*

El submodelo se plasma en la figura 22 facilitó la identificación como un primer acercamiento, áreas donde posiblemente se muestran los impactos de los movimientos en masa, destacado principalmente por la aparición de deslizamientos huaycos y derrumbes; categorizados a través de niveles alto, medio y bajo; de la integración de espacios de variables ponderadas y atributos valorados de manera correcta, reflejado a través de la siguiente fórmula:

$$SVMM = 0.30 * Pend + 0.25 * Geo + 0.20 * CV + 0.15 * Preci + 0.10 * Geo$$

Donde:

SVMM: Submodelo de Vulnerabilidad a Movimientos de Masa

Pend: Pendiente

Geol: Geología

Cv: Cobertura vegetal

Preci: Precipitación

Geo: Geomorfología

En este análisis se consideró que la pendiente tenía el mayor impacto de vulnerabilidad, a la que se le otorgó una ponderación a pendiente del 30%. En segundo lugar, la geología tuvo una ponderación del 25%, seguidamente de la cobertura vegetal con 20%, y la precipitación con un 15% y la geomorfología con un 10%. La evaluación de todas estas variables nos facilitó establecer la capacidad del distrito de Chota para resistir movimientos de masa.

La tabla siguiente presenta el área y la proporción de espacios que están expuestos a distintos niveles de vulnerabilidad debido a los movimientos en masa, se plasma la distribución geoespacial de los movimientos en masa en el distrito Chota, ver (tabla 20, figura 21).

Tabla 20.

Resultados del submodelo de movimientos en masa

Niveles de vulnerabilidad a movimientos de masa	Área	
	Ha	%
Alto	354,65	1,33
Medio	24751,75	92,89
Bajo	1538,88	5,78
Total	26645,28	100

Figura 21.

Distribución porcentual de vulnerabilidad a movimientos de masa

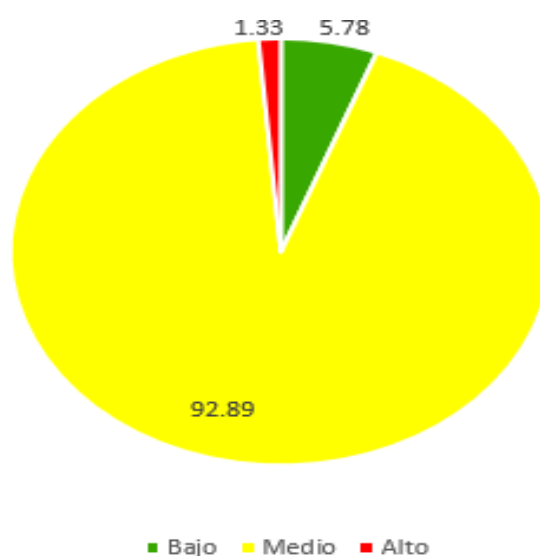
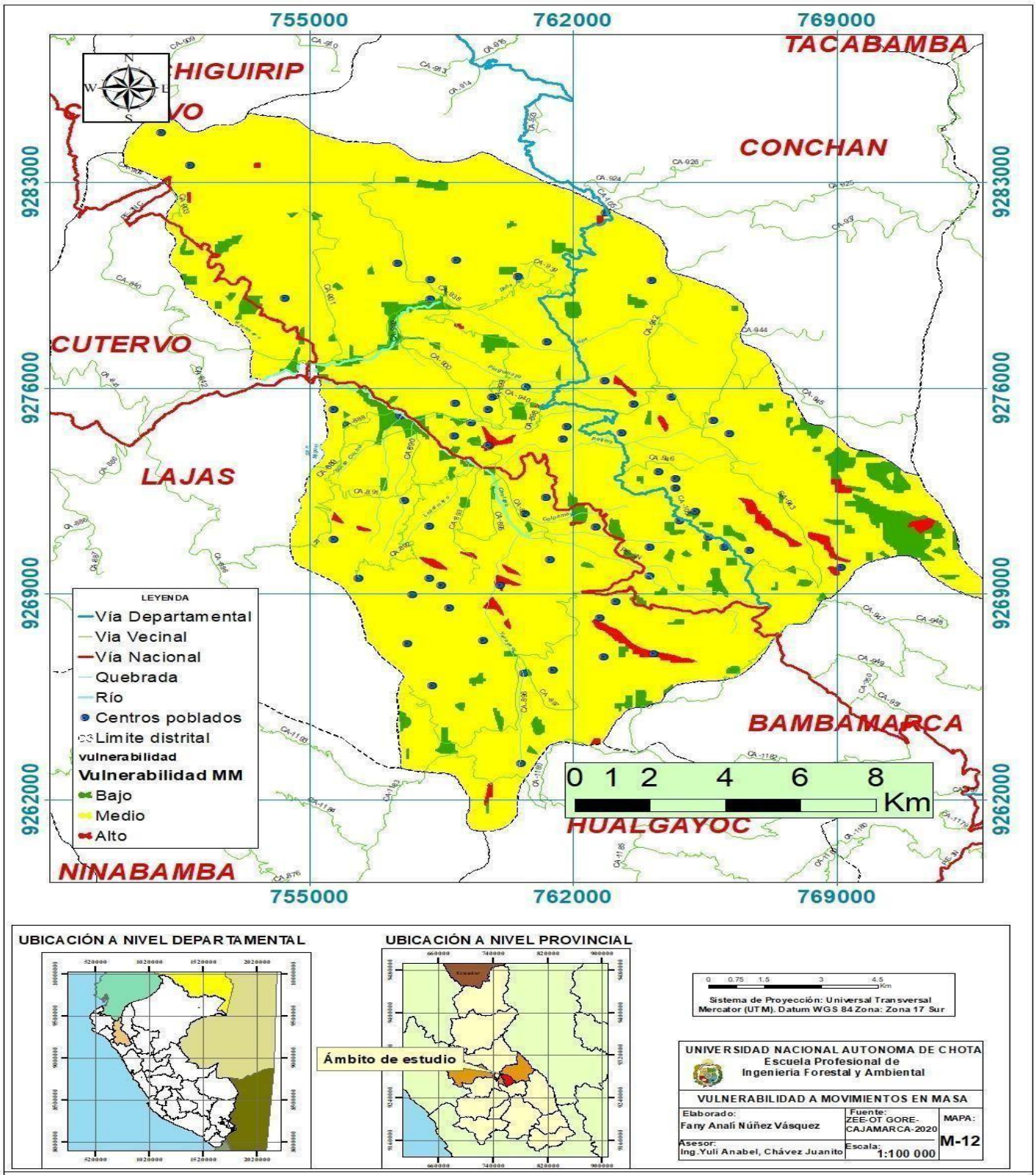


Figura 22.

Mapa final de vulnerabilidad a movimientos en masa



Según la (figura 22), se identificó (354,65 ha) con vulnerabilidad alta a movimientos de masa los cuales están representado con su respectivo color rojo distribuidos en los caseríos La Palma, Sivingan, Pampagrande, Colpa Pampa, Santa Rosa, Iraca, Carahuamayo, Colpatuapampa, Agaisbamba, Conga Blanca, Santa Rosa, Atoctambo, Huascarcocha, Cabracancha, Uchuclachuli, Cabracancha, Silleropata, Quinuamayo, El Porvenir, Pingobamba , Nuevo Oriente , Cañafisto, Chucumaca, El lirio y Negropampa.

En la tabla (21) se muestra el escenario de movimientos de masa de nivel alto encontradas en la provincia de Chota.

Tabla 21.

Escenario de movimientos en masa del nivel alto

Polígonos	Cobertura Vegetal	Geología	Pendiente	Relieve	Precipitación	Proceso de movimientos de masa	Nivel	Área
1	2.3 Pastos	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	8.53 ha
2	2.3 Pastos	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	11.13 ha
3	2.3 Pastos	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	13.2 ha
4	3.1.2. Bosque abierto bajo	Formación Cajamarca	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	10.3 ha
5	3.1.2. Bosque abierto bajo	Formación Cajamarca	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	15.3 ha
6	3.1.2. Bosque abierto bajo	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	9.3 ha
7	3.3.1. Herbazal	Formación Cajamarca	Muy empinada	Morfañoso	600-800 mm	Erosión de laderas	Alto	9.5 ha
8	3.3.1. Herbazal	Formación Cajamarca	Extremadamente empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	8.51 ha
9	3.3.1. Herbazal	Formación Cajamarca	Extremadamente empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	8.19 ha
10	3.3.1. Herbazal	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Extremadamente empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	12.3 ha
11	3.3.1. Herbazal	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	9.15ha
12	3.3.1. Herbazal	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	18.3 ha
13	3.3.1. Herbazal	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	14.20 ha
14	3.3.1. Herbazal	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	13.2 ha
15	3.3.2. Arbustal	Formación Cajamarca	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	21.5 ha
16	3.3.2. Arbustal	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	16.73 ha
17	3.3.2. Arbustal	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	9.8 ha
18	3.3.2. Arbustal	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	12.91 ha
19	3.3.2. Arbustal	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	2.1 ha
20	3.3.2. Arbustal	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	1.8 ha
21	3.3.2. Arbustal	Formación Cajamarca	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	2.4 ha
22	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Formación Cajamarca	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Erosión de laderas	Alto	7.80 ha
23	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Formación Cajamarca	Extremadamente empinada	Morfañoso	600-800 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	10.2 ha
24	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Formación Cajamarca	Extremadamente empinada	Morfañoso	600-800 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	21.40 ha
25	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	28.3 ha
26	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Formación Quilquiñán/ Mijarrun	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	15.60 ha
27	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	17.4 ha
28	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	11.80 ha
29	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	Formación Yumagual	Muy empinada	Morfañoso	1000-1200 mm	Caida de rocas, derrumbes, movimientos complejo	Alto	13.8 ha

4.1.13. Verificación en campo

Utilizando los datos obtenidos en el gabinete sobre las áreas vulnerables a movimientos de masa y una vez que se obtuvieron las coordenadas, se llevó a cabo la verificación de campo de las variables empleadas como son cobertura vegetal, pendiente, precipitación, geología y geomorfología. Se detectó una alta vulnerabilidad en los caseríos. La Palma, Sivingan, Pampagrande, Colpa Pampa, Santa Rosa, Iraca, Carahuamayo, Colpatuapampa, Agaisbamba, Conga Blanca, Santa Rosa, Atoctambo, Huascarcocha, Cabracancha, Uchuclachuli, Cabracancha, Silleropata, Quinuamayo, El Porvenir, Pingobamba, Nuevo Oriente, Cañafisto, Chucumaca, El lirio y Negropampa.

. Se encontró como grietas en el suelo, árboles inclinados, acumulación de sedimentos en laderas, cambios en la vegetación, y cualquier otra anomalía que pueda indicar actividad pasada, también se consultó a pobladores para obtener una evaluación más detallada sobre los movimientos de masa.

4.1.14. Medias de prevención y mitigación

Para evitar los movimientos de masa es crucial considerar las siguientes medidas que se detallan a continuación:

4.1.14.1. Medidas de prevención

- a) Manejo del agua, controlar la infiltración del agua en el suelo.
- b) Es preferible no excavar la base de pendientes pronunciadas.
- c) Evitar realizar cortes o rellenos en áreas con pendientes pronunciadas.
- d) Evite la deforestación en las pendientes, las raíces de los árboles contribuyen a sostener el suelo y las cargas que este soporta, además de regular la infiltración de agua.

4.1.14.2. Medidas de mitigación. La mitigación afectiva de movimiento de masa requiere de planificación, coordinación y acción rápida, es fundamental llegar a la población con las charlas, como son las siguientes medidas:

- a) **Reforestación:** Plantar árboles y vegetación para estabilizar el suelo y prevenir la erosión.
- b) **Educación y concientización:** Educar a la población con charlas de vulnerabilidad de movimientos de masa y qué hacer al respecto en caso de una emergencia.
- c) **Plan de emergencia:** Es un archivo que establece el conjunto de acciones y procesamiento a seguir para gestionar de manera organizada frente a una situación de los movimientos de masa.

4.2. Contrastación de hipótesis

Se aceptada la hipótesis propuesta, señalando que en el ámbito de la provincia de Chota existe zonas vulnerables a movimientos de masa encontrando una extensión de 354,65 ha vulnerabilidad alta.

4.3. Discusión de resultados

En este estudio se encontró una extensión de 354,65 ha con nivel alto de vulnerabilidad a movimientos de masa, donde se tomaron en cuenta cinco criterios como la cobertura vegetal, geología, geomorfología, pendiente y precipitación, utilizando ponderaciones de niveles de vulnerabilidad: 1 (nivel bajo), 2 (nivel medio) y 3 (nivel alto), en cambio Cayotopa (2023), utilizó los factores de vulnerabilidad que incluye las cualidades físicas del sitio como la geología, clima, fisiografía y cobertura vegetal, fue verificado y validado el resultado obtenido del submodelo geoespacial, permitieron determinar cuatro niveles (bajo, medio, alto, muy alto).

Las áreas con alta vulnerabilidad, cubren menor extensión (354,65 ha), estas simbolizan un riesgo significativo para la ciudad e infraestructura, para Ramos (2022), en su investigación clasificó en 3 niveles (alto, medio y bajo), como resultado obtuvo que el 57,55 % del distrito de Huabal es vulnerable a esos movimientos.

Con respecto al criterio pendiente en el distrito de Chota, está constituida por pendientes moderadamente inclinadas que representa una extensión 11 944,80 ha (44, 83%). Los empinados son texturas pesados más resbaladizos después de una lluvia intensa o prolongada. Según INGEMMET (2021), la pendiente es un parámetro crucial ya que es un elemento clave para la creación de movimientos en masa; dado que opera en calidad de uno de los elementos que determinan y dan dinamismo a esta causa.

En cuanto a la cobertura vegetal concerniente a las áreas agrícolas ocupan una mayor área de 15 817,6 ha, situadas en las zona media y alta del distrito, mientras que áreas con vegetación arbustiva y herbácea, representa un 171,26 ha del área, siendo el área con la menos cobertura, del mismo modo que existe pastos, vegetación arbustiva, bosque abierto bajo, Por lo tanto, según la ponderación considerada, el distrito de Chota tiene una mayor extensión territorial con un riesgo medio de vulnerabilidad. Para Tacilla (2019) la vegetación Es clave para la estabilidad de las pendientes., debido al prendimiento de sus raíces que le da sostenibilidad al suelo.

Para la precipitación se categorizó desde los 600 mm hasta los 1 600 mm, con periodos de 200 mm, por lo cual se deduce que el distrito de Chota es más propenso a movimientos de masa debido a fuertes precipitaciones, porque está relacionado con la aparición de procesos de eliminación en masa. Asimismo, la característica hidrológica de

un sitio es crucial para el surgimiento de movimientos de masa, dado que las fuertes lluvias, la reducción de vegetación y el crecimiento urbano potencian la erosión y la saturación del terreno, de igual manera, se presenta un intervalo de precipitación más reducido (600 a 1200 mm) para la región donde existe una probabilidad reducida de que ocurran movimientos de masa. Vega (2015) menciona que la precipitación tiene una relación directa con los movimientos de masa, lo que significa que, a mayor precipitación, mayor es la probabilidad de que ocurran estos movimientos. Esto significa que se producen huaycos, desplomes, deslizamientos, volcamientos, corrientes y caída. El 43% de su territorio tiene pendientes que varían de moderadas a extremadamente pronunciadas, lo que incrementa su vulnerabilidad debido a la ausencia de cobertura vegetal que son los factores que propician la aparición de los movimientos de masa.

Con respecto al criterio de geología del distrito de Chota se categorizó en la Formación Chota con un 18,34 % (4 887,48ha) está compuesto por areniscas, lutitas y conglomerados. Formación Celendín por calizas, lutitas, margas, ocupa un 14,74 % (3 928,56ha) del territorio. Los depósitos aluviales, incluye las localidades, de Lingan Grande, Silleropata bajo, La Samana, Pampa la Laguna y Silleropata tres Cruces. Shitacucho, San Antonio De Iraca, El Verde, Pueblo Nuevo, Lingan Pata, Castorcancha, Leoneropampa, Waira y Alto Condorpullana, según Apaza y Olivera (2021). La ciencia que estudia el movimiento de masas, porque se fundamenta en la liberación de rocas, que normalmente ocurre en lugares donde las pendientes de roca están profundamente incisas.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se identifico una extensión de (354,65 ha) con un alto nivel de vulnerabilidad, ubicados en las localidades: La Palma, Sivingan, Pampagrande, Colpa Pampa, Santa Rosa, Iraca, Carahuamayo, Colpatuapampa, Agaisbamba, Conga Blanca, Santa Rosa, Atoctambo, Huascarcocha, Cabracancha, Uchuclachuli, Cabracancha, Silleropata, Quinuamayo, El Porvenir, Pingobamba, Nuevo Oriente, Cañafisto, Chucumaca, El lirio y Negropampa.

Se logró determinar los factores como cobertura vegetal, precipitaciones, geología, pendiente y geomorfología que influyen en los movimientos de masa, en el distrito de Chota.

Se identificó las causas y fenómenos naturales (Pendiente pronunciadas, gravedad y precipitaciones y antrópicos (excavaciones, cortes, deforestación) que influyen en los movimientos de masa del distrito de Chota.

Las medidas de prevención son no excavar la base de pendientes pronunciadas, evitar la deforestación, realizar cortes y rellenos en pendientes y medidas de mitigación como control del agua, deforestación, educación y concientización) mayormente para los caseríos de Santa Rosa, Cañafisto, Conga Blanca, Iraca y Negropampa.

5.2. RECOMENDACIONES

Para las áreas de alta vulnerabilidad, se aconseja llevar a cabo medidas como los sistemas de reforestación, zanjas de infiltración, surcos de contorno y sistemas silvopastoriles; realizar labores de planificación y utilización del suelo en el ámbito rural mediante la identificación de áreas expuestas a deslizamientos.

Se aconseja emplear sistemas de información geográfica para continuar con los estudios de investigación; así, se puede proporcionar información actualizada y detallada que ayude a tomar decisiones con el objetivo de reducir los efectos negativos.

Desarrollar campañas educativas y de concienciación para incrementar la percepción acerca de la vulnerabilidad de los movimientos masivos y fomentar acciones preventivas entre las personas locales.

CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara, I., & Murillo, F. G. (2015). Procesos de remoción en masa en México: Hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional. *Investigaciones geográficas*, Ciudad de México, no 66.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112008000200004.

Aristizábal, E., López, S., Sánchez, O., Vásquez, M., Rincón, F., Ruiz-Vásquez, D., Restrepo, S., y Valencia, J.S. (2019). Evaluación de la amenaza por movimientos en masa detonados por lluvias para una región de los Andes colombianos estimando la probabilidad espacial, temporal, y magnitud. *Boletín de Geología*, 41(3), 85-105.

<http://dx.doi.org/10.18273/revbol.v41n3-2019004>

Apaza, L y Olivera, M. (2021) “Evaluación del riesgo geológico ante movimientos en masa en la quebrada sicre, distrito de huayopata, provincia de la convención, departamento del cusco” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].

<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6281>

Blanco, F. (2013). *Evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa en la zona central de la cuenca del río Mantaro-región Junín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4400>

Cabrejos, M. (2016). *Modelamiento geoespacial en la determinación del riesgo, vulnerabilidad y de la cuantificación de la erosión hídrica en la microcuenca del río Atuen – Amazonas*. [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1951/P36-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Cayotopa, I.F. J. (2023). *Modelamiento geoespacial para la identificación de zonas vulnerables a peligros de movimientos en masa, distrito de Chota, Cajamarca* [Tesis de pregrado – Universidad Nacional de Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5569>

Chunga, U. (2017). *Evaluación de la gestión de riesgos de desastres naturales y la capacidad de respuesta a las emergencias en las instituciones educativas de la UGEL la unión Arequipa*. [Tesis Postgrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4e973c11-b543-4b5f-a3c7-8d890181a64e/content>.

Espinoza, V. J. C., Ronchail J., Lavado W., Carranza, J., Cochonneau, G., De Oliveira, E., Pombosa, R., Vauchel P. y Guyot, J.L. (2010). Variabilidad espacio-temporal de las lluvias en la cuenca amazónica y su relación con la variabilidad hidrológica regional. *Revista Peruana Geo-Atmosférica*, 1(2), 99-130.

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers1708/010054455.pdf

Flores, R. (2016). "Modelamiento geoespacial para la determinación del grado de vulnerabilidad, distrito Leimebamba - Amazonas". Tesis pregrado. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina. 184p.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2240>

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2021). *Instituto Geológico Minero Y Metalúrgico Informe Técnico Geología Ambiental Y Riesgo Geológico. Zonas Críticas Por Peligros Geológicos Y Geomorfológicos En La Región Cajamarca.*

<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3069>

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2020). *Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas.*

<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1744/doc1744-1a.pdf>

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2022). *Reporte Complementario N° 8070 - 7/10/2022 / COEN - INDECI.*

<https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/reporte-preliminar-no-2092-5-10-2022-coen-indeci-0010-horas-lluvias-intensas-en-el-distrito-de-chota-cajamarca/>

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2022). *Reporte Complementario N° 8070 - 7/10/2022 / COEN - INDECI / 16:00 Horas (Reporte N° 2). Reporte complementario n° 8070 - 7/10/2022 / coen - indeci / 16:00 horas (reporte n° 2) lluvias intensas en el distrito de chota - cajamarca - indeci tarea de todos.*

<https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/reporte-complementario-n-6952-5-9-2022-coen-indeci-reporte-n-1-derrame-de-hidrocarburos-en-el-distrito-de-pastaza-loreto/>

- Ramos, A. M., Trujillo, M. G., & Prada S, L. F. (2015). Análisis descriptivos de procesos de remoción en masa en Bogotá. *Obras y Proyectos*, 18, 63–75.
<https://doi.org/10.4067/s0718-28132015000200006>
- Ramos, E. J. (2022). “Modelamiento geoespacial para la identificación de zonas críticas vulnerables a peligros múltiples, distrito Jaén - Cajamarca”. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5352/Elmer%20Joan%20Ramos%20Quiroz.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Kimberley, O. (2017). *Los sistemas de información geográfica (sig) en la educación escolar del siglo xxi*. <https://eduteka.icesi.edu.co/articulos/SIG1>
- Ministerio Nacional de Agricultura y Riego. (2014). *Cartillas para la conservación del suelo: La erosión del suelo, “Mejores suelos, mejores productos, mejor calidad de vida para el productor agrario”*.
<https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/erosion-suelo.pdf>
- Ministerio del ambiente (2021). *Plan Nacional de Impacto Ambiental* [MINAM, 2da edición].
https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf
- Narvárez, R. (2012). *Vulnerabilidad geotécnica de las quebradas arroyo seco y puca en la ciudad de ayacucho*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
<https://es.scribd.com/document/283487570/Vulnerabilidad-en-Quebradas-Geotecnia#>

Servicio Nacional Meteorología e Hidrología Del Perú. (2017). *Uso del Producto Grillado "PISCO" de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico.*

https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/260/Us%20p roducto-grillado-Pisco-precipitaci%3%b3n-estudios-investigaciones-sistemas-operacionales-monitoreo pron%3%b3stico%20Hidrometeor%3%b3gico_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Santos,P. (2020). *Sistemas de información geográfica. Editorial. UNED, 2020*

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xjbeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=sistemas++de+informacion+geogr%C3%A1fica&ots=ws17jvsDcf&sig=LPgn04qovyTbMKnC5Tx8x6UHg2U#v=onepage&q&f=false>

Tarrillo, L. (2019). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito de Cajabamba.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3012/CAMBIOS%20DE%20COBERTURA%20Y%20USO%20DEL%20SUELO%20CON%20IMAGENES%20SATELITALES%20DEL%20DISTRITO%20DE%20SAN%20SILVESTRE%20DE%20C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tomlinson, R. (2019). *Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes.* Redlands, California, ESRI Press.

http://downloads2.esri.com/ESRIpress/images/147/think3_ch1_SP.pdf

Vega, J. (2015). *Estimación del riesgo por deslizamientos de laderas generados por eventos sísmicos en la ciudad de Medellín usando herramientas de la geomática* [Tesis Posgrado, Universidad Nacional de La Plata].

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29001/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAPITULO VII. ANEXOS

Figura 23.

Toma de encuesta a la población de experiencia personal sobre zonas vulnerables a movimientos de masa.



Figura 24.

Obtención de coordenadas de zona crítica a movimiento de masa en el centro poblado Negropampa.



Figura 25.

Identificación de zonas vulnerables a movimientos de masa en el centro poblado Chaupelanche.

**Figura 26.**

Verificación de coordenadas en el caserío Huscarcocha, con vulnerabilidad alta a movimientos de masa.



Figura 27.

Área crítica a movimientos de masa en el caserío de Cuyumalca.



Figura 28.

Importancia de la vegetación en pendiente cercana al moviente de masa ubicado caserío de Cuyumalca.



Figura 29.

Ubicación de geológica de zona vulnerable a movimiento de masa en el caserío de Santa Rosa.



Figura 30.

Zona vulnerable a movimiento de masa en el caserío Conga Blanca.

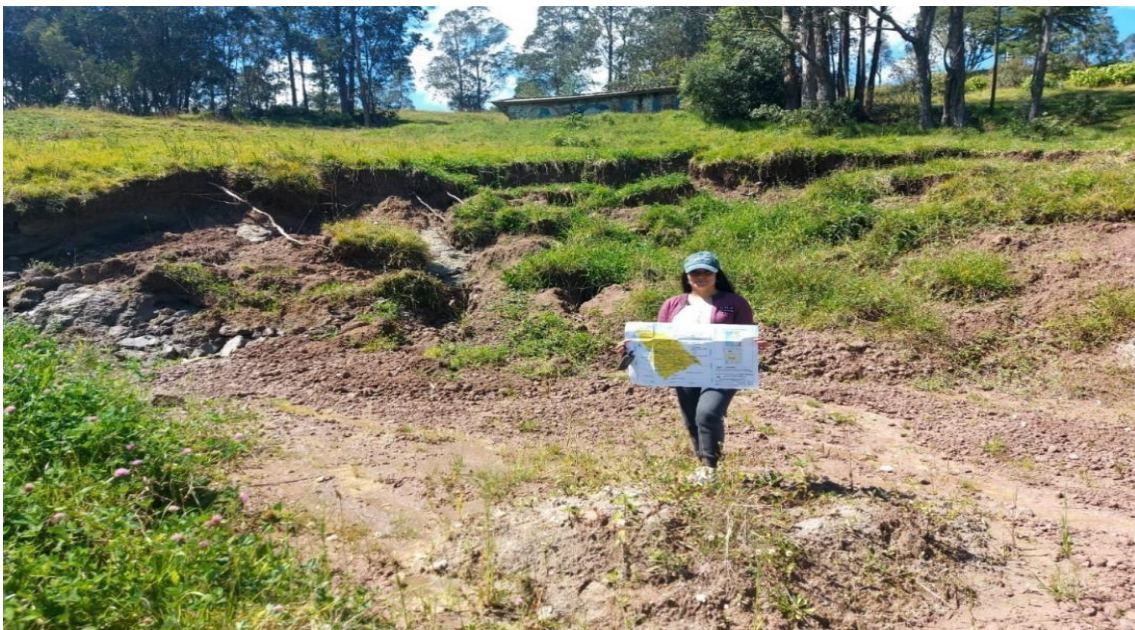


Figura 31.

Ubicación de coordenadas de zona crítica del movimientos de masa en el caserío Conga Blanca.

**Figura 32.**

Toma de datos en zona vulnerable a movimiento de masa en el caserío de Cabracancho.



Figura 33

Verificación de zona crítica a movimiento de masa por precipitaciones en el caserío

Santa Rosa.

**Figura 34.**

Ubicación geológica de zona crítica del movimiento de masa en el caserío Caruamayo.



Figura 35.

Verificación de coordenadas del movimiento de masa en el caserío Rojaspampa,



Figura 36.

Identificación de factores que influyen el movimiento de masa en el caserío de Cañafisto.



Figura 37.

Identificación de zona crítica a movimientos de masa en el caserío de Colpatuapampa.



Figura 38.

Ubicación de coordenadas de movimientos de masa del caserío Colpatuapampa.

