

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**“MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS  
VULNERABLES A PELIGROS DE MOVIMIENTOS EN MASA, DISTRITO DE  
CHOTA, CAJAMARCA”**

**T E S I S**

**Para optar el título profesional de  
INGENIERO FORESTAL**

**Presentado por el bachiller:  
FLOR JUDITH CAYOTOPA IRIGOÍN**

**Asesor:  
Dr. WILFREDO POMA ROJAS  
Ing. DENNIS ALVARINO CIEZA TARRILLO**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los veintidós días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 308-2022-FCA-UNC, de fecha 25 de octubre del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A PELIGROS DE MOVIMIENTOS EN MASA, DISTRITO DE CHOTA, CAJAMARCA"**, realizada por la Bachiller **FLOR JUDITH CAYOTOPA IRIGOÍN** para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las once horas y cuarenta minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las trece horas y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia  
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Walter Ricardo Roncal Briones  
SECRETARIO

Ing. Nehemías Honorio Sangay Martos  
VOCAL

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, la salud y por guiarme en mi camino.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida.

A Andy y Adryan por ser los motivos de mi inspiración y superación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis asesores Dr. Wilfredo Poma Rojas e Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo por su orientación constante y sus valiosos aportes para realizar dicha investigación.

A los ingenieros, Nehemías Honorio Sangay Martos, Walter Roncal Briones, Luis Dávila Estela y Juan Linares Zelada, este último que me inspiró a realizar esta investigación en el distrito de Chota, a todos los docentes que se encargaron de mi formación académica y profesional en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal.

## ÍNDICE

Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras .....	ix
Resumen.....	xi
Abstract .....	xii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>2</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Antecedentes de la Investigación.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Bases Teóricas.....</b>	<b>6</b>
2.2.1. Movimiento de masa .....	6
2.2.2. Factores que influyen en los movimientos en masa.....	11
2.2.3. Geodinámica interna .....	13
2.2.4. Susceptibilidad a los movimientos en masa .....	13
2.2.5. Inventario de movimiento en masa .....	15
2.2.6. Peligros .....	15
2.2.7. Vulnerabilidad.....	16
2.2.8. Desastre .....	17
2.2.9. Riesgo.....	17
2.2.10. Sistema de información geográfica .....	19
2.2.11. Modelo.....	21

<b>2.3. Definición de términos básicos .....</b>	<b>26</b>
2.3.1. Análisis de estabilidad de taludes .....	26
2.3.2. Cárcava .....	26
2.3.3. Erosión.....	26
2.3.4. Estabilidad .....	26
2.3.5. Factores condicionantes.....	27
2.3.6. Geodinámica .....	27
2.3.7. Inventario .....	27
2.3.8. Movimientos de masa.....	27
2.3.9. Susceptibilidad a movimientos en masa.....	27
2.3.10. PISCO.....	28
2.3.11. Kriging.....	28
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>29</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Ubicación del área de estudio .....</b>	<b>29</b>
3.1.1. Ubicación, extensión y límites .....	29
3.1.2. Clima .....	31
3.1.3. Precipitaciones .....	31
3.1.4. Topografía.....	32
3.1.5. Hidrografía.....	32
3.1.6. Fisiografía .....	33
3.1.7. Geología.....	33
3.1.8. Cobertura vegetal .....	33
3.1.9. Características socioeconómicas.....	34

<b>3.2. Materiales y métodos .....</b>	<b>35</b>
3.2.1. Materiales y equipos de campo .....	35
3.2.2. Materiales y equipos de gabinete .....	35
<b>3.3. Metodología.....</b>	<b>36</b>
3.3.1. Fase de pre – campo .....	36
3.3.2. Fase de gabinete .....	36
3.3.3. Fase de campo .....	55
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>56</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1. Modelamiento geoespacial de peligros a movimientos en masa .....</b>	<b>56</b>
4.1.1. Mapa de pendientes .....	56
4.1.2. Mapa de fisiografía.....	59
4.1.3. Mapa de precipitación .....	62
4.1.4. Mapa de cobertura vegetal.....	65
4.1.5. Mapa de geología .....	74
4.1.6. Modelo de movimientos en masa.....	79
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>86</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>86</b>
<b>5.2. Recomendaciones.....</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>89</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>
<b>CAPÍTULO VII .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los movimientos de ladera.....	7
<b>Tabla 2.</b> Ejemplos de variables más significativas para elaborar modelos de susceptibilidad .....	12
<b>Tabla 3.</b> Información recaudada .....	37
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de pendientes.....	38
<b>Tabla 5.</b> Valores de precipitación promedio anual (mm).....	40
<b>Tabla 6.</b> Variables que conforman el modelo .....	41
<b>Tabla 7.</b> Tabla de valoración para el modelo de peligros a movimientos en masa .....	45
<b>Tabla 8.</b> Valoración de la pendiente para el modelo de movimientos en masa.....	46
<b>Tabla 9.</b> Valoración de la geología para el modelo de movimientos en masa .....	47
<b>Tabla 10.</b> Valoración de la precipitación para el modelo de movimientos en masa.....	48
<b>Tabla 11.</b> Valoración de la cobertura vegetal para el modelo de movimientos en masa. .....	49
<b>Tabla 12.</b> Valoración de la fisiografía para el modelo de movimientos en masa.....	51
<b>Tabla 13.</b> Ponderación de variables para generar el modelo de movimientos en masa .	53
<b>Tabla 14.</b> Resultados del mapa de pendientes .....	57
<b>Tabla 15.</b> Resultados del mapa de fisiografía.....	60
<b>Tabla 16.</b> Resultados del mapa de precipitación.....	63
<b>Tabla 17.</b> Resultados del mapa de cobertura vegetal.....	72
<b>Tabla 18.</b> Resultados del mapa de geología .....	77
<b>Tabla 19.</b> Resultados del modelo de movimientos en masa.....	79
<b>Tabla 20.</b> Centros poblados del distrito de Chota.....	105



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Caída y desplome de rocas .....	8
<b>Figura 2.</b> Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento .....	8
<b>Figura 3.</b> Tipos de deslizamientos .....	9
<b>Figura 4.</b> Tipos de flujos .....	9
<b>Figura 5.</b> Expansiones laterales .....	10
<b>Figura 6.</b> Métodos de estimación de la susceptibilidad frente a movimientos de masa	14
<b>Figura 7.</b> Superposición de mapas temáticos .....	22
<b>Figura 8.</b> Mapa de ubicación .....	30
<b>Figura 9.</b> Temperatura máxima y mínima promedio en Chota .....	31
<b>Figura 10.</b> Promedio mensual de lluvia en Chota.....	32
<b>Figura 11.</b> Esquema metodológico .....	36
<b>Figura 12.</b> Modelo conceptual para el modelo de movimientos en masa .....	42
<b>Figura 13.</b> Modelo lógico de la GDB para el modelo de movimientos en masa.....	42
<b>Figura 14.</b> Modelo físico en forma de base de datos geoespacial .....	43
<b>Figura 15.</b> Modelo geoespacial elaborado para la identificación de zonas vulnerables a movimiento en masa .....	54
<b>Figura 16.</b> Mapa de pendientes del distrito de Chota .....	58
<b>Figura 17.</b> Unidades de fisiografía.....	59
<b>Figura 18.</b> Mapa de fisiografía del distrito de Chota .....	61
<b>Figura 19.</b> Mapa de precipitación del distrito de Chota.....	64
<b>Figura 20.</b> Tejido urbano del distrito de Chota.....	66
<b>Figura 21.</b> Mosaico de cultivos .....	67
<b>Figura 22.</b> Pastos en el distrito de Chota.....	68
<b>Figura 23.</b> Plantaciones forestales .....	69

<b>Figura 24.</b> Herbazales en el distrito de Chota .....	70
<b>Figura 25.</b> Afloramientos rocosos en el distrito de Chota.....	71
<b>Figura 26.</b> Mapa de cobertura vegetal del distrito de Chota .....	73
<b>Figura 27.</b> Geología del distrito de Chota .....	74
<b>Figura 28.</b> Geología del distrito de Chota .....	76
<b>Figura 29.</b> Mapa de geología del distrito de Chota.....	78
<b>Figura 30.</b> Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad del modelo de movimientos en masa.....	80
<b>Figura 31.</b> Modelo global de peligros a movimientos en masa.....	85
<b>Figura 32.</b> Mapa de estaciones meteorológicas .....	99
<b>Figura 33.</b> Mapa valoración de pendientes.....	100
<b>Figura 34.</b> Mapa valoración de fisiografía .....	101
<b>Figura 35.</b> Mapa valoración de precipitación .....	102
<b>Figura 36.</b> Mapa valoración de cobertura vegetal .....	103
<b>Figura 37.</b> Mapa valoración de geología.....	104

## RESUMEN

La evaluación de los movimientos en masa forma parte de la Gestión de Riesgo de Desastres, siendo los modelos geoespaciales un método integral para la identificación de peligros naturales y para el análisis de susceptibilidad a estos; dicha investigación tiene como objetivo identificar zonas susceptibles a la ocurrencia de peligros de movimientos en masa expuestos en condiciones de vulnerabilidad física; mediante el análisis y modelamiento geoespacial en un SIG, en el distrito de Chota, departamento de Cajamarca. Se desarrolló en tres fases; fase pre – campo, consistió en identificar y reconocer las características físicas del lugar como la fisiografía, geología, clima y cobertura vegetal, además se realizó la revisión, generación y estandarización de información básica; en la fase de gabinete, posterior a la estandarización de la información se generó el modelo geoespacial con el fin de identificar zonas vulnerables a movimiento de masa; en la fase final, se verificó y validó el resultado obtenido del modelo geoespacial. Los resultados obtenidos de la integración de las variables en el modelo geoespacial, permitieron identificar el grado de vulnerabilidad a los movimientos de masa, siendo estos clasificados en cuatro 4 niveles (Bajo, Medio, Alto, Muy Alto), obteniendo que el 70.63% del distrito de Chota presenta una vulnerabilidad Alta, por otro lado, el 21.21% presenta una vulnerabilidad Media, el 8.08% presenta una vulnerabilidad Muy Alta y en menor porcentaje 0.08% presenta una vulnerabilidad Baja.

**Palabras clave:** Modelamiento geoespacial, movimientos de masa, sistemas de información geográfica, vulnerabilidad, desastres naturales.

## **ABSTRACT**

The evaluation of mass movements is part of the Disaster Risk Management, being the geospatial models an integral method for the identification of natural hazards and for the analysis of susceptibility to these; this research aims to identify areas susceptible to the occurrence of mass movement hazards exposed in conditions of physical vulnerability; through analysis and geospatial modeling in a GIS, in the district of Chota, department of Cajamarca. It was developed in three phases; pre-field phase, consisted of identifying and recognizing the physical characteristics of the place such as physiography, geology, climate and vegetation cover, in addition to the review, generation and standardization of basic information; in the office phase, after the standardization of the information, the geospatial model was generated in order to identify areas vulnerable to mass movement; in the final phase, the result obtained from the geospatial model was verified and validated. The results obtained from the integration of the variables in the geospatial model, allowed identifying the degree of vulnerability to mass movements, being these classified in four 4 levels (Low, Medium, High, Very High), obtaining that 70.63% of the district of Chota presents a High vulnerability, on the other hand, 21.21% presents a Medium vulnerability, 8.08% presents a Very High vulnerability and in a lower percentage 0.08% presents a Low vulnerability.

Key words: Geospatial modeling, mass movements, geographic information systems, vulnerability, natural disasters.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El modelamiento geoespacial es un método integral que permite la identificación, la georreferenciación y la determinación de peligros, de diferentes tipos de procesos de movimientos en masa como derrumbes, caídas de rocas, deslizamientos, flujos de detritos, reptaciones.

Villacorta et al. (2012) manifiestan que el territorio peruano es una de las regiones sísmicamente más activas de los andes debido a su ubicación geográfica, la causa de la inestabilidad son las características geológicas, geomorfológicas, climáticas y sísmicas que favorecen el desarrollo de movimientos en masa.

Zavala y Rosado (2011) indican que la frecuencia de peligros geológicos en la región Cajamarca es de mediana a alta en comparación a otras áreas del país, mencionan que sus características climáticas, geológicas y sísmicas en la región conllevan a la recurrencia de movimientos en masa e inundaciones y pocos casos relacionados a movimientos sísmicos.

Los riesgos a movimiento en masa en el distrito de Chota son altos, debido a las características geológicas y de relieve, activados por las precipitaciones estacionales, por ello el objetivo de la investigación fue identificar zonas susceptibles a la ocurrencia de peligros de movimientos en masa expuestos en condiciones de vulnerabilidad física; mediante el análisis y modelamiento geoespacial en un SIG, en el distrito de Chota, departamento de Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

Hervás & Barredo (2001) en su estudio sobre “Evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos mediante el uso conjunto de SIG, teledetección y métodos de evaluación multicriterio en el Barranco de Tirajana (Gran Canaria)”, integraron en un SIG diversos factores condicionantes de la inestabilidad de laderas, algunos de ellos obtenidos por teledetección, y se evalúa la susceptibilidad a los deslizamientos en general mediante técnicas de evaluación multicriterio.

Jiménez (2005) realizó un análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante el uso de (SIG) en la Cuenca Vertiente al Embalse de Rules, Granada. El trabajo desarrollado presenta un inventario de 252 movimientos de laderas, en donde predomino los deslizamientos y los flujos de derrubios, seguido de los desprendimientos y movimientos complejos de masa.

Keller & Blodgget (2004), sostienen que todos los eventos geodinámicos son procesos naturales y que han ocurrido por milenios, los procesos de remoción en masas de suelos y de rocas se producen generalmente en lugares que se encuentran en laderas empinadas y escarpadas, pero también en lugares con pendiente moderada o suave, pero nunca en zona perfectamente plana.

En relación a lo anterior Gutieréz (2008) menciona que los eventos catastróficos causados por deslizamientos en diversas partes del mundo, así por ejemplo: en Francia en el año 1248 se deslizó el Mont Granier Savoie, fallecieron de 5000 a 15000 personas, en China en 1310 fallecieron 3466; en el año 1718 hubieron 40000 damnificados; en 1786, 100 000 muertos; en 1920 en el sector denominado Kansu, causó más de 200 000 muertos,

Chile en 1604 hubieron más de 100 000; en Huaraz, Perú en mayo de 1970 murieron más de 66 794 personas; alrededor de 300 000 víctimas han sido reportadas desde el año 1000.

Aceves et al. (2016), en su estudio sistemas de información geográfica (SIG) y Cartografía, desarrollaron una metodología que integra la cartografía geomorfológica con la elaboración de mapas de susceptibilidad a deslizamientos usando los SIG y el método de Regresión Logística Múltiple.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2021) indica que la frecuencia de peligros naturales en la región Cajamarca varía de mediana a alta, en comparación con otras áreas del país, debido a que posee características climáticas, geológicas y sísmicas, que conllevan a una ocurrencia de movimientos en masa.

Por otro lado, la mayor cantidad de movimientos en masa producidos, se asocian a eventos extremos hidroclimáticos y pocos relacionados a movimientos sísmicos, entre los eventos más relevantes se tiene a los deslizamiento de Pimpingos (1928) en el valle del río Chamaya; La Florida, San Miguel (1998), Choropampa en la carretera Chilete – Cajamarca activado en los años 1998 y 2001; y el deslizamiento de La Pucara (2000), en la cuenca del río Llaucano, los cuales provocaron a muerte de muchas personas. En la ocurrencia de peligros geológicos y geohidrológicos inventariados (2176 ocurrencias), el análisis estadístico muestra a los deslizamientos en primer lugar (36,81%), le siguen las caídas de rocas y derrumbes (22,25%), los flujos (17,83%), los procesos de erosión de laderas (10,25%), movimientos complejos (7,81%), erosión e inundación fluviales (3,22%), reptaciones (1,56%), hundimientos (0,18%) y vuelcos (0.09%). Los flujos de detritos y erosión de laderas generan huaycos y flujos de lodo canalizados, interrumpiendo regularmente en las principales secciones de carreteras y afectando las tierras agrícolas.

Fidel et al. (2010) es su estudio, denominado “Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú” donde plantean un modelo que indica las zonas de mayor propensión a los movimientos en masa, y así poder contar con una herramienta dinámica para la gestión de riesgos; priorizar escenarios donde se desarrollen estudios específicos, así como plantear las medidas de prevención o mitigación para asegurar la estabilidad física de zonas urbanas y/o infraestructuras vulnerables.

Por su parte Cruzado (2015) indica que los riesgos de desastres asociados a fenómenos naturales se dan con frecuencia en nuestro país, con efectos que registran grandes pérdidas de vidas, económicas y ambientales; sufrimos cíclicamente o a veces en forma progresiva por fenómenos geológicos, tales como deslizamientos en los sectores de los Andes, que cuando crecen las ciudades se empieza a evidenciar el riesgo cada vez mayor, esto no sólo afecta la zona rural sino también a la parte urbana, especialmente a las viviendas, los servicios de agua, desagüe, electricidad y las vías de comunicación terrestre; estos fenómenos evidencian que los efectos de los deslizamientos generan mecanismos de riesgo de desastre en todos los ámbitos geográficos donde se dan las condiciones geológicas e induce a pensar en un programa de prevención de desastres.

Calderon (2017) realizó el estudio de identificación de zonas potencialmente susceptibles a la ocurrencia de peligros múltiples y vulnerabilidad social, mediante el análisis y modelamiento geoespacial en un SIG, en la cuenca hidrográfica Camaná-Majes-Colca; en función de sus características físicas y socioeconómicas. Diseñó y construyó una base de datos geoespacial; luego, valoro las unidades de cada variable en función del nivel de peligro y grado de vulnerabilidad que representan, para posteriormente ser integradas asignándoles coeficientes ponderativos; en función al grado de incidencia que tienen sobre los submodelos correspondientes; los cuales a su vez se integraron mediante un análisis matricial y ponderativo para generar el modelo final. Los



resultados muestran un nivel de peligro global Muy Alto, en un 18.8% de la cuenca, considerados como zonas críticas y los cuales deben ser priorizados al momento de tomar acciones enfocadas a la Gestión de Riesgo de Desastres. Nivel Alto, en un 47.9% del territorio; nivel Medio, en un 17.0% y nivel Bajo, en un 16.2%.

Tacilla (2019) realizó un estudio de “Estimación de Áreas Susceptibles por Movimientos de Masa en la Cuenca Hidrográfica del Río Chonta – Cajamarca”, en donde buscó determinar áreas altamente susceptibles a movimientos de masa, a partir de la influencia de factores como la litología, la pendiente, la geomorfología y la cobertura vegetal. Para ello realizó la ponderación de cada factor, empleando el Método de Evaluación Multicriterio y posterior procesamiento de datos a través de los SIG. Teniendo como resultado que las áreas altamente susceptibles a movimientos de masa corresponden al 3.78 % de la superficie total, que se constituye en depósitos cuaternarios, alta pendiente, pobre cobertura vegetal y unidades de colinas y lomadas. Ubicándose en los alrededores del Río Chonta, al noreste del Centro Poblado de Otuzco y en la parte central de la cuenca entre los Centros Poblados de Combayo y Sangal. Estos resultados fueron contrastados con la identificación de los 46 procesos geodinámicos ocurridos en el área, los cuales en su mayoría son de tipo deslizamiento.

## **2.2. Bases Teóricas**

### ***2.2.1. Movimiento de masa***

De acuerdo con INGEMMET (2021) los movimientos de masa son acontecimientos que abarcan en mayor parte aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Por consecuente en el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Los movimientos de masa, están considerados como parte de los procesos denudativos que modelan la topografía de la tierra. Su origen obedece a una gran variedad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, mecánicos y químicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y la atmósfera. Así, si por una parte el levantamiento tectónico forma montañas, por otra la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo las acciones antrópicas) actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana. (CENEPRED, 2019).

Los procesos geológicos y climáticos que afectan a la superficie terrestre crean el relieve y definen la morfología de las laderas, que va modificándose a lo largo del tiempo para adaptarse a nuevas condiciones geológicas o climáticas. Por lo general, las laderas adoptan pendientes naturales cercanas al equilibrio; ante el cambio de condiciones, su morfología se modifica buscando de nuevo el equilibrio. (González et al., 2002)

**Tabla 1***Clasificación de los movimientos de ladera según Varnes, 1978.*

TIPO DE MOVIMIENTO		TIPO DE MATERIAL		
		ROCA	SUELO	
			Predominante grueso	Predominante fino
Caída		Caída de roca	Caída de detritos	Caída de suelo
Vuelco		Vuelco de roca	Vuelco de detritos	Vuelco de suelos
Deslizamiento	Rotacional -translacional	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento en suelo
Expansiones laterales		Expansión lateral en roca	Expansión lateral en detritos	Expansión en suelo
		Extensión en roca	Flujo de detritos	Flujos de suelo
Flujo		(arrastramiento profundo)	(arrastramiento del suelo)	
Complejo		Combinación de dos o más principales tipos de movimientos		

**Fuente:** USGS (2004), basado en Varnes (1978).

**2.2.1.1. Desprendimientos o caídas.** La caída de roca (detritos o suelo), son fenómenos que presentan una ruptura brusca de un bloque o una masa rocosa o de suelo, de una ladera con talud de pendiente fuerte o un acantilado rocoso, con una caída libre donde el mayor recorrido de su desplazamiento se da en el medio aéreo, se producen en rocas muy fracturadas, debido a factores desencadenantes como lluvias intensas, sismos, erosiones, socavamiento, explosiones. (INDECI, 2011)

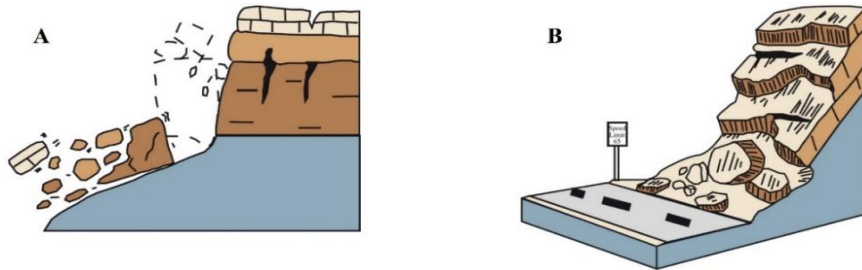
**2.2.1.2. Volcamiento.** El volcamiento es un fenómeno que consiste en una rotación o giro de medios rocosos con presencia de sistemas de discontinuidades de bloques o columnas, con deformación paulatina en dirección de la pendiente, teniendo como eje de rotación un punto sobre su base de apoyo asociado a pivoteo o basculamiento de las cabezas y que pueden desencadenar en caídas y derrumbes. (INDECI, 2011)

Un vuelco o desplome, consiste en la rotación de una masa de suelo, detritos o roca en torno a un eje o pivote determinado por su centro de gravedad. Su movimiento es hacia fuera, hacia la parte externa. Involucra basculamiento o inclinación, pero no implica

colapso. Frecuentemente ocurre en una o más superficies, en materiales que poseen un sistema de discontinuidades preferencial como diaclasas, grietas de tensión o superficies columnares. (Varnes, 1978)

### Figura 1

*Caída y desplome de rocas*

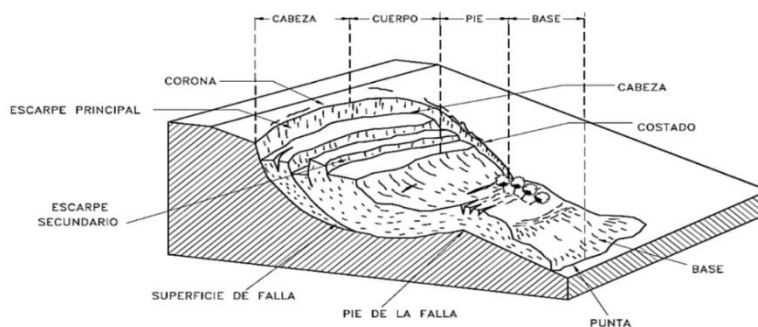


A) Desprendimiento o caída y B) Vuelco o desplome.

**2.2.1.3. Deslizamientos.** Los deslizamientos están considerados como el movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava). (INGEMMET, 2021)

### Figura 2

*Nomenclatura de las diferentes partes que conforma un deslizamiento (Suárez, 2009)*

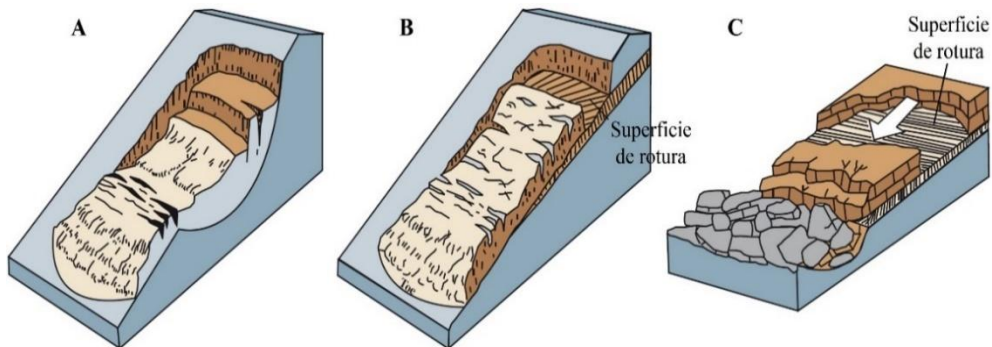


Los deslizamientos traslacionales de bloques de suelo o roca sin apenas trocarse, sobre superficies únicas en macizos rocosos se han denominado resbalamientos o deslizamientos planos. Cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obligan a la masa rocosa contenida a desplazarse según la línea de intersección, se forma

un deslizamiento en cuña. Las roturas de cuñas no suelen alcanzar grandes dimensiones debido a que la intersección de planos de gran penetración en el macizo rocoso es infrecuente.

**Figura 3**

*Tipos de deslizamientos según Varnes 1978 (USGS, 2004)*

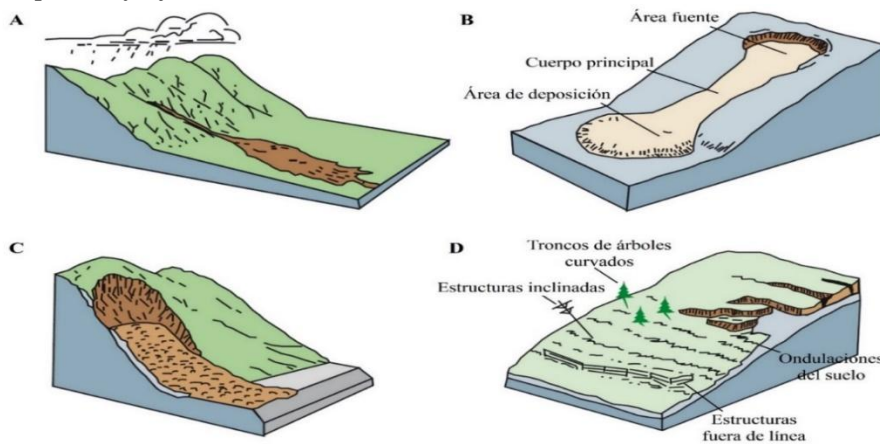


A) Deslizamiento rotacional; B) Deslizamiento traslacional; C) Deslizamiento de bloques.

**2.2.1.4. Flujos.** Los flujos están considerados como un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. Además, en muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Los flujos pueden ser canalizados y no canalizados. (INGEMMET, 2021)

**Figura 4**

*Tipos de flujos*



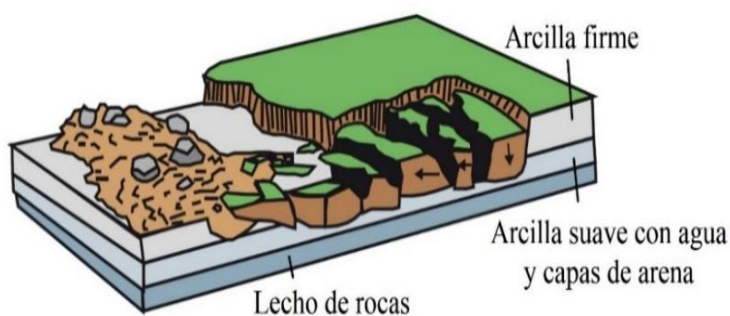
A) Flujo de detritos; B) Flujo de suelos; C) Avalancha de escombros; D) Reptación

**2.2.1.5. Expansiones laterales.** Las expansiones laterales son movimientos que resultan de la fractura y expansión de suelos o masas de roca compacta, como consecuencia de la licuefacción o fluidificación del material subyacente. Acontecen cuando materiales gruesos, como fragmentos de rocas, grava, etc., están sumergidos en una matriz de material más fino o que contienen arcillas. Estos tipos de movimientos ocurren principalmente en ambientes lacustres y marinos de poca profundidad. Los flujos pueden ser desencadenados por movimientos rotacionales o por efectos sísmicos. (Tacilla, 2019)

**2.2.1.6. Movimientos complejos.** Los movimientos complejos ocurren cuando el tipo de movimiento inicial se transforma en otro al ir desplazándose ladera abajo. Entre los más importantes cabe destacar los aludes o avalanchas de rocas y los flujos deslizantes. Las avalanchas o aludes de rocas consisten en la movilización, a gran distancia, de grandes masas de rocas y detritos, las cuales viajan a gran velocidad. Los flujos deslizantes son el resultado del colapso repentino y de gran extensión de una masa de material granular o de detritos que viajan a velocidades rápidas o extremadamente rápidas, como resultado de un efecto perturbador. Por lo general, la morfología resultante es alargada y estrecha, y el área de depósito tiene un espesor relativamente bajo. (Tacilla, 2019)

### Figura 5

*Expansiones laterales, citado en USGS (2004)*



### ***2.2.2. Factores que influyen en los movimientos en masa***

La tabla 2, muestra la postura de distintos autores referido a los factores condicionantes aplicados en la evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos, observándose que la mayor parte de ellos tienen en cuenta factores relacionados con la geología, usos del suelo, geometría de la ladera, morfología de la cuenca, hidrológica o condiciones climáticas. (Bonachea , 2006)

Los factores pasivos son aquellos que condicionan la estabilidad sin que ésta se inicie (equilibrio límite). La combinación de los factores determina la relación entre las fuerzas resistentes y activadoras de la inestabilidad. Los factores determinantes dependen bien de la naturaleza de los materiales (litología, textura, discontinuidades, etc.) o de la morfología del terreno (pendiente, orientación, altitud, etc.). (Jiménez, 2005)

Los factores activos son aquellos que inician el movimiento debido a la modificación, frecuentemente rápida, de las condiciones preexistentes de estabilidad. Entre estos destacan la precipitación (mediante el aumento del contenido de agua y la presión en los poros del suelo) y la actividad sísmica, causado por el esfuerzo de cizalla. (Jiménez, 2005)

**Tabla 2**

*Ejemplos de variables más significativas para elaborar modelos de susceptibilidad, según diversos autores.*

Varnes (1984)	Binaghi, <i>et al</i> (1998)	Guzzerti, <i>et al</i> (1999)	Baeza & Coro (2001)	Cleriel, <i>at al</i> (2002)	Dai & lee (2002)	Zezere (2002)	Remondo, <i>et al</i> (2003)	Lee & Talib (2005)
Litología	Litología	Litología	Litología	Litología	Litología	Litología	Litología	Litología
Vegetación	Uso del suelo	Vegetación	Uso del suelo	Uso del suelo	Uso del suelo		Uso del suelo	Índice de vegetación
Geomorfología			Espesor de depósito superficial			Espesor de depósito superficial	Espesor de depósito superficial	
	Elevaciones	Elevaciones	Densidad de árboles					
	Orientaciones	Orientaciones	Elevaciones		Elevaciones		Elevaciones	Orientacione
	Pendientes	Pendientes	Orientaciones	Pendientes	Orientaciones	Pendientes	Orientaciones	Pendientes
		Curvatura	Pendientes		Pendientes		Pendientes	
			Concavidad-Convexidad		Concavidad-Convexidad		Concavidad-Convexidad	Concavidad-Convexidad
			Pendiente de la cuenca				Pendiente de la cuenca	
			Área de la cuenca				Área de la cuenca	
			Longitud de la cuenca				Longitud de la cuenca	
							Rugosidad	
Estructuras	Distancia a fracturas			Relación pendiente-estratificación	Estructura	Relación pendiente-estratificación		Distancia a fracturas
Condiciones Hidrológicas	Distancia a red de drenaje				Distancia a red de drenaje	Presencia de canales fluviales		Distancia a red de drenaje
Condiciones Climáticas		Condiciones Climáticas y Sísmicas		Precipitación			Insolación	

**Fuente:** Bonachea (2006).



### **2.2.3. Geodinámica interna**

Es originada por fuerzas endógenas o tectónicas que actúan desde el interior de la Tierra, que se desplaza en contra la gravedad, además está estrechamente relacionada con la fisiografía de la tierra (montañas, mesetas, cordilleras, entre otras), por lo tanto, es constructora del relieve de nuestro planeta.

A lo largo de la costa del Perú La interacción entre la Placa Oceánica de Nazca con la Placa Continental Sudamericana determinan la zona de subducción; la cual produce reajustes corticales que originan los sismos. Dentro del mapa sísmico del Perú. (INGEMMET, 2013)

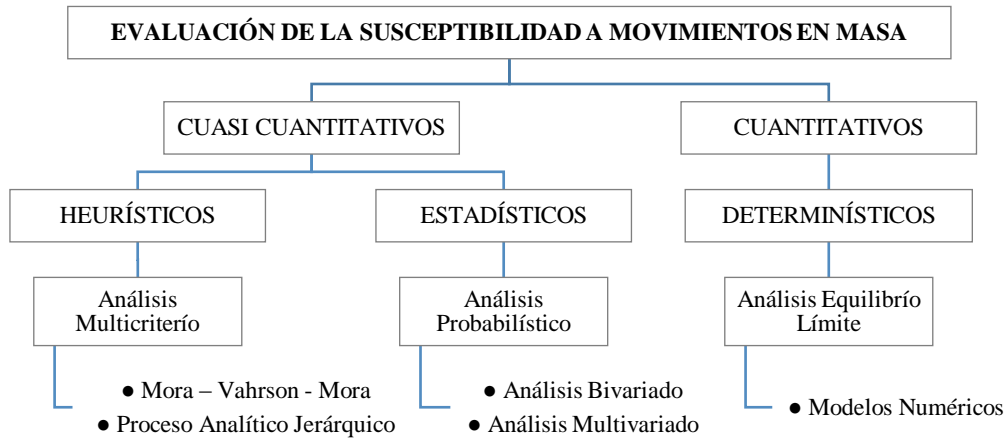
### **2.2.4. Susceptibilidad a los movimientos en masa**

La susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos. (Suárez, 2009)

**2.2.4.1. Métodos de evaluación de la susceptibilidad.** La cartografía de susceptibilidad a movimientos de masa representa en realidad la “probabilidad espacial” de que ocurran deslizamientos, sin analizar el factor temporal o cuándo se producirán esos movimientos. Es decir, los modelos de susceptibilidad indican qué zonas tienen mayor o menor inclinación a sufrir deslizamientos, pero no nos proporcionan información certera sobre la probabilidad de ocurrencia en el tiempo de los mismos. (Bonachea, 2006)

**Figura 6**

*Métodos de estimación de la susceptibilidad frente a movimientos de masa, basado en Suárez (2009)*



**2.2.4.2. Métodos heurísticos.** Se basan en criterios de expertos para clasificar el mapa en clases de susceptibilidad, por lo que la subjetividad inherente a su elaboración (como consecuencia de la asignación de pesos) es un aspecto importante a tener en cuenta. Estos métodos consideran los factores que influyen en la inestabilidad mediante asignación de pesos o criterios de expertos. La escala de trabajo suele oscilar entre 1/100000 y 1/5000. (Bonachea, 2006)

- **Proceso analítico jerárquico (PAJ).** El método utilizado es el análisis multicriterio basado en la interpretación de parámetros morfométricos para identificar las zonas vulnerables en el distrito de Chota, a través del proceso de análisis jerárquico, diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, con el fin de tomar decisiones y estructurar el problema visual. El punto central de este proceso de análisis jerárquico es asignar una ponderación a los parámetros y descripciones relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados, que son considerados en la gestión de

riesgos de desastres mediante la matriz cuadrada es decir el mismo número de filas por el mismo número de columnas; Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres. (CENEPRED, 2014)

### ***2.2.5. Inventario de movimiento en masa***

Es un conjunto de registros ordenados y georreferenciados, con características particulares de una serie de remociones ocurridas en un área. El resultado del inventario es un mapa asociado a fichas y una base de datos (tablas), con información de mayor detalle. El mapeo se hace en trabajo de campo y a través de fotointerpretación. El grado de detalle de la representación cartográfica dependerá de la escala de trabajo y la información disponible (Lara & Sepúlveda, 2008). Por otro lado (Alcántara & Murillo, 2008) un inventario se define como la relación ordenada de la ocurrencia y características de los procesos de remoción en masa en un territorio determinado, y durante un periodo específico, el cual debe permanecer actualizado detalladamente.

### ***2.2.6. Peligros***

Un peligro es la contingencia de ocurrencia de un fenómeno natural o causado por el hombre, y si no se toman las precauciones necesarias, esto puede dañar sus pertenencias y medio ambiente de un grupo de personas. (INDECI, 2009)

La Dirección General de Programación Multianual - DGPM., del Ministerio de Economía y Finanzas – MEF (2006), señala que el Peligro llamado también Amenaza, es un evento con probabilidad de ocurrir, con capacidad de producir daños físicos, económicos, ambientales y su origen puede ser natural, socio natural o tecnológico. Tiene intensidad, localización y tiempo; afecta adversamente a las personas, sus infraestructuras, actividades económicas, bienes y servicios expuestos en condiciones de vulnerabilidad; entendiéndose esta como la susceptibilidad de una unidad social (familias,

comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica que la sustentan, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

Por otra parte, (Salazar et al., 2002) definen al peligro como un agente agresor externo socio ambiental potencialmente destructivo con cierta magnitud dentro de un cierto lapso de tiempo y en una cierta área. Fenómeno social que puede causar heridos, muertes y daños graves. La vulnerabilidad, es el grado de pérdidas de un elemento dado o conjunto de elementos de riesgos, como resultado de la presencia de un peligro ambiental y/o fenómeno natural de magnitud determinada y el riesgo, es el grado esperado de pérdida de los elementos en riesgo debido a la presencia de peligros. Puede ser expresado en término de pérdidas, personas heridas, daños materiales e interrupción de actividad económica. En ese sentido estos conceptos se relacionan con el modelo de peligros múltiples, por cuanto en su estructura, mayormente considera a peligros por inundación, por heladas, por sequía, por movimientos en masa y geodinámica interna, que se enmarcan dentro de los peligros de tipo natural.

### ***2.2.7. Vulnerabilidad***

Según el DGPM & MEF (2007) la vulnerabilidad se entiende como la incapacidad de una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica, de anticiparse, resistir y/o recuperarse de los daños que le ocasionaría la ocurrencia de un peligro o amenaza. La vulnerabilidad es el resultado de procesos de inapropiada ocupación del espacio y del inadecuado uso de los recursos naturales (suelo, agua, biodiversidad, entre otros) y la aplicación de estilos o modelos de desarrollo inapropiados, que afectan negativamente las posibilidades de un desarrollo sostenible.

Para Lizardo & Pérez (2009) enfatizan que la vulnerabilidad es una condición derivada y causal que se verifica cuando procesos sociales hacen que un elemento de la

estructura social sea propenso a sufrir daños y pérdidas al ser impactado por un evento físico peligroso particular, las principales causas nos remiten a una consideración de un número elevado de circunstancias que se relacionan de una que otra forma con (1) los grados de resistencia y resiliencia de los medios de vida; (2) las condiciones sociales de vida; (3) los grados de protección social y autoprotección que existen; y (4) el nivel de gobernabilidad de la sociedad. Estos factores pueden verse a la luz de múltiples aspectos y condiciones asociados con la cultura, la economía, la sociedad, la educación, la organización social, las instituciones.

#### **2.2.8. Desastre**

Según Celmi (2007) los desastres pueden ocurrir por causas asociadas a peligros naturales que pueden ser agravadas por otras de origen antropogénico, es decir, causas creadas por el ser humano en su intervención sobre la naturaleza para generar desarrollo (sobre pastoreo, deforestación, alteración de los lechos fluviales, agricultura no tecnificada en laderas, expansión urbana e infraestructura desordenadas, inadecuada utilización del espacio y otras).

Un desastre ocurre cuando el peligro, debido a su magnitud, afecta y/o destruye las bases de la vida de una unidad social (familia, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica que la sustentan y supera sus posibilidades para recuperarse de las pérdidas y los daños sufridos a corto o mediano plazo. (DGPM & MEF, 2006)

#### **2.2.9. Riesgo**

El riesgo se define como “la probabilidad de que la unidad social o sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia del impacto de un peligro” (DGPM & MEF, 2006).

Soldano (2009) señala que para poder medir el riesgo la expresión más generalizada es el producto de la probabilidad de la ocurrencia del evento considerado

(potencial del peligro referido a una región y periodo determinados de tiempo) por las consecuencias esperadas (condiciones de vulnerabilidad de la comunidad asentada en dicha región):

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} * \text{Vulnerabilidad}$$

Es decir, esta fórmula expresa matemáticamente que si estamos ante la presencia de un peligro (amenaza) y surge una vulnerabilidad (humana) asociada ante la misma, entonces existe un riesgo.

**2.2.9.1. Gestión de riesgo de desastres.** En el artículo 3° de la La ley N° 29664, (Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres – SINAGERD) establece que La gestión del riesgo de desastres es un proceso social de prevención, reducción y control permanente de los factores de riesgo de desastre, y para ello se debe tener una adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre. La gestión del riesgo de desastres está basada en la investigación científica y de registro de informaciones, y orienta las políticas, estrategias y acciones en todos los niveles de gobierno y de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas y del Estado.

Valarezo (2008) sostiene que la Gestión de Riesgo nos remite a un proceso social, impulsado por estructuras institucionales y organizacionales apropiada, que persigue a través de la promoción de políticas, estrategias e instrumentos concretos, la reducción, previsión y el control de los factores de riesgo en la sociedad, todo articulado con los procesos de gestión del desarrollo y de un ambiente sostenible. Exige procesos de análisis, dimensionamiento del riesgo, de formulación estratégica, de toma de decisiones y de instrumentación de acciones y soluciones. Y, admite, en principio, distintos niveles de coordinación e intervención que va desde lo global, integral, lo sectorial y lo macro-territorial hasta lo local, lo comunitario y lo familiar.

### **2.2.10. Sistema de información geográfica**

El sistema de información geográfica (SIG) es una “Herramienta computacional” compuesta por equipos, programas, datos georreferenciados y usuarios que requieren organizar, analizar, automatizar procesos y producir información. Un SIG es un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación, análisis de datos; así como la salida eficiente de información espacial (mapas) y atributos (tabulares) (Burrough & McDonnell, 1999). Permite realizar la gestión eficiente de datos e información geoespacial, a través del almacenamiento, procesamiento, análisis, modelamiento y construcción de mapas a partir de datos vectoriales, datos tabulares y raster georreferenciados, para el conocimiento y solución de los problemas de índole territorial.

**2.2.10.1. Elementos de un SIG.** Un SIG es un sistema complejo que integran una serie de elementos interrelacionados entre sí y cada uno de ellos cumplen con una función específica. Es decir, éstos conforman la información para que sea procesada o se realice un tratamiento, los recursos técnicos, humanos y las metodologías que se adopten en la organización o la empresa.

A continuación, se describen cada uno de los elementos:

- **Hardware.** Representa la parte física donde se asienta el sistema, es decir es el equipo de cómputo con el que opera un SIG, que son adaptado a diversos tipos de hardware desde arquitecturas clientes servidor hasta computadoras de escritorio aisladas. (Nuñez, 2012)
- **Software.** Este elemento proporciona las herramientas y funciones necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica, el cual está conformado por herramientas de entrada, soporte, un sistema de administración

de base de datos (Data Base Management System) y una interfaz gráfica de usuario. (Nuñez, 2012)

- **Datos.** Se refiere al elemento principal para lograr una correcta información. Es decir, la información tiene que ser actualizada, detallada, útil para realizar los procedimientos o tratamientos. En las consultas espaciales es necesario conocer el tipo de geometría entre los objetos del mundo real que se relacionan topológicamente. (Nuñez, 2012)
- **Recurso humano.** Son las personas que se encargan de administrar el sistema, así como de desarrollar un proyecto basado en el mundo real; además, tiene que ser capacitados en los temas de aplicación y herramientas propias de un SIG. (Nuñez, 2012)
- **Métodos.** Es el procedimiento para realizar un diseño cartográfico, los cuales deben ser detallados y probados. (ESRI, 2002)

**2.2.10.2. Base de datos geoespacial.** Es una colección de datos organizados que sirvan para una o varias aplicaciones SIG, en donde podemos encontrar los datos espaciales y sus atributos o datos no espaciales. (ESRI, 2002)

Una base de datos espacial es una base de datos que se ha optimizado para almacenar y consultar datos que representa los objetos definidos en un espacio geométrico. La mayoría de las bases de datos espaciales permiten representar objetos geométricos simples, tales como puntos, líneas y polígonos. Algunas bases de datos espaciales manejan estructuras más complejas, tales como objetos en tres dimensiones, coberturas topológicas, redes lineales, y TIN.

En este tipo de bases de datos es imprescindible establecer un cuadro de referencia (un SRE, Sistema de Referencia Espacial) para definir la localización y relación entre objetos, ya que los datos tratados en este tipo de bases de datos tienen un valor relativo,



no es un valor absoluto. Los sistemas de referencia espacial pueden ser de dos tipos: georreferenciados (aquellos que se establecen sobre la superficie terrestre. Son los que normalmente se utilizan, ya que es un dominio manipulable, perceptible y que sirve de referencia) y no georreferenciados (son sistemas que tienen valor físico, pero que pueden ser útiles en determinadas situaciones).

**2.2.10.3. SIG en la susceptibilidad a movimientos en masa.** En el análisis de la susceptibilidad, mediante el método heurístico, el SIG se puede utilizar en todo el proceso desde la división de cada parámetro en un número significativo de clases (en el caso de parámetros continuos), hasta el mapa final de susceptibilidad. Con el SIG se puede asignar el valor ponderado a cada categoría para cada parámetro, así como un valor a cada mapa, realizando posteriormente el cálculo para cada celda, combinando los distintos mapas, y clasificando el mapa final en unas cuantas categorías de susceptibilidad se crea conveniente. (Santacana, 2001)

### **2.2.11. Modelo**

Una definición bastante generalizada de modelo, originada en ámbitos geográficos, indica que es “una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades”. (Joly, 1998)

Pero una definición más técnica especifica que un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica. Para concretar, se denomina modelo a la representación matemática o gráfica de la realidad que es utilizada para plantear un problema, normalmente de manera simplificada en términos relativos y planteados desde un punto de vista matemático, aunque también puede tratarse de un modelo físico. Es una representación conceptual o física a escala de un proceso o sistema (fenómeno), con el

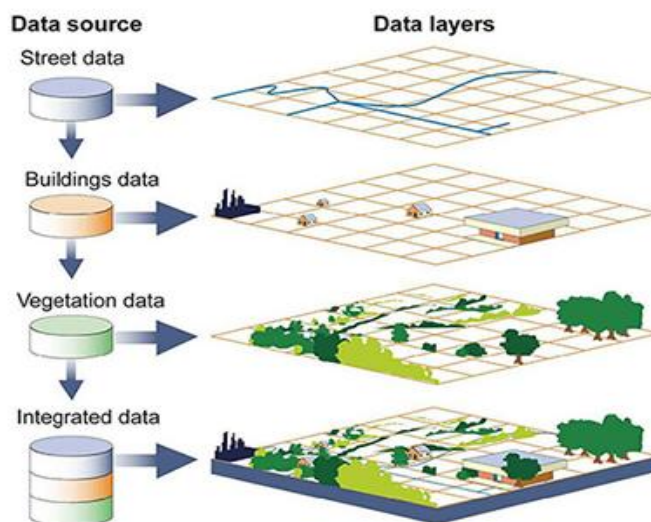
fin de analizar su naturaleza, desarrollar o comprobar hipótesis o supuestos y permitir una mejor comprensión del fenómeno real al cual el modelo representa. (Ríos, 1995)

**2.2.11.1. Modelamiento geoespacial.** (Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM), 2010) de acuerdo al Decreto Consejo Directivo N° 010-2006-CONAM, aprueba la Metodología sobre Zonificación Ecológica Económica – ZEE, asumiendo que el modelamiento geoespacial es la manipulación interactiva de los mapas a través de diferentes submodelos preparados y organizados de acuerdo a una hipótesis planteada, así mismo es la herramienta más adecuada para la cartografía.

El modelamiento geoespacial es un conjunto de operaciones de análisis y comandos interactivos utilizando mapas que actúan como una superposición, cuyo fin es procesar decisiones de tipo espacial. La realidad está representada en mapas. Este modelamiento está orientado a procesos y no a productos. Es decir, al manejo de las funciones de análisis de un SIG bajo una secuencia lógica, y así poder resolver problemas espaciales complejos, y producción de nueva información que será almacenada, de manera permanente o de manera virtual para análisis definitivos.

**Figura 7**

*Superposición de mapas temáticos*



Por medio del análisis y modelamiento espacial se pueden desarrollar modelos que permitan al usuario la evaluación de diferentes alternativas para solucionar problemas espaciales. Sí se tuviera que hacer este tipo de análisis en forma manual, se gastaría mucho tiempo y el resultado saldría, muy probablemente, menos preciso que el mismo análisis en un SIG. Un SIG es una herramienta (no la solución a un problema) que se puede aplicar efectivamente para hacer un estudio espacial. (Bakker, 2001)

Los datos espaciales enlazan información alfanumérica con una localización específica. La información alfanumérica se muestra en la pantalla del ordenador acorde a la localización de los objetos. Esto es lo que se llama modelo de datos “es un conjunto construido para la descripción y representación del aspecto de los objetos del mundo real en el ordenador”. (Longley et al., 2011)

- **Modelos de datos.** La codificación de los parámetros y variables de un modelo en un SIG requiere su simplificación y cuantificación. En definitiva, se trata de utilizar un modelo de datos. Los SIG presentan diferentes estructuras de datos que corresponden a diferentes modelos de la realidad. Tanto en SIG como en gestión de bases de datos en general, suele asumirse la existencia de diversos niveles de abstracción en la codificación de los elementos de un modelo de datos mediante determinados modelos de datos.
- En primer lugar, un modelo conceptual acerca de cómo entendemos la realidad y en segundo lugar un modelo lógico que define las diferentes estrategias para codificar la realidad en función del modelo conceptual adoptado. Un tercer nivel, ya específico de cada programa concreto, sería un modelo físico que define la implementación digital de un determinado modelo lógico.
- **Diseño conceptual:** Corresponde a la conceptualización de la realidad por medio de la definición de objetivos del espacio geográfico (rasgos

geográficos) con sus relaciones espaciales y sus características; es decir, los atributos con lo que serán representados en un esquema describiendo los fenómenos del mundo real. Para llegar a ello, se debe tener el conocimiento y el análisis de datos que se requiere para utilizar y de esta manera determinar el modelo, las variables requeridas y luego establecer los rasgos y atributos que tenga relación para llegar a construir el modelo final.

- **Diseño lógico:** Se define como el diseño detallado de la base de datos que deben contener y la información sobre las variables de atributos descriptivos y los niveles de información gráfica o variables de atributos geométricos que deben ser capturados con los atributos, código de identificación, tipos de datos numéricos o carácter, su longitud, los rasgos geográficos (punto, línea o área) de cada uno de los mapas temáticos requeridos.
- **Diseño físico:** Viene a ser la implementación de los anteriores modelos en los programas y equipos necesarios, con los que se va a desarrollar el proyecto, considerando las especificaciones. Este modelo determina en qué forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y el aprovechamiento del sistema a utilizar; siendo el utilizado para este caso una Base de Datos Geoespacial.

**2.2.11.2. Modelo digital de elevaciones (MDE).** Los MDE son capas “raster” en los sistemas de información geográfica (SIG), donde la elevación es representada como pixeles que cubren un área rectangular específica en una determinada escala. Los modelos digitales de elevación se utilizan para elaborar mapas del relieve del terreno en tres dimensiones. (Suárez, 2009).

**2.2.11.3. Modelo vectorial.** En este tipo de modelo SIG, los puntos se codifican en la base de datos por medio de coordenadas (x,y) que definen explícitamente su ubicación. una línea es una secuencia de coordenadas (x, y), donde los puntos inicial y final de la línea se denominan nodos y los puntos intermedios son vértices. Un polígono o área se representa por un grupo cerrado de líneas tal que el primer punto es igual al último punto del elemento poligonal. El modelado vectorial le permite construir una amplia variedad de estructuras. Es decir, diferentes formas de representar y almacenar datos en un mismo modelo. (Del Bosque et al., 2012)

**2.2.11.4 Modelo ráster.** Un modelo ráster divide el espacio en una serie de celdas regulares (generalmente cuadradas) en forma de filas y columnas. Este modelo codifica los interiores de las características y registra implícitamente sus límites. Cada celda de esta matriz o cuadrícula también se denomina pixel<sup>58</sup>. La resolución geométrica del modelo SIG depende del tamaño de estas celdas. Cuanto más pequeños son los píxeles, más precisa es la definición digital de los elementos geográficos que representan. Por otro lado, el producto del número de filas y el número de columnas determina el tamaño de la matriz y por lo tanto el tamaño del fichero. (Del Bosque et al., 2012)

## **2.3. Definición de términos básicos**

### ***2.3.1. Análisis de estabilidad de taludes***

Está considerado como un proceso en el que se evalúa cuantitativamente la interacción entre las fuerzas (o momentos) estabilizantes o resistentes y las fuerzas (o momentos) destabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud. A partir de esto, se establecen las condiciones de estabilidad actual o hipotética de ese talud. Usualmente esta condición de estabilidad se expresa en términos de un factor de seguridad. También puede involucrar el análisis de deformaciones del terreno. (GEMMA, 2007)

### ***2.3.2. Cárcava***

Está definido como el tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas. (GEMMA, 2007)

### ***2.3.3. Erosión***

Es parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste del arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glaciár, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo a las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión lamina. (GEMMA, 2007)

### ***2.3.4. Estabilidad***

Es el estado y condición de una estructura o de una masa de material cuando puede soportar los esfuerzos aplicados durante largo tiempo sin sufrir una deformación o movimiento apreciable que no se recupere o devuelva al retirar la carga. (GEMMA, 2007)

### **2.3.5. Factores condicionantes**

Son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno. Estos factores indican sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades de los materiales. (Pérez, 2019)

### **2.3.6. Geodinámica**

Estudia la acción de los agentes externos y/o internos de la superficie de la tierra, por lo general se trata de factores climáticos como el agua o el viento, que interactúan con las capas exteriores. (Tacilla, 2019)

### **2.3.7. Inventario**

Conjunto de datos que identifican, caracterizan y clasifican sistemáticamente la información (movimientos en masa) ocurridos en una región dada. Los mapas de inventario muestran la localización, área y características generales de los movimientos. (GEMMA, 2007)

### **2.3.8. Movimientos de masa**

Son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y la atmósfera. Así, si por una parte el levantamiento tectónico forma montañas, por otra la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la acción del hombre) actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana. (CENEPRED, 2019)

### **2.3.9. Susceptibilidad a movimientos en masa**

La susceptibilidad expresa la facilidad con que un fenómeno geodinámico puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. (Suárez, 2009)

### **2.3.10. PISCO**

Las versiones diaria y mensual del producto de precipitación (PISCOp) combinan datos de estaciones terrestres con productos climáticos satelitales para volver a analizar y estimar la precipitación para proporcionar líneas de base de alta resolución espacial (~5\*5 km) para zonas nacionales. El resultado de recuperar los datos de cuadrícula. Influyente; los datos cuadriculados cubren la serie temporal desde el 01/01/1981 hasta el 12/31/2016, lo que facilita el uso de datos de lluvia en una variedad de operaciones relacionadas con el análisis hidrológico. (Aybar et al., 2017)

### **2.3.11. Kriging**

Según indica Porras (2017), kriging es la técnica utilizada en geoestadística para realizar interpolaciones espaciales y poder predecir los valores de la variable en sitios no muestreados utilizando la información proporcionada por la muestra.



## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación del área de estudio

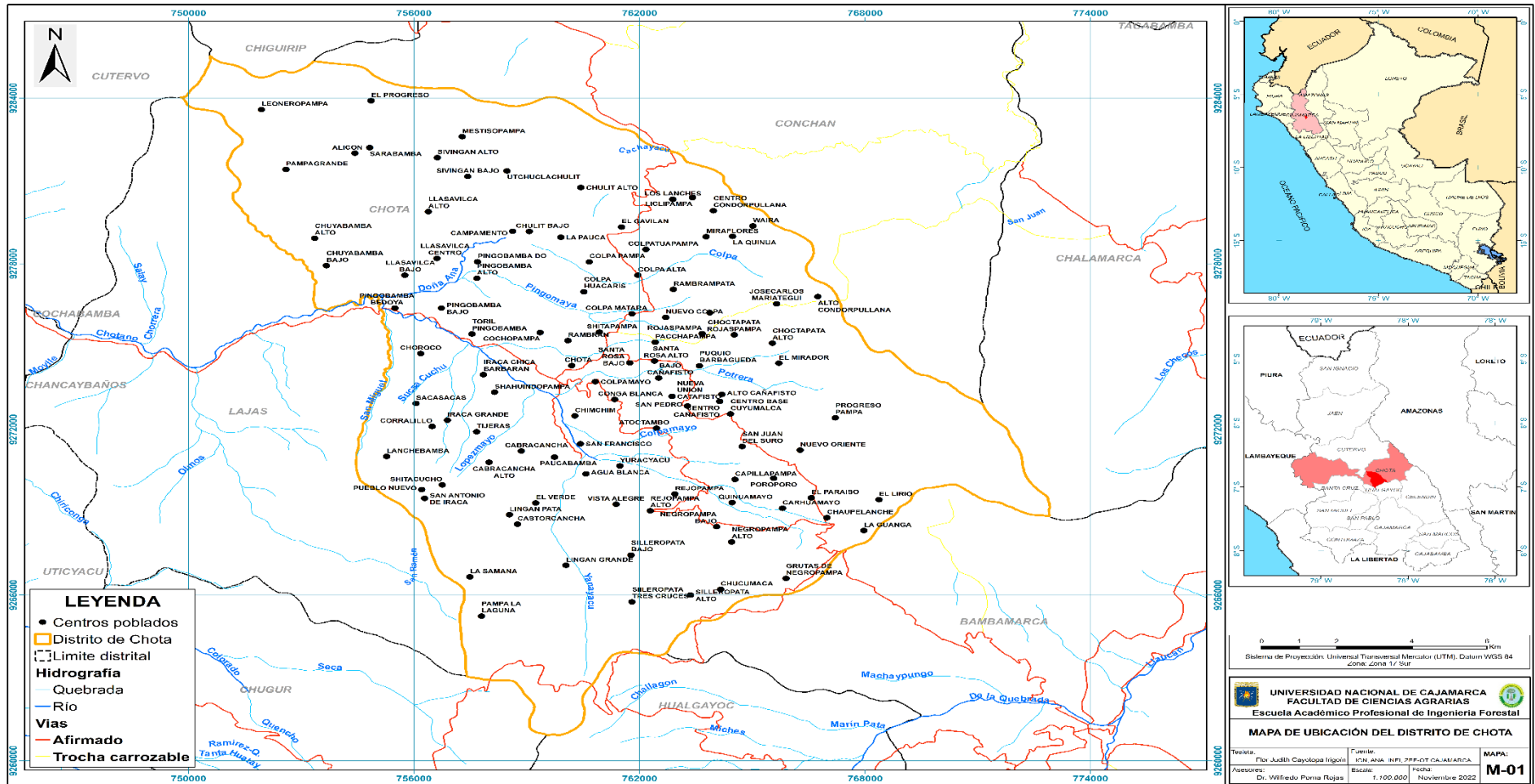
##### 3.1.1. Ubicación, extensión y límites

El ámbito de estudio es el distrito de Chota, ubicado en la provincia de Chota, departamento de Cajamarca, situado en la región andina norte del Perú. El distrito comprende los límites altitudinales desde los 2200 hasta los 3650 msnm; se ubica a 150 Km al norte de Cajamarca y a 219 Km al este de la región Lambayeque. Abarca una superficie de 268,67 Km<sup>2</sup>; esto representa el 6,9% del total de la provincia (3,795.10 Km<sup>2</sup>), geográficamente se encuentra ubicado en la carta nacional 14f, Zona: 17s, Datum: WGS-84, enmarcado entre las siguientes coordenadas UTM 755897 m - 764395 m Este y 9267626 m - 9280333 m Norte, políticamente comprende 106 centros poblados. (INEI, 2017)

El distrito de Chota limita por el norte con los distritos de Chiguirip y Conchan, por el oeste con el distrito de Lajas, por el este con los distritos de Conchan y Chalamarca y por el sur con el distrito de Bambamarca y Hualgayoc, estos últimos pertenecen a la provincia de Hualgayoc.

Figura 8

Mapa de ubicación

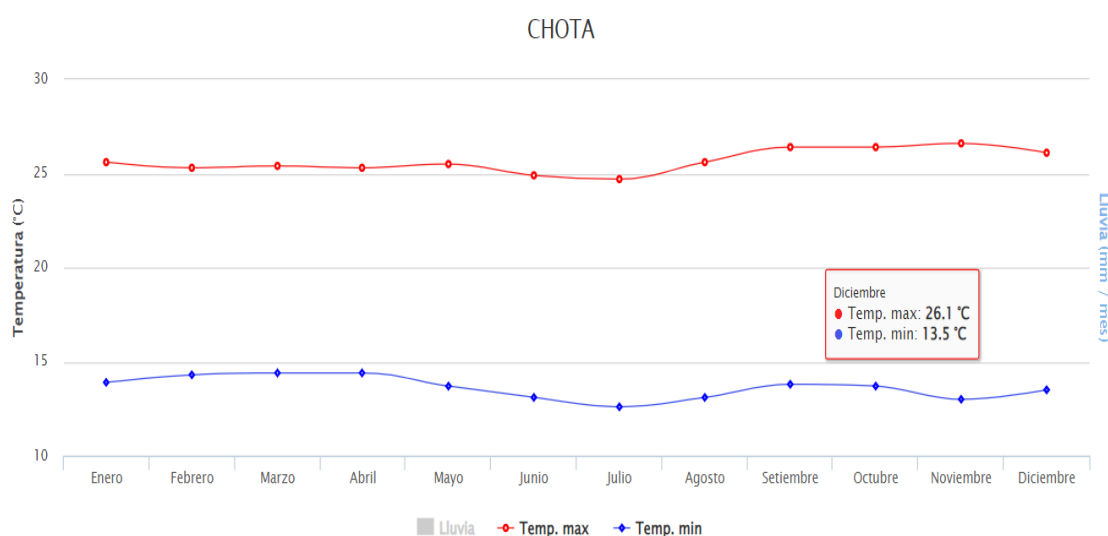


### 3.1.2. Clima

Según la clasificación climática de Waren Thornthwaite, el distrito de Chota se caracteriza por presentar un sistema semitropical que comprende el clima de tipo lluvioso, semifrío y húmedo, con ausencia de lluvias en otoño e invierno. (Sánchez & Vásquez, 2010)

#### Figura 9

Temperatura máxima y mínima promedio en Chota (SENAMHI, 2021)



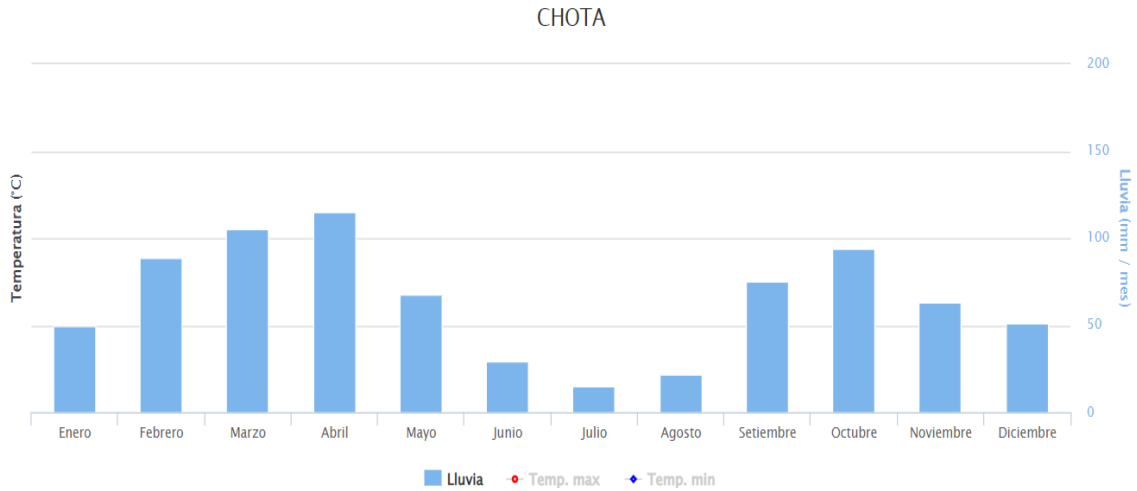
**Nota.** En la figura 9 se observa, el mes con temperatura promedio más alta es noviembre (26.6°C); la temperatura promedio más baja se da en el mes de julio (12.6°C).

### 3.1.3. Precipitaciones

Por lo que se refiere a la distribución anual de la precipitación se tiene máximas precipitaciones entre los meses de Febrero-Abril y Setiembre-Noviembre, y mínimas precipitaciones entre Junio-Agosto. (Sánchez & Vásquez, 2010)

**Figura 10**

*Promedio mensual de lluvia en Chota (SENAMHI, 2021)*



**Nota.** En la figura 10 se observa que con mayor intensidad llueve en el mes de abril (115.05 mm/mes) y llueve con menor intensidad en el mes de julio (15.27 mm/mes) en promedio mensual.

### 3.1.4. Topografía

El relieve del distrito de Chota es un poco accidentado, se extiende desde los 2200 msnm, en la parte baja de la comunidad de Chuyabamba Bajo, hasta los 3650 msnm, en el Cerro las Vizcachas en la comunidad de Andes del Calvario, presentando distintas condiciones topográficas desde suelos ligeramente planos hasta pendientes muy empinadas.

### 3.1.5. Hidrografía

El distrito de Chota está irrigado por cuencas de corta extensión y que en su conjunto forman la cuenca de río Chotano; Los ríos principales, Chotano y Doñana, el primero nace cerca del caserío de Yuracyacu y desciende hacia el noreste; pasa por el sur de la ciudad y sus principales afluentes son las quebradas de Yuracyacu, Colpamayo, San Mateo, Lopez mayo, Sucsa Cuchu y Potrera. El otro pasa por la zona norte de la ciudad y recibe las aguas del río Conchano a través de un túnel de 4 km de longitud, cuyos afluentes son las quebradas Pingomayo, Las Babillas, La Colpa, Chuspimayo y Sivingan.

Ambos ríos se unen en la parte oeste del distrito de Chota, continuando su recorrido en esa misma dirección.

### **3.1.6. Fisiografía**

El distrito de Chota constituye tres grandes paisajes altiplanicie, colinoso y montañoso; el gran paisaje altiplanicie está formado por una secuencia de rocas margas y calizas gris parduzcas; el paisaje colinoso conformado sedimentos arcillosos tales como lutitas, lodomitas, margas; el paisaje montañoso presenta calizas, margas y lutitas, calizas nodulares. (Alcántara, 2011)

### **3.1.7. Geología**

En cuanto a la geología en la zona de estudio presenta muchas características litoestratigráficas, y la clasificación estratigráfica se puede decir que en el Eratema Cenozoide que pertenece al sistema Paleógeno y serie Paleoceno se encuentra la formación Chota, conformado por secuencia de lutitas, limolita, lodolitas, arenisca y conglomerado de color rojo margas y caliza.

Las Formaciones Cajamarca, Yumagual, Celendin, Quilquiñan-Mujarrum, según la clasificación estratigráfica pertenecen al Eratema Mesozoico, sistema Cretáceo y serie Superior, los cuales están conformadas principalmente por calizas, margas, lutitas, conglomerados, calizas arcillosas y limoarcillas. (INGEMMET, 2021)

### **3.1.8. Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal es la cobertura biofísica de un determinado territorio, está conformada por los matorrales, los cultivos agrícolas, los pastizales y los bosques. Su grado de importancia depende del tipo y densidad de cobertura vegetal lo cual influye en la erosión de los suelos que se encuentran sobre todo en pendientes pronunciadas. (Alcántara, 2011) El distrito de Chota según la leyenda Corine Land Cover (Nivel III)

adaptada para Perú por el ministerio del ambiente presenta tejido urbano continuo, herbazal, arbustal, afloramientos rocosos, tierras desnudas, lagunas.

### **3.1.9. Características socioeconómicas**

#### **3.1.9.1. Aspectos sociales**

- **Población.** En el distrito de Chota, en base a las estimaciones y proyecciones de población más recientes de que se dispone (INEI, 2017) la población habitante en el distrito de Chota es de (47 279) personas.
- **Educación.** Según el Censo Nacional XI de Población y VI de Vivienda (INEI, 2017), la tasa de analfabetismo en el distrito de chota, es del 4,1%.

**3.1.9.2. Aspectos económicos.** Uno de los principales sustentos urbano-rural del distrito de Chota es la actividad agrícola y ganadera, los cultivos de mayor importancia son: papa, maíz, arveja, fríjol y olluco y en pequeñas áreas de hortalizas y frutales. Todos estos cultivos forman parte de la canasta básica familiar y se constituye en la base de la dieta diaria; comercializándose solo los excedentes en el mercado local de Chota que se realizan los días jueves y domingo de manera intensa.

Los recursos productivos agrícolas, pecuarios y de transformación, tiene como destino de transacción dos lugares: a nivel local (distrital e interprovincial) y a nivel regional los principales mercados de la costa norte del país y el mercado de Lima. Entre los productos pecuarios destacan la comercialización de ganado vacuno y ovino en pie, los cuales son transportados a los mercados de los departamentos de Lambayeque y La Libertad. El comercio con la capital del departamento, Cajamarca es muy restringido, limitándose a la comercialización de leche fresca (Nestlé y Gloria) y pequeños volúmenes de papa. (Sánchez, 2021)

## 3.2. Materiales y métodos

### 3.2.1. *Materiales y equipos de campo*

- **Materiales:** Libreta de apuntes
- **Equipos:** Navegador GPS, Cámara fotográfica

### 3.2.2. *Materiales y equipos de gabinete*

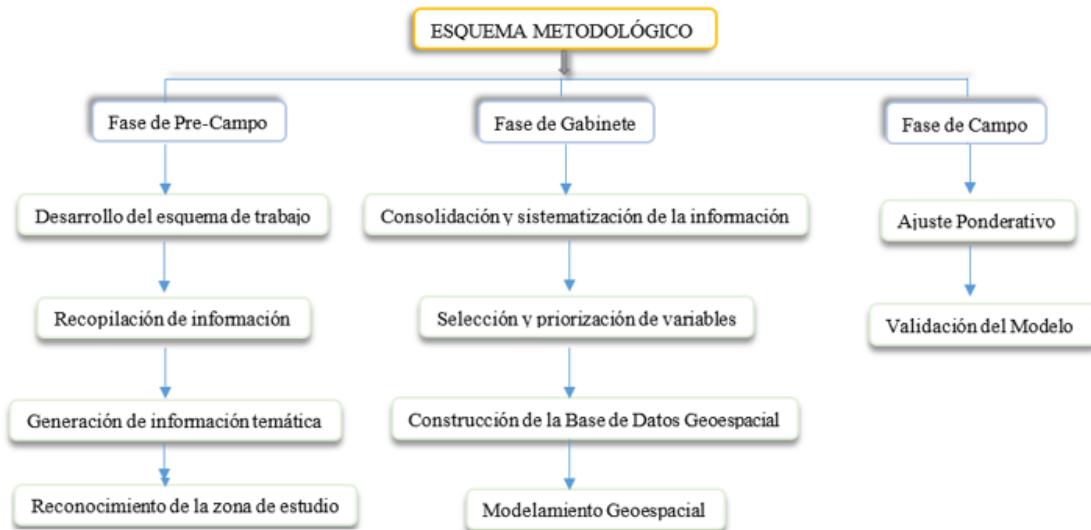
- **Equipos:** Laptop, impresora, USB
- **Software:** Microsoft Windows 10, Microsoft office 2013, Software libre Qgis 3.14, Software libre R Studio 4.1.1
- **Imágenes satelitales:** Sentinel 2B de 10 m de resolución del año 2020
- **Carta nacional:** 1:50 000
- **DEM:** ALOS PALSAR 12.5 m Descargado de <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>
- **PISCO** (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations)

### 3.3. Metodología

Para el proceso de elaboración del Modelo Global de movimientos de masa se diseñó una metodología que comprende 3 fases esquematizadas en la figura 11:

**Figura 11**

*Esquema metodológico*



#### 3.3.1. Fase de pre – campo

En esta fase se realizó una visita de campo a la zona de estudio, con el fin de identificar y reconocer las características físicas del lugar como son, cobertura vegetal, fisiografía, geología y clima. Además, se realizó la revisión, generación y estandarización de información básica, temática y las características físicas, bajo el análisis de fiabilidad y antigüedad.

#### 3.3.2. Fase de gabinete

En esta fase se recopiló la información cartográfica (año 2022) de diferentes plataformas online de instituciones regionales, nacionales e internacionales, posteriormente con la ayuda de las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG) se procesó la información temática recaudada.



**Tabla 3***Información recaudada*

<b>Insumo</b>	<b>Escala</b>	<b>Fuente</b>
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 y uso actual	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca
DEM ALOS PALSAR	12.5 m	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA)
Sentinel 2B	10 m	Agencia Espacial Europea (ESA)
Geología	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca
Carta Nacional	1: 100 000	Instituto Geográfico Nacional (IGN)
Geomorfología	1: 100000	Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca
Precipitación	0.1° * 0.1°	SENAMHI (PISCO)

Además de realizó el análisis mediante los sistemas de información geográfica (SIG) como se detalla a continuación:

**3.3.2.1. Consolidación y sistematización de la información.** Luego de haber recaudado la información obtenida de distintas instituciones como se muestra en la tabla 3, y recolectadas in situ; se consolidaron y sistematizaron en función de los requerimientos que implican el modelo a construir.

Para ello se desarrollaron procedimientos de adecuación y ajuste cartográfico entre los mapas digitales y sus respectivas bases de datos. Asimismo, la información temática se uniformizó a una misma escala 1:100 000 y a un mismo Sistema de Referencia Espacial Datum WGS – 84, proyección UTM, Zona 17S.

**3.3.2.2. Generación de la información temática.** En esta etapa se generó y actualizó los mapas temáticos de las variables físicas como el mapa de pendientes, fisiografía, geología, precipitación, cobertura vegetal, haciendo uso de las herramientas proporcionadas por el software Qgis 3.14.

- **Información temática de pendientes.**

Habiendo obtenido el DEM (Modelo digital de elevación) del área en estudio, descargada del satélite ALOS PALSAR, y mediante la herramienta 3D Analyst Tools > Raster Surface > Slope, se generó el mapa de pendientes en porcentaje (%) y formato raster, luego se reclasificó en 7 rangos según la Guía de Clasificación de los Parámetros Edáficos (Tabla 4), del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (2022) D.S. N° 005-2022-MIDAGRI, ello mediante la herramienta 3D Analyst Tools > Raster Reclass > Reclassify. Por último, con la ayuda de la herramienta Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon se convirtió este de formato raster a vectorial para poder ser trabajado.

**Tabla 4**

*Clasificación de pendientes*

Pendiente (%)	Símbolo	Descripción
0-4	A	Nula o casi a nivel
4-8	B	Ligeramente inclinada
8-15	C	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
15-25	D	Moderadamente empinada
25-50	E	Empinada
50-75	F	Muy empinada
>75	G	Extremadamente empinada

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 005-2022-MIDAGRI.

La pendiente está muy relacionada con la aparición de movimientos en masa dado que es el principal factor geométrico que aparece en los análisis de estabilidad y es una de las principales condiciones para que ocurra un movimiento

en masa. La variable está relacionada directamente con las tensiones de cortes tangenciales y normales en la formación superficial y en suelos, e influye también en la distribución de agua en la ladera. (IDEAM, 2012)

- **Información temática de fisiografía.**

Se obtuvo como base cartográfica el mapa de fisiografía del departamento de Cajamarca a escala 1:100 000 de la ZEE e imágenes satelitales, luego se procedió a integrar el mapa de pendientes y altitudes en el software Qgis 3.14.

- **Información temática de geología.**

Se obtuvo del procesamiento de la carta geológica nacional a escala 1:100 000, 1:50 000 carta de geología de la ZEE Cajamarca 1:100 000 y con verificaciones en campo, y en el software Qgis 3.14.

- **Información temática de cobertura vegetal.**

Se obtuvo del procesamiento de la imagen de satélite Sentinel 2B con una resolución espacial de 10 m del año 2020, obtenida de la plataforma <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, para luego ser procesada mediante una clasificación supervisada utilizando random forest sobre segmentos en el software de Qgis 3.14 y el Software libre RStudio 4.1.1, de acuerdo a la Metodología para la elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial, establecido según Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM (Estudio de análisis de los cambios de la Cobertura y Uso de la tierra).

- **Información temática meteorológica**

**Precipitación:** La precipitación es una variable que contribuye en el movimiento de masa, no solamente por el efecto destructivo de cada evento pluviométrico, sino porque, en gran parte, el régimen anual y distribución en el tiempo de las precipitaciones conforman el manto vegetal protector del suelo y condicionan

la formación de las aguas superficiales y subterráneas. (Sánchez & Egea, 2011)

Además, se empleó el raster del SENAMHI, Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations (PISCO), para ello se generó 14 estaciones para la adquisición de datos a una serie mensual que comprende el periodo desde 1981 – 2020 con una resolución angular de  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ . De los valores de precipitación a nivel mensual, en las estaciones se ha calibrado la precipitación promedio anual como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Valores de precipitación promedio anual (mm)*

Estación	Coordenadas		Altitud	Precipitación
	Norte	Este		
Estación 1	9286671.69	750117.97	2978.00	1141.54
Estación 2	9281284.27	748086.40	3189.00	1164.55
Estación 3	9281410.97	756479.52	2523.00	1110.58
Estación 4	9286012.24	757718.42	2474.00	1058.35
Estación 5	9280310.40	766644.70	3163.00	934.15
Estación 6	9270752.24	748631.67	2664.00	1241.55
Estación 7	9271367.76	757914.01	2527.00	1138.40
Estación 8	9274624.24	765169.38	3092.00	1098.78
Estación 9	9274490.42	772409.27	3595.00	934.15
Estación 10	9261555.71	752110.23	2928.00	2029.53
Estación 11	9264874.46	760153.89	3537.00	1188.00
Estación 12	9264970.71	767492.10	3269.00	1012.36
Estación 13	9268856.71	773632.04	3715.00	958.08
Estación 14	9259675.49	760063.28	3903.00	1178.35

### 3.3.2.3. Construcción de la base de datos geoespacial – geodatabase

- **Selección y priorización de variables.**

El modelo de movimientos en masas se determinó en función a las características de tipo físicas del distrito de Chota, en donde se identificó las variables temáticas con sus respectivas unidades y/o atributos principales, los cuales permitieran evaluar el nivel de peligro al que está expuesta la zona de estudio. Para la construcción del modelo se eligieron las variables físicas como la pendiente,

fisiografía, precipitación, geología y la cobertura vegetal, tal como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6**

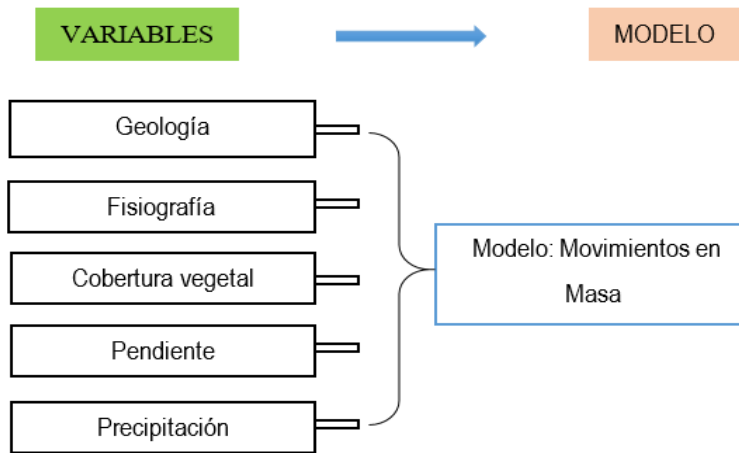
*Variables que conforman el modelo*

<b>Variables</b>	<b>Unidades</b>
Pendiente	Rango de Pendiente (%)
Fisiografía	Unidades Fisiográficas
Precipitación	Rango de Precipitación (mm)
Geología	Formaciones Geológicas
Cobertura Vegetal	Cobertura Vegetal Nivel III

La pendiente y la fisiografía determinan la morfología del terreno, que en presencia de las fuertes precipitaciones generan grandes deslizamientos, tomando en cuenta que el tipo de cobertura vegetal y las formaciones geológica presentes en el área de estudio ayudan principalmente en la infiltración, velocidad de la escorrentía superficial y el grado de alteración que puede sufrir el terreno, el cual reduce o agrava el nivel de peligro al que está expuesto el distrito.

**Figura 12**

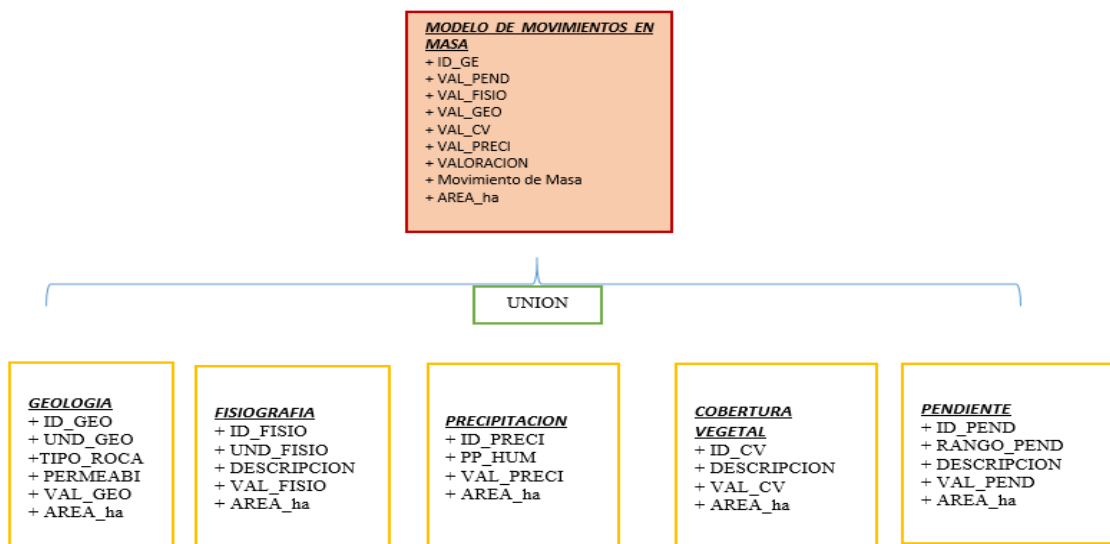
*Modelo conceptual para el modelo de movimientos en masa*



Con ayuda del Sistema de Información Geográfica se construyó la base de datos geoespacial del modelo de movimientos en masa, se diseñó un modelo conceptual como se muestra en la Figura 12, de acuerdo a las variables consideradas e implementadas para el modelo y la previa definición de los objetivos que pretende el modelo.

**Figura 13**

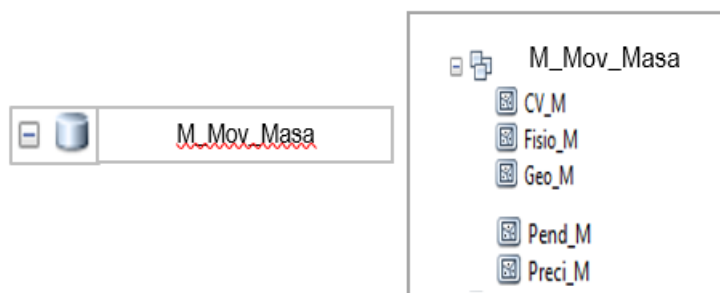
*Modelo lógico de la GDB para el modelo de movimientos en masa*



Se diseñó un modelo lógico (Figura 13) el cual consistió en una descripción detallada de las entidades, procesos, análisis y los productos a obtener y con ello determinar la estructura de la Base de Datos Geoespacial.

**Figura 14**

*Modelo físico en forma de bases de datos geoespacial*



Se desarrolló el modelo físico como se muestra en la Figura 14, en el cual se implementó el modelo lógico (figura 13) en los programas con los que se va a desarrollar el estudio y determinar la forma más adecuada de almacenar los datos para así poder manipularlos en formato digital mediante los SIG recomendado para este tipo de procesos.

**3.3.2.4. Modelamiento geoespacial.** Para realizar el modelamiento geoespacial se tomó como guía la estructura del modelo lógico, el cual permitió la integración y determinación de las variables físicas, quienes finalmente, determinaron la propuesta cartográfica del modelo a movimientos en masa, representando los lugares con mayor o menor nivel de exposición.

- **Criterios para la valorización de las unidades de cada variable.** La valoración de las unidades de cada variable se determinó en función a los atributos que condicionan la ocurrencia de peligros y definen el grado de vulnerabilidad; asignándoles valores numéricos, tomando como referente la Tabla 7.

- **Criterios para la integración ponderativa de las variables.** La integración ponderativa se realizó asignando un determinado grado de participación en % a cada una de las variables; el cual represente el grado de incidencia de estas sobre el modelo. Para lo cual se ha tenido en cuenta las características de la zona de estudio, el nivel de escala

de la información disponible, complementada y verificada con las visitas a campo, estudios relacionados.

- **Criterios para la integración del modelo.** Para la integración ponderativa de las variables y modelo se tomó como referencia los estudios realizados por el INGEMET en el mapa por movimientos en masa del Perú (2010), los estudios de Peligros Múltiples y Vulnerabilidad elaborados en los ZEE del departamento de Cajamarca. Además, se adaptó la escala de valoración de atributos y la ecuación ponderativa, presentados en análisis enfocados a la vulnerabilidad física trabajados por. ( Flores, 2016; Ochoa, 2014; Rivaz, 2013)

Otorgándose los valores de acuerdo a la realidad en campo y el inventario de peligros identificado específicamente para el nivel de peligro muy bajo se consideró el valor 1, para el nivel de peligro bajo se consideró el valor de 2, para el nivel medio el valor de 3, para el nivel alto el valor de 4 y para el nivel muy alto el valor de 5. El número de matrices trabajadas estuvo en función al número de sub modelos analizados, hasta obtener la matriz final que expresa la cartografía del modelo de movimientos en masa.

**3.3.2.4.1. Aplicación de los criterios de valoración de cada variable para la generación del modelo de peligros a movimientos en masa.** Este procedimiento se realizó tomando como referencia la Resolución Ministerial N° 008-2016-MINAM donde se aprobó que en caso de mapas de riesgo se tomara en consideración para jerarquizar los niveles de peligro en muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto; luego se asignó valores numéricos en una escala del 1 al 5 a cada atributo.



**Tabla 7**

*Tabla de valoración para el modelo de peligros a movimientos en masa*

Grado o Nivel e Peligro	Valor de Peligro
Muy bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy Alto	5

**Fuente:** Ministerio del Ambiente (MINAM, 2016).

**Modelos de movimientos en masa.** El modelo de movimientos en masa, está conformado por variables físicas como pendiente, geología, fisiografía, precipitación, cobertura vegetal más representativa, los cuales se detallan a continuación:

- **Pendiente.** Ramos et al (2015) afirman que la ocurrencia de deslizamientos es más probable en áreas con suelos con pendientes pronunciadas y textura pesada, además de estar asociado con lluvias intensas y prolongadas; Debido a que se retienen e infiltran el agua, adquiriendo un peso adicional y debido a la gravedad, se deslizan; a mayor pendiente mayor riesgo de erosión y pérdida de suelo. (MINAM, 2016)

Teniendo en cuenta los criterios antes mencionados, los atributos de esta variable fueron valorados, en función al grado de influencia que estos tienen, como es el caso para pendientes nulas o casi a nivel presentan un nivel de peligro 1; ligeramente inclinado nivel 2; ligeramente inclinada o moderadamente empinada nivel 3; moderadamente empinada y empinada nivel 4 y por último las pendientes muy empinadas y extremadamente empinada presenta un nivel de peligro 5, tal como se puede observar en la tabla 8.

**Tabla 8***Valoración de la pendiente para el modelo de movimientos en masa*

Rango %	Simbología	Descripción	Valoración Pendientes
0-4	A	Nula o casi a nivel	1
4-8	B	Ligeramente inclinada	2
8-15	C	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	3
15-25	D	Moderadamente empinada	4
25-50	E	Empinada	4
50-75	F	Muy empinada	5
>75	G	Extremadamente empinada	5

- **Geología.** (MINAM, 2016), indica que se debe asignar la valoración en función de sus características litológicas para comprender como es el relieve, como es su comportamiento y cuál es el grado de resistencia física de la roca ante agentes erosivos, tectónicos y en general ante procesos de desestabilización. También se analizan y definen los factores de estabilidad estructural según sus propiedades físico-químicas de la roca.

La geología es una variable fundamental, sobre todo para entender como es el relieve, opuesto que en función de la naturaleza de las rocas, se comportarán de una manera concreta ante los empujes tectónicos, causados por los agentes de erosión y los diferentes climas de la tierra; es decir, la geología, tiene que ver con las características de las formaciones geológicas; y esto repercute en las diferentes formas y características del relieve que a su vez condicionan la ocurrencia de distintos procesos relacionados con la Geodinámica Externa. (Calderon, 2017)

Se aplicaron criterios de valoración en los atributos según lo mencionado anteriormente según el tipo de rocas y sus diferentes formaciones: Formación Cajamarca (calizas gris oscura, con delgados lechos de arcillitas y margas) ofrece un nivel de peligro bajo a movimientos en masa por lo tanto se asignó un valor 2;

la Formación Celendín (lutitas amarillentas, limo arcillitas, margas y arcillas, calizas margosas nodulares con limonita y arcillitas calcáreas) ofrecen un nivel de peligro alto a movimientos en masa por lo tanto se asignó un valor 4; la Formación Chota (lutitas, limonita, lodolitas, arenisca y conglomerados de color rojo, margas y caliza) ofrece un nivel de peligro muy alto a movimientos en masa por lo tanto se asignó un valor 5; la Formación Quilquiñan/Mujarrun (calizas nodulares, intercalaciones de margas y lutitas) ofrece un nivel de peligro muy bajo a movimientos en masa por lo tanto se asignó un valor 1; la Formación Yumagual (caliza gris parduzcas, lutitas y margas) ofrece un nivel de peligro medio a movimientos en masa por lo tanto se asignó un valor 3.

**Tabla 9**

*Valoración de la geología para el modelo de movimientos en masa*

Tipo de roca	Litología	Simbología	Formación	Valoración
Sedimentaria	Calizas grises oscura, con delgados lechos de arcillitas y margas	Ks-ca	Formación Cajamarca	2
	Lutitas amarillentas, limo arcillitas, margas y arcillas, calizas margosas nodulares con limonita y arcillitas calcáreas	Ks-ce	Formación Celendín	4
	Lutitas, limonita, lodolitas, arenisca y conglomerados de color rojo, margas y caliza	Ks-ch	Formación Chota	5
	Calizas nodulares, intercalaciones de margas y lutitas	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	1
	Caliza gris parduzcas, lutitas y margas	Ks-yu	Formación Yumagual	3

- **Precipitación.** La energía cinética de la lluvia está estrechamente relacionada con su capacidad para causar erosión. La energía cinética varía con la intensidad de la lluvia. (MINAM, 2016)

Las precipitaciones varían con frecuencia dentro del distrito dependiendo de las condiciones de temperatura y altitud, afectando el drenaje superficial y provocando escorrentías, deslizamientos de tierra y desprendimientos de rocas.

Por otro lado, las lluvias torrenciales y las lluvias prolongadas producen grandes cantidades de agua, cambiando constantemente la morfología del relieve, provocando crecidas, inundaciones y movimientos en masa.

Según lo mencionado se asignó valores a los respectivos atributos en función a la precipitación como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Valoración de la precipitación para el modelo de movimientos en masa*

<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Valoración Precipitación (mm)</b>
950 – 1000	1
1000 – 1050	2
1050 – 1100	2
1100 – 1150	3
1150 – 1200	3
1200 – 1250	4
1250 – 1300	4
1300 – 1350	5

- **Cobertura vegetal.** La cobertura vegetal es una de las variables más importantes que se encarga de proteger los ecosistemas, suelos y recursos hídricos, en la zona de estudio se identificaron las siguientes coberturas según la clasificación supervisada sobre segmentos y según la leyenda Corine Land Cover adaptada para Perú por el Ministerio del Ambiente (Guía Metodológica para la Elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial) como son según el nivel III: Tejido urbano continuo, herbazal, arbustal, afloramientos rocosos, tierras desnudas, lagunas.

Además, se puede decir que la cobertura vegetal depende del tipo y la densidad, es decir, si la vegetación del suelo es escasa, las lluvias intensas acelerarán la velocidad de escorrentía superficial y deslizamientos y promoverán

el fenómeno de la erosión del suelo, por lo tanto, escasamente. proporcionando protección a los taludes, por el contrario, si a mayor vegetación, mayor es su capacidad para proteger el suelo de los efectos de la erosión, dotándolo de mayor estabilidad y conservando la forma del relieve.

En consecuencia, la valoración de los atributos de esta variable se ha realizado según lo dicho por el (MINAN, 2016). Y según el criterio de valoración asignado, que se debe analizar desde sus características de densidad de vegetación y su capacidad de protección del suelo en función al tipo de cobertura vegetal existente, siendo el resultado el que se muestra en la siguiente Tabla 11:

**Tabla 11**

*Valoración de la cobertura vegetal para el modelo de movimientos en masa*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Valoración Cob. Vegetal
1. Superficies artificializadas	1.1. Zonas urbanas	1.1.1. Tejido urbano continuo	TUC	2
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		CT	4
	2.3. Pastos		PA	4
	3.2. Bosques plantados		BP	1
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	HER	3
3. Bosques y áreas mayormente naturales		3.3.2. Arbustal	AR	2
		3.4.2. Afloramientos rocosos	AFR	5
	3.4. Áreas sin o con escasa vegetación	3.4.3. Tierras desnudas	TD	5
5. Superficie de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas	LA	5

- **Fisiografía.** La fisiografía está definida como la descripción de las formas de la tierra a partir del estudio del relieve y la litología del área de estudio. Para llevar a cabo el análisis fisiográfico se requiere de información sobre climatología, geología, geomorfología, y de otras disciplinas que van obteniendo importancia, a medida que el nivel de detalle aumenta.

Según la Resolución Ministerial N° 008-2016-MINAM, indica que se debe analizar el aspecto externo de la superficie de un escenario geográfico, tal como se encuentran en su condición natural.

De este modo, tomando en cuenta lo antes mencionado se asignó valores respectivos a los atributos, el resultado se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Valoración de la fisiografía para el modelo de movimientos en masa*

<b>Gran paisaje</b>	<b>Paisaje</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Simbología</b>	<b>Valoración Fisiografía</b>
<b>Altiplanicie</b>	Altiplanicies sedimentarias formadas sobre una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes	D	ASsmkO/D	4
<b>Colinoso</b>	Colinas sedimentarias formadas sobre sedimentos arcillosos tales como lutitas, lodolitas y margas, de color rojo y marrón amarillento	C	CSaL/C	3
<b>Montañoso</b>	Montañas sedimentarias formadas sobre calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas	F	MSkL/F	5
		E	MSkL/E	4
	Montañas sedimentarias formadas sobre margas y lutitas de color gris azulado y amarillo rojizo	D	MSmlgaL/D	4
	Montañas sedimentarias formadas sobre sedimentos arcillosos tales como lutitas, lodolitas y margas, de color rojo y marrón amarillento	E	MSsaL/E	5
		D	MSsaL/D	4
	Montañas sedimentarias formadas sobre una secuencia de calizas nodulares, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas	E	MSknL/E	5
	Montañas sedimentarias formadas sobre una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes	G	MSsmkL/G	5
	E	MSsmkL/E	5	
	<b>Área urbana</b>		AU	2

**3.3.2.4.2. Integración ponderativa de las variables para la generación del modelo correspondiente de peligros a movimientos en masa.** Para realizar este modelamiento se asignó un determinado grado de participación (%) a cada una de las variables, teniendo en cuenta las características del distrito de Chota y la escala de la información disponible. Asimismo, tanto el proceso de valoración de atributos y la integración ponderativa de variables, fueron automatizados en el modelo geoespacial (Figuras 15), mediante la herramienta Model Builder del Qgis 3.14, el cual fue ejecutado con diferentes alternativas de ponderación; es decir, los grados de participación fueron ajustados a fin de aproximar los resultados a la realidad de la zona de estudio.

- **Modelo de movimientos en masa.** Para este modelo se asignó el grado de participación que tienen las variables sobre la manifestación de los peligros a movimiento en masas expresados en porcentaje. La integración de las variables del presente modelo responde a la siguiente expresión general:

**Variables = (Pend, Fsiso, CV, Preci, Geo)**

**MMM = f\*Pend + g\*Fisio + h\*CV + i\*Preci + j\*Geo**

Donde:

- MMM: Modelo de Movimientos en Masa
- Pend: Pendiente
- Fisio: Fisiografía
- CV: Cobertura Vegetal
- Preci: Precipitación
- Geo: Geología
- f, g, h, i, j: Grados de precipitación de cada variable

En dicho análisis como se muestra en la Tabla 13, se consideró a la Pendiente como la variable que condiciona la ocurrencia de estos peligros naturales, asignándole el



35% de influencia; seguido por la Fisiografía que sufre modificaciones por efecto de esta, se les asignó 10 %; asimismo se le asignó un 10% a la Cobertura Vegetal, ya que esta variable condiciona el grado de erosión del suelo, por último, la Precipitación, como factor detonante en este tipo de fenómenos tiene una ponderación del 15% y Geología con un 30% porque de esta variable depende el comportamiento del suelo ante los agentes externos e internos.

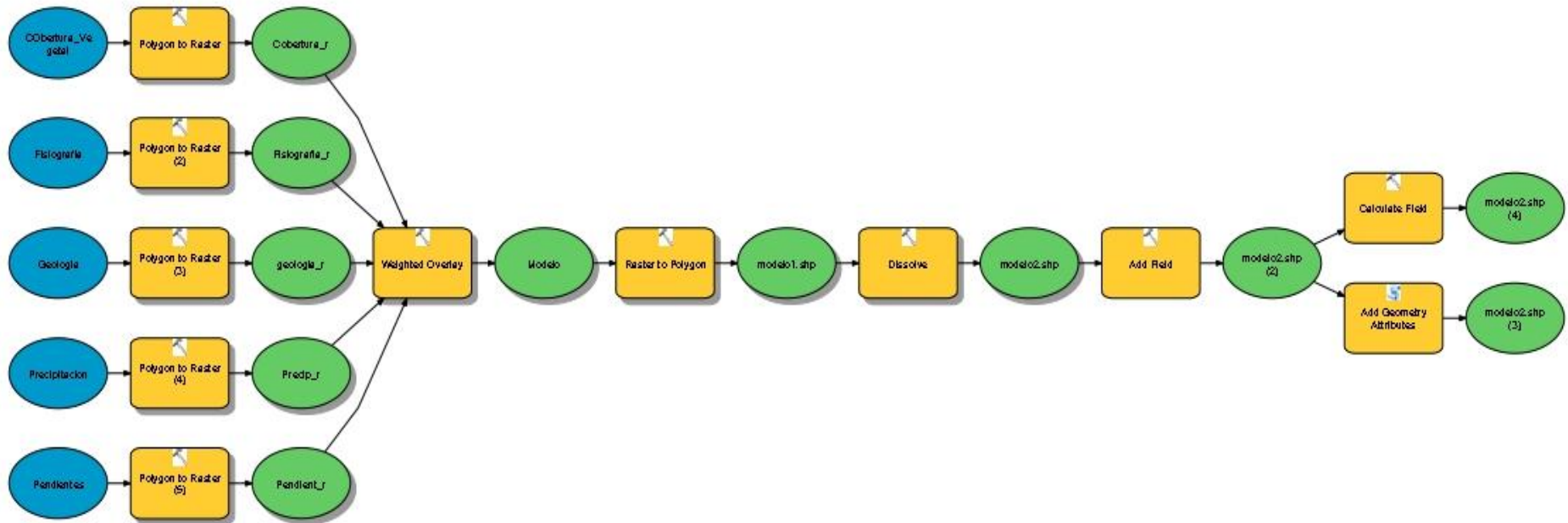
**Tabla 13**

*Ponderación de variables para generar el modelo de movimientos en masa*

<b>Variables</b>	<b>Ponderación (%)</b>
Pendiente	35
Fisiografía	10
Cobertura Vegetal	10
Precipitación	15
Geología	30

**Figura 15**

*Modelo geoespacial elaborado para la identificación de zonas vulnerables a movimientos en masa*



### ***3.3.3. Fase de campo***

En esta fase se recorrió el área de estudio, desarrollando las actividades de mediciones de altitudes y coordenadas con un GPS, con el fin de verificar y validar el resultado obtenido del modelo de movimientos de masa generados en la fase de gabinete; además se realizó el ajuste cartográfico a una escala 1: 50 000 de la cartografía de los modelos y se tomaron fotos en perspectiva de las zonas que presentan movimientos en masa a fin de identificar el historial de movimientos en masa ocurientes en el tiempo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Modelamiento geoespacial de peligros a movimientos en masa

##### 4.1.1. Mapa de pendientes

Se generó el mapa de pendientes teniendo en cuenta a la metodología descrita en el acápite 3.3.2.2, clasificándolo en 7, para los valores porcentuales tal como se muestra en la Tabla 14 y figura 16. En orden ascendente para los valores de pendientes se tiene 674.23 ha bajo el rango de 0 a 4% clasificado como terreno con pendiente nula o casi a nivel; 646.97 ha se clasifica por pendientes ligeramente inclinadas, es decir que varía entre 4 a 8%; superficies ligeramente inclinadas a moderadamente empinada, que oscila entre los 8 a 15% con una superficie de 7048.10 ha; 11824.78 ha está dentro de un rango de pendientes ligeramente inclinadas a moderadamente empinada, que fluctúa entre 15 a 25%; 6239.65 ha están enmarcadas entre la pendiente empinada que van de 25 a 50%, superficie muy empinada abarca 313.71 ha que va desde 50 a 75%; mientras que mayores al 75% son extremadamente empinada que abarca 79.38 ha. De acuerdo con INGEMMET (2021) La pendiente es una variable importante puesto que es un factor determinante para la generación de movimientos en masa; ya que actúa como uno de los factores condicionantes y dinámicos en este proceso.

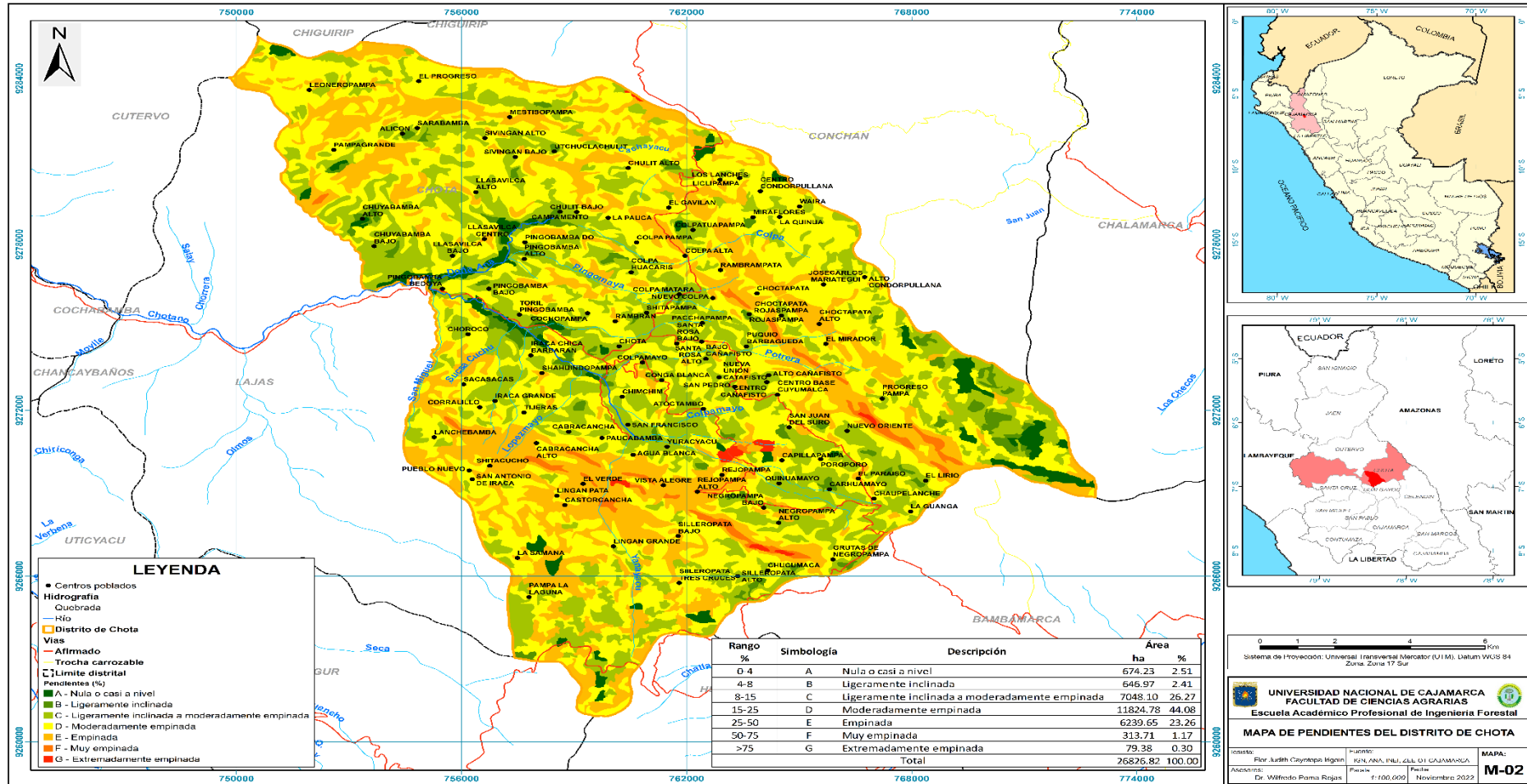
Esta variable es influyente en los procesos de remoción en masa detonados por factores tanto naturales como antrópicos, los cuales causan daños importantes, la pendiente es un factor determinante tanto en la escorrentía superficial y la velocidad del agua, debido a que el agua en lugares de altas pendientes arrastra con mayor facilidad el material existente, en cambio en lugares donde la pendiente es baja permite que al agua se infiltre con mayor facilidad. (Ramos et al., 2015)

**Tabla 14***Resultados del mapa de pendientes*

<b>Rango %</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área</b>	
			<b>ha</b>	<b>%</b>
0-4	A	Nula o casi a nivel	674.23	2.51
4-8	B	Ligeramente inclinada	646.97	2.41
8-15	C	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	7048.10	26.27
15-25	D	Moderadamente empinada	11824.78	44.08
25-50	E	Empinada	6239.65	23.26
50-75	F	Muy empinada	313.71	1.17
>75	G	Extremadamente empinada	79.38	0.30
Total			26826.82	100.00

Figura 16

Mapa de pendientes del distrito de Chota



#### 4.1.2. Mapa de fisiografía

El mapa fisiográfico es la representación cartográfica del relieve se integró el mapa de pendientes y de geología.

Según el análisis realizado (Tabla 15 y Figura 18) para determinar el mapa fisiográfico, se obtuvo tres grandes paisajes como unidad fisiográfica, paisaje montañoso que comprende 23725.43 ha equivalente al 88.45% del total de área en estudio; seguidamente comprende al paisaje altiplanicie con 1561.21 ha abarcando un (5.82%) y en menor extensión un 1337.40 ha el gran paisaje denominado como colinoso con 5.80% y finalmente un 0.76% corresponde al área urbana (202.78 ha).

#### Figura 17

##### Unidades de fisiografía



A) Paisaje colinoso; B) Paisaje montañoso

Según los resultados antes mencionados podemos indicar que en el distrito de Chota fisiográficamente predomina el paisaje montañoso (88.45%), en este paisaje se observa pendientes empinadas y muy empinadas, cuando se produce las lluvias, ocurre una rápida escorrentía superficial, dando lugar a muchos movimientos de masa como por ejemplo: huaycos, derrumbes, deslizamientos, que en algún momento puede generar daños a la propiedad pública y privada; así mismo, la presencia de rocas calizas, margas, lutitas,

limolitas y calizas nodulares. Ponce & Gambaudo (2005) sostienen que estas rocas presentan minerales como la calcita que es un carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) el cual reacciona con el agua formando hidróxido de calcio y  $\text{CO}_2$ , originando la descarbonatación y acelerando la meteorización en las rocas.

**Tabla 15**

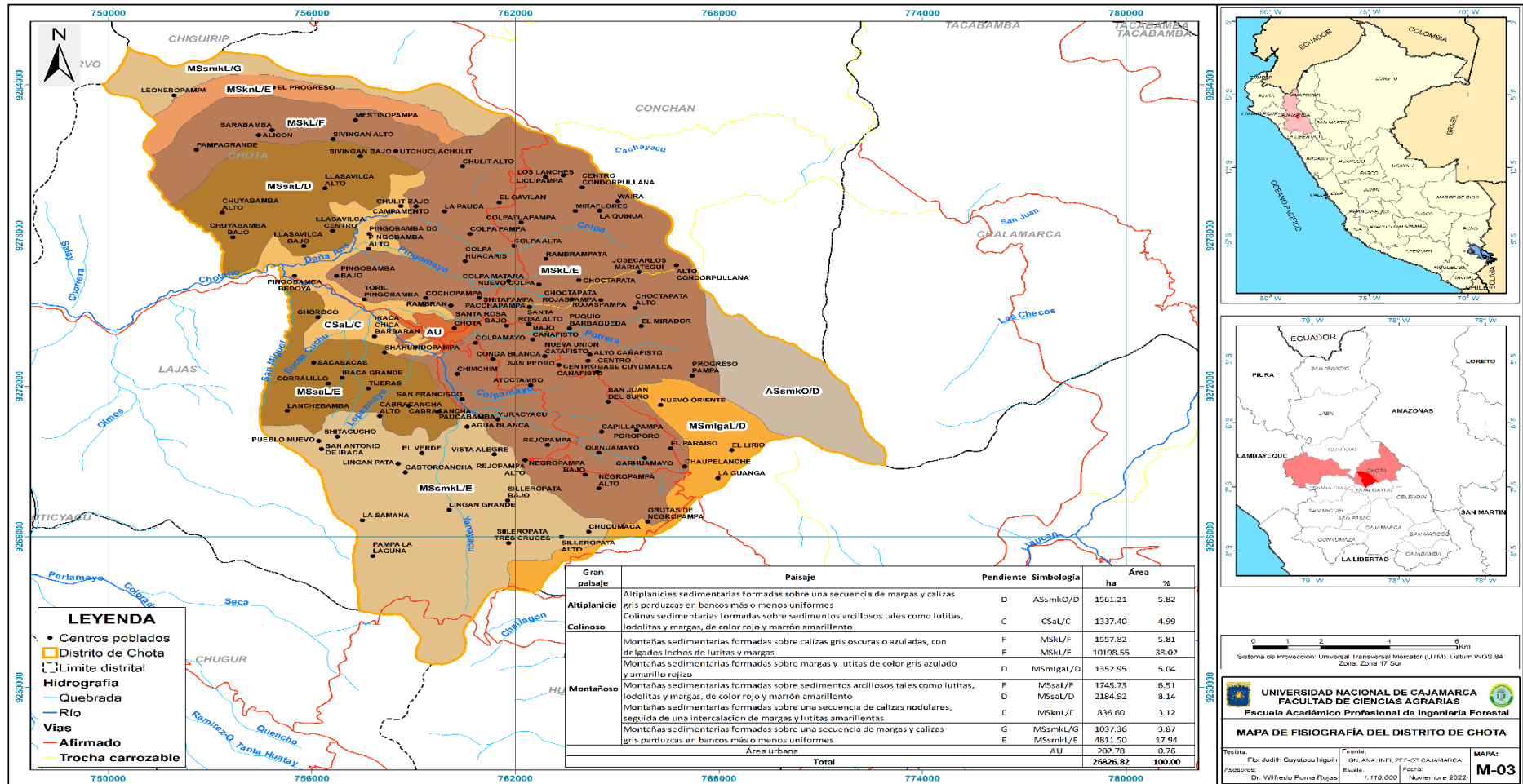
*Resultados del mapa de fisiografía*

Gran paisaje	Paisaje	Pendiente	Simbología	Área	
				ha	%
Altiplanicie	Altiplanicies sedimentarias formadas sobre una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes	D	ASsmkO/D	1561.21	5.82
	Colinas sedimentarias formadas sobre sedimentos arcillosos tales como lutitas, lodolitas y margas, de color rojo y marrón amarillento	C	CSaL/C	1337.40	4.99
Montañoso	Montañas sedimentarias formadas sobre calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas	F	MSkL/F	1557.82	5.81
	Montañas sedimentarias formadas sobre margas y lutitas de color gris azulado y amarillo rojizo	E	MSkL/E	10198.55	38.02
	Montañas sedimentarias formadas sobre sedimentos arcillosos tales como lutitas, lodolitas y margas, de color rojo y marrón amarillento	D	MSmlgaL/D	1352.95	5.04
	Montañas sedimentarias formadas sobre una secuencia de calizas nodulares, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas	E	MSsaL/E	1745.73	6.51
	Montañas sedimentarias formadas sobre una secuencia de calizas nodulares, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas	D	MSsaL/D	2184.92	8.14
	Montañas sedimentarias formadas sobre una secuencia de calizas nodulares, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas	E	MSknL/E	836.60	3.12
	Montañas sedimentarias formadas sobre una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes	G	MSsmkL/G	1037.36	3.87
	Montañas sedimentarias formadas sobre una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes	E	MSsmkL/E	4811.50	17.94
Área urbana			AU	202.78	0.76
<b>Total</b>				<b>26826.82</b>	<b>100.00</b>



Figura 18

Mapa de fisiografía del distrito de Chota



### ***4.1.3. Mapa de precipitación***

Para el mapa de precipitación, según su distribución como se muestra en la Tabla 16, se clasificó desde los 950 hasta 1350 mm, con intervalos de 50 mm, además se obtuvo una información temática estratificada en ocho intervalos, observándose un incremento en la precipitación de 1200 a 1350 mm para la zona suroeste del área de estudio, es más susceptible a movimientos de masa por las altas precipitaciones ya que está ligado estrechamente a la ocurrencia de procesos de remoción en masa, además las características hidrológicas de un sitio contribuyen a la ocurrencia de movimientos en masa debido a que cuando el suelo se satura, la presión de los poros aumenta creando condiciones de inestabilidad en el material (Alcántara & Murillo, 2008), las fuertes precipitaciones, la disminución de la vegetación y el desarrollo urbano han provocado un aumento de la erosión y saturación del suelo por el agua, lo que provoca movimientos en masa de las regiones montañosas. (Basu & Pal, 2019) y así mismo se muestra un rango de precipitación menor (950 a 1050 mm) para la zona sureste del territorio donde hay menor probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa.

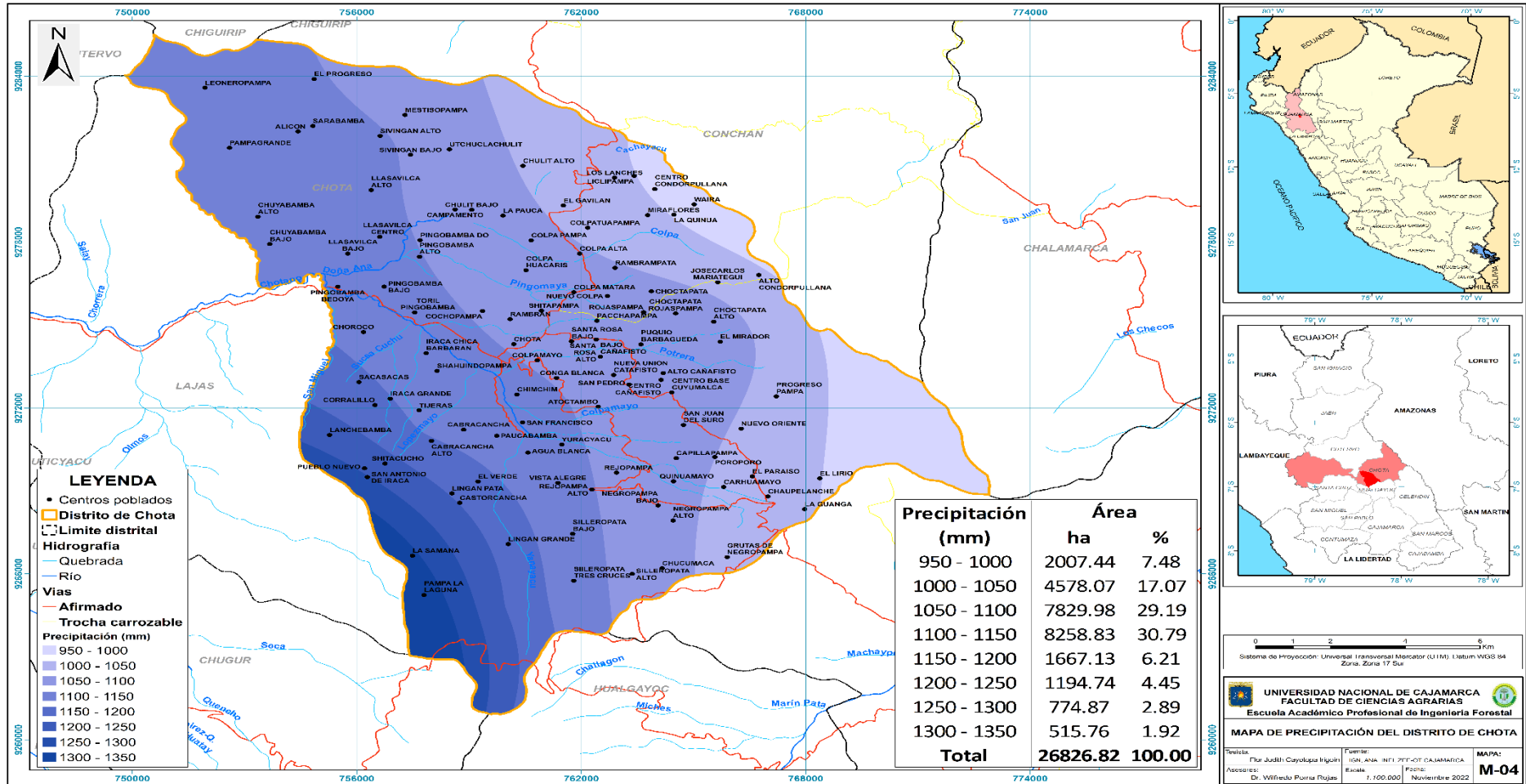
La precipitación es directamente proporcional a los movimientos de masa es decir a mayor precipitación mayor es el riesgo de ocurrencia de movimientos, es decir que se produce huaycos, derrumbes, deslizamientos, volcamientos, flujos, desprendimiento o caída, más aún si consideramos que el distrito de Chota presenta 24.43 % de su territorio con pendientes empinadas a muy empinadas, lo cual hace más vulnerable por la falta de cobertura vegetal que son las condicionantes para la ocurrencia de los movimientos de masa.

**Tabla 16***Resultados del mapa de precipitación*

<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Área</b>	
	<b>Ha</b>	<b>%</b>
950 – 1000	2007.44	7.48
1000 – 1050	4578.07	17.07
1050 – 1100	7829.98	29.19
1100 – 1150	8258.83	30.79
1150 – 1200	1667.13	6.21
1200 – 1250	1194.74	4.45
1250 – 1300	774.87	2.89
1300 – 1350	515.76	1.92
<b>Total</b>	<b>26826.82</b>	<b>100.00</b>

Figura 19

Mapa de precipitación del distrito de Chota



#### **4.1.4. Mapa de cobertura vegetal**

El mapa de cobertura vegetal (Figura 26) se realizó mediante una clasificación supervisada sobre segmentos, según la leyenda Corine Land Cover (Nivel III) adaptada para Perú por el Ministerio del Ambiente (Guía Metodológica para la Elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial) como se observa en la Tabla 17, utilizando las imágenes del satélite sentinel 2B con una resolución espacial de 10 m del año 2020, Asimismo, se cuantificó las áreas de cada formación vegetal, con el fin de conocer a mayor detalle la forma como estas se distribuyen.

Se observa que el distrito de Chota en mayor parte, con un 66.43% (17821.19 ha) del territorio se encuentra cubierto por área agrícolas (cultivos transitorios); seguidamente se observa áreas con vegetación herbácea y arbustivo (herbazal) ocupando 12.43% (3334.70 ha); los pastos representan 10.99% (2947.17 ha); arbustal ocupa 5.63% (1511.02 ha) siendo las coberturas vegetales más representativas en el área de estudio y en menor extensión se observa a las tierras desnudas 1.98% (532.15 ha), tejido urbano continuo ocupa 1.34% (358.36 ha), bosques plantados ocupa 0.70% (186.76 ha), afloramientos rocosos ocupa 0.49% (131.11 ha), finalmente las lagunas ocupan 0.02% (4.34 ha). Uno de los elementos que tiene una función muy importante en la estabilidad de laderas es la vegetación, ya que principalmente a través del sistema de raíces le da cohesión al suelo. (Alcántara & Murillo, 2008)

Mendoza (2011) menciona que el uso de la tierra es una variable que influye indirectamente en los movimientos de masa; el territorio que se encuentra cubierto con vegetación ofrece gran protección física al suelo frente al impacto de la lluvia y la escorrentía y reduce la velocidad del agua al aumentar la resistencia hidráulica del terreno, por lo tanto, disminuye la capacidad erosiva del agua.

**4.1.4.1. Tejido urbano.** La cobertura está conformada por el casco urbano, abarcando un área total de 358.36 ha, que representa el 1.34% del total. Esta unidad está constituida por un centro de aglomeraciones, casas, áreas deportivas, áreas verdes urbanas, edificios, cementerios, infraestructura vacacional y recreativa, el tejido urbano tiene una valoración de 2, esto nos indica que no presenta una influencia al movimiento en masa.

### **Figura 20**

*Tejido urbano del distrito de Chota*



**4.1.4.2. Cultivos transitorios.** Los mosaicos de cultivos representan un 66.43% esto equivale a 17821.19 ha de la zona de estudio, siendo conformadas por cultivos heterogéneos y transitorios como: papa (*Solanum tuberosum* L., *Solanum phureja* Juz Et Buk.), oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), olluco (*Ullucus tuberosus* L.), maíz (*Zea mays* L.), arveja (*Pisum sativum* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), habas (*Vicia Faba*).

Muchos de estos cultivos son instalados en terrenos de pendientes pronunciadas, motivando la destrucción de su cobertura natural, con la preparación del terreno y labores de cultivo se expone el suelo al proceso erosivo y también a los movimientos de masa.

## Figura 21

### Mosaico de cultivos



A) cultivo de papa y B) cultivo de maíz, en los sectores de Chuyabamba alto

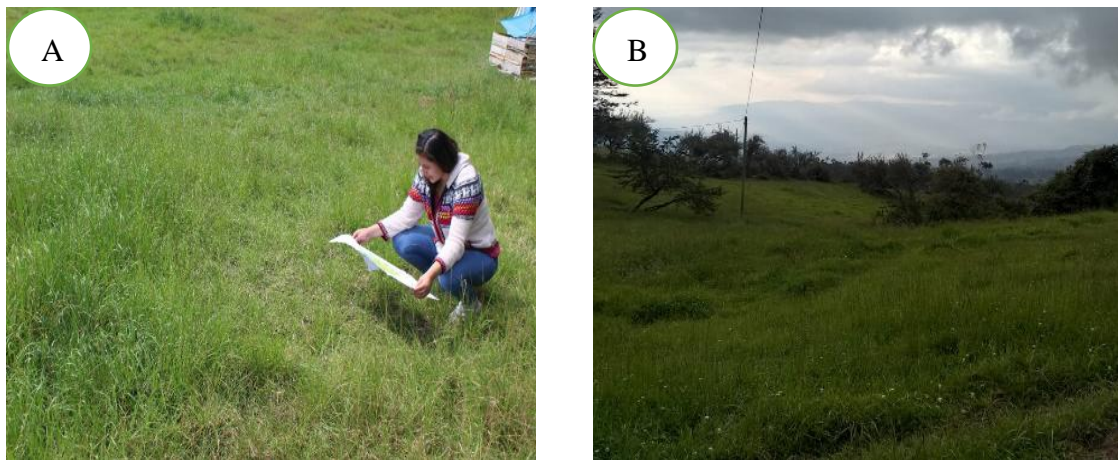
**4.1.4.3. Pastos.** Abarca principalmente aquellas áreas cubiertas con hierbas densas, en el distrito de Chota los pastos representan 10.99% (2947.17 ha), en las zonas bajas encontramos alfalfa (*Medicago sativa* L), grama (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.), Rye gras (*Lolium multiflorum* L.), trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), y trébol blanco (*Trifolium repens* L.); en las partes altoandinas por la disminución de la temperatura hallamos las especies de Rye gras (*Lolium multiflorum* L.), trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), y trébol blanco (*Trifolium repens* L.); según Alcántara (2012) nos indica que la presencia de las áreas de pastos en el distrito de Chota está dedicado principalmente a la producción ganadera, además este tipo de cobertura generalmente se encuentra asociado a herbazales y áreas agrícolas.

La mayor parte de estos pastos son gramíneas, cuyo sistema radicular es muy superficial, ocupando aproximadamente de 20 a 30 centímetros de la superficie del suelo por lo tanto no permite fijar al suelo frente al movimiento de masa como podría ser con la presencia de arbustos y leguminosas cuyo sistema radicular alcanza mayor profundidad dando estabilidad al suelo.



## Figura 22

*Pastos en el distrito de Chota*



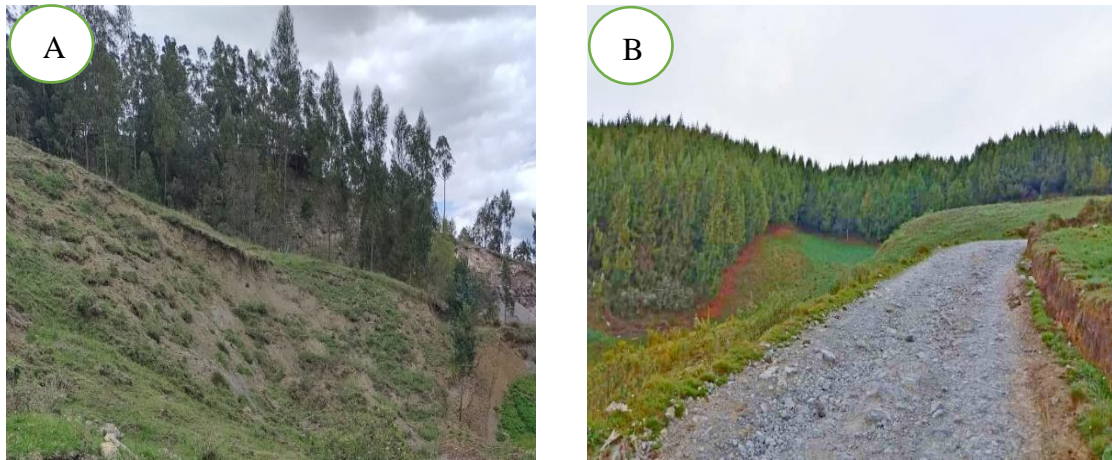
(A y B) presencia de pastos, en el Sector San Pedro y Leoneropampa

**4.1.4.4. Bosques plantados.** comprende una superficie de 186.76 ha, el cual representa el 0.70% del territorio, conformados por plantaciones de pino (*Pinus radiata* D. Don y *Pinus patula* Schl. et Cham.), gran parte de estos bosques se encuentran en las zonas alto andinas (Pampa la Laguna, La Quinoa, El Lirio y Choctapata) del distrito, y en menor proporción, en las partes bajas se encuentran plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.). En la parte sierra del Perú los bosques plantados se localizan en mínimas extensiones de territorio, los mismos que son manejados directamente por pobladores de las comunidades campesinas. (Guariguata et al., 2017); estos bosques reducen la velocidad del agua al aumentar la resistencia hidráulica del terreno por lo tanto disminuye la capacidad erosiva del agua. (Mendoza, 2011)



## Figura 23

### *Plantaciones forestales*



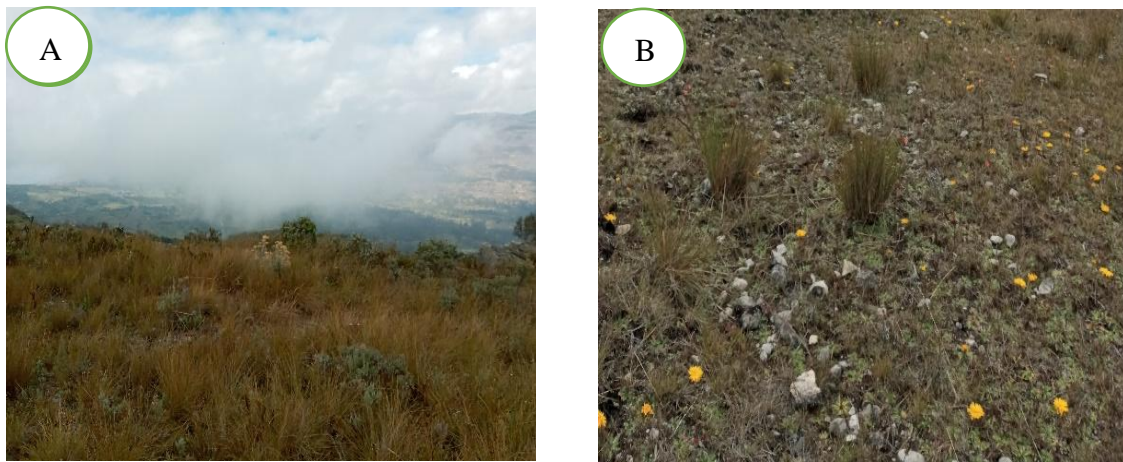
Plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus* (A) y *Pinus radiata* (B) en el sector Santa Rosa Bajo y La Quinua.

**4.1.4.5. Herbazal.** Son especies herbáceas, desarrolladas de forma natural. Presenta una extensión de 12.43% que comprende 3334.70 ha del territorio, conformado principalmente por pajonales como el ichu (*Stipa ichu* (Ruiz & Pavón) Kunth.). Por otro lado, en las zonas bajas del distrito encontramos especies de herbazales como cortadera (*Cortaderia selloana* (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.), Gara Gara (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn in Kerst.).

Los terrenos ocupados por pastos naturales que presentan raíces superficiales, frente a la ocurrencia de lluvias en el periodo de invierno puede generar movimientos de masa sobre todo en aquellos lugares con mayor precipitaciones y mayor pendiente.

## Figura 24

### Herbazales en el distrito de Chota



(A y B) herbazales (*Stipa ichu*) en el Sector Progreso Pampa

**4.1.4.6. Arbustal.** En el distrito de Chota este tipo de cobertura está conformada por especies que se desarrollan de forma natural, los arbustales representan un 5.63% (1511.02 ha). Las especies encontradas son zarzamora (*Rubus fruticosus* L.), tayango (*Baccharis nítida* (Ruiz & Pav.) Pers.), chilca (*Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers.), Según Alcántara (2012) en el departamento de Cajamarca esta cobertura natural, en su mayor parte se encuentran ocupando un paisaje de laderas y colinas de diferentes cerros.

Los arbustos ofrecen buena cobertura frente a los procesos de movimiento de masa, pero el problema se genera cuando estos espacios son deforestados para ampliar la frontera agrícola.

**4.1.4.6. Afloramientos rocosos.** El afloramiento rocoso presenta una incidencia 0.49% (131.11 ha) del territorio, este tipo de cobertura lo representa claramente el bosque de piedras localizado en el centro poblado de Chucumaca. Está ubicado al sur de la ciudad de Chota con las siguientes coordenadas geográficas: Este:764741; Norte: 9265769, con altitud de 2493 msnm. Por el hecho mismo de no tener cobertura vegetal, facilita la escorrentía superficial y acelera la erosión del suelo y por ende ocasiona diferentes movimientos de masa.

**Figura 25**

*Afloramientos rocosos en el distrito de Chota*



(A) Afloramientos rocosos en el centro poblado de Chucumaca

**4.1.4.6. Tierras desnudas.** Abarca una superficie de 532.15 ha, que representa el 1.98% del distrito de Chota. Corresponde a las superficies de terreno con escasa cobertura vegetal, debido a la presencia de procesos tanto naturales como antrópicos que ocasionan la degradación del suelo. La mayor parte de esta cobertura se encuentran ubicada al noroeste del distrito de Chota, estas áreas se caracterizan por no tener vegetación o es muy escasa, y esto hace que el nivel de degradación del suelo sea elevado.

Orihuela (2019) menciona que la cobertura corresponde a las superficies de terreno con escasa cobertura vegetal, debido a la presencia de procesos tanto naturales como antrópicos que ocasionan la degradación del suelo.

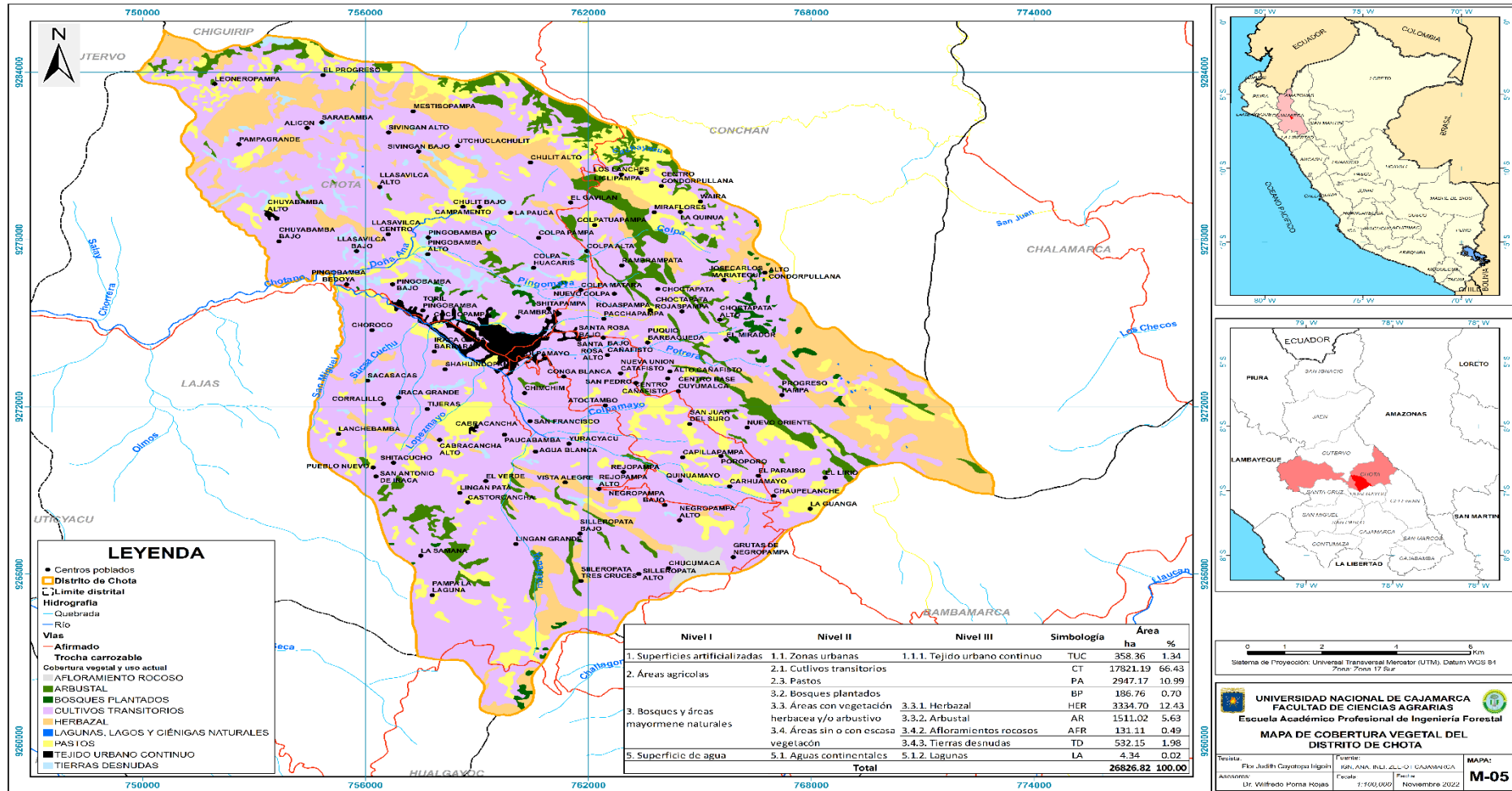
**Tabla 17**

*Resultados del mapa de cobertura vegetal*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Área	
				ha	%
1. Superficies artificializadas	1.1. Zonas urbanas	1.1.1. Tejido urbano continuo	TUC	358.36	1.34
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		CT	17821.19	66.43
	2.3. Pastos		PA	2947.17	10.99
	3.2. Bosques plantados		BP	186.76	0.70
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	HER	3334.70	12.43
		3.3.2. Arbustal	AR	1511.02	5.63
	3.4. Áreas sin o con escasa vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	AFR	131.11	0.49
		3.4.3. Tierras desnudas	TD	532.15	1.98
5. Superficie de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas	LA	4.34	0.02
<b>Total</b>				<b>26826.82</b>	<b>100.00</b>

Figura 26

Mapa de cobertura vegetal de distrito de Chota



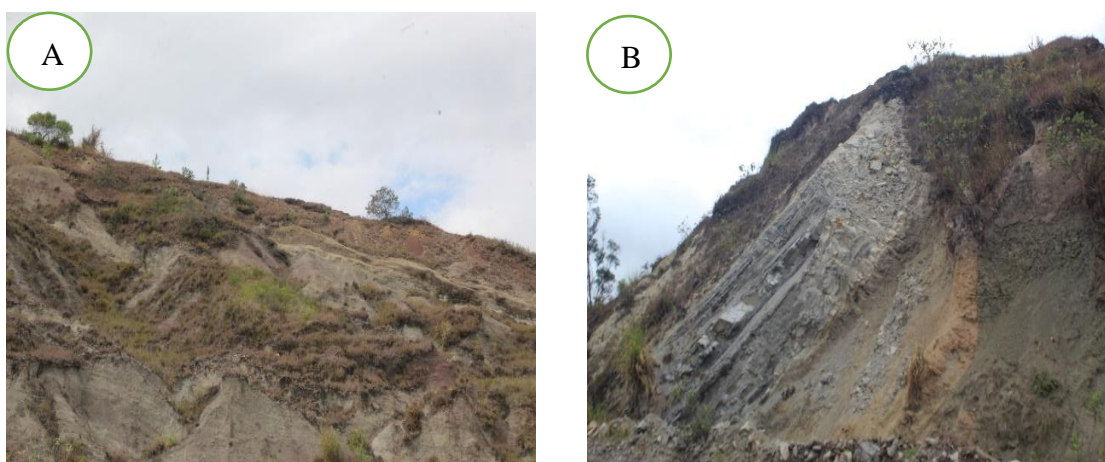


#### 4.1.5. Mapa de geología

El mapa de geología (Figura 29) del distrito de Chota se clasificó en función a las formaciones existentes, tal como se observa en la Tabla 18, con mayor extensión la Formación Yumagual presenta el 28.47% (7638.01 ha) conformado por secuencia de caliza gris parduzcas, lutitas y margas, abarca los Centros Poblados de Pampa la Laguna, Silleropata tres Cruces, La Samana, Lingan Grande, Silleropata Bajo, Castorcancha, Lingan Pata, El Verde, San Antonio De Iraca, Pueblo Nuevo, Shitacucho, Alto Condorpullana, Waira, Leoneropampa. La geología de un sitio tiene gran influencia como factor determinante de inestabilidad, puesto que un proceso de remoción en masa no sólo es importante por el tipo de roca que está involucrado, sino también por su disposición estratigráfica; si el lecho rocoso subyacente presenta superficies por las que se pueda deslizar el material, se incrementa el potencial de ocurrencia de un movimiento. (Alcántara & Murillo, 2008), la geología es la variable más influyente en el movimiento de masa porque depende del desprendimiento de rocas, que generalmente ocurre donde las laderas rocosas están profundamente incisas. (Alderton & Elias, 2021)

#### Figura 27

*Geología del distrito de Chota*



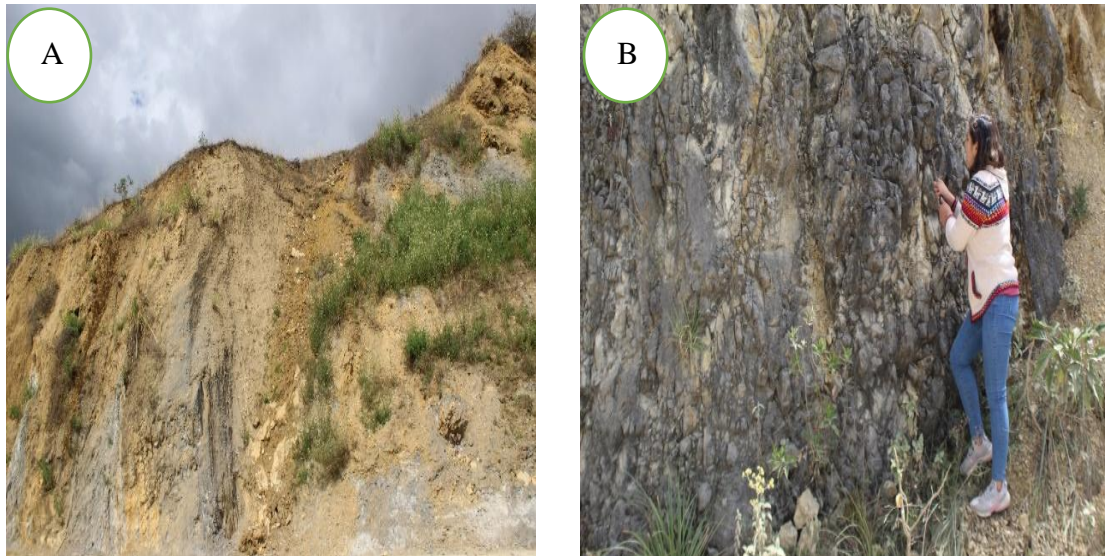
(A y B) Formación Chota, Sector Doñana

Para el caso de la Formación Cajamarca, ocupa un 23.37% (6268.36 ha), conformado por la secuencia de Calizas gris oscura, con delgados lechos de arcillitas y margas, esta formación abarca los Centros Poblados de Grutas de Negropampa, Negropampa Alto, Negropampa Bajo, Rejopampa Alto, Vista Alegre, Cabracancha Alto, Centro base Cuyumalca, San Pedro, Centro Cañafisto, Alto Cañafisto, Choctapata Rojas pampa, Rojas pampa, Choctapata, Rambrampata, Colpa Alta, Colpatuapampa, Miraflores, El Gavilan, Chulit Alto, Utchuclachulit, Pampagrande, Sivingan Alto, Alicon, Sarabamba, Mestisopampa, El Progreso; La Formación Chota conformado por Lutitas, limonita, lodolitas, arenisca y conglomerados de color rojo, margas y caliza, ocupa un 23.15% (6209.26 ha), dentro de esta Formación de encuentra los Centros Poblados de El Paraiso, Poroporo, Cabracancha, Nuevo Oriente, San Juan Del Suro, San Francisco, Tijeras, Corralillo, Iraca Grande, Chimchim, Sacasacas, Conga Blanca, Shahuindopampa, Colpamayo, Iraca Chica Barbaran, Chota, Choroco, Rambran, Toril Pingobamba, Cochopampa, Shitapampa, Pingobamba Bedoya, Pingobamba Bajo, Colpa Huacaris, Pingobamba Alto, Llasavilca Bajo, Chuyabamba Bajo, Pingobamba, Llasavilca Centro, Chuyabamba Alto, Llasavilca Alto; La Formación Celendín está conformada por la secuencia de Lutitas amarillentas, limo arcillitas, margas y arcillas, calizas margosas nodulares con limonita y arcillitas calcáreas, el cual ocupa 14.81% (3972.12 ha), comprende los Centros Poblados de La Guanga, Chaupelanche, Carhuamayo, Quinuamayo, El Lirio, Rejopampa, Capillapampa, Agua Blanca, Yuracyacu, Paucabamba, Atoctambo, Nueva Union Catafisto, Bajo Cañafisto, Puquio Barbagueda, Santa Rosa Bajo, Santa Rosa Alto, Pacchapampa, Nuevo Colpa, Colpa Matara, Colpa Pampa, La Pauca, Chulit Bajo, Campamento, Sivingan Bajo; La Formación Quilquiñan/Mujarrun, está conformada por la secuencia de Calizas nodulares, intercalaciones de margas y lutitas 10.21% (2739.08 ha), comprenden los Centros

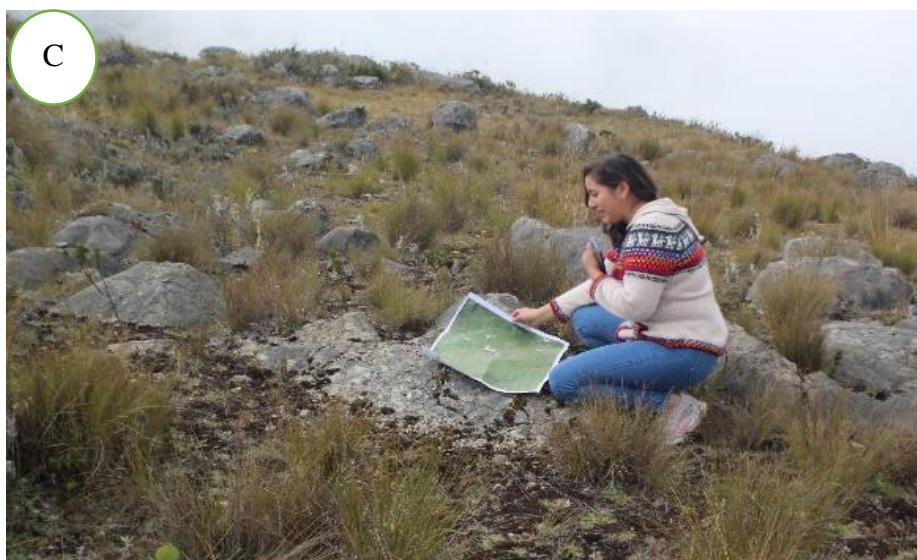
Poblados de Silleropata Alto, Chucumaca, Lanchebamba, Progreso Pampa, El Mirador, Choctapata Alto, Josecarlos Mariategui, La Quinoa, Centro Condorpullana, Los Lanches, Liclipampa.

**Figura 28**

*Geología del distrito de Chota*



Formación Celendín en el Sector Yuracyacu (A) y Rejopampa (B)



Formación Quilquiñan/Mujarrun (C) en el Sector Progreso pampa



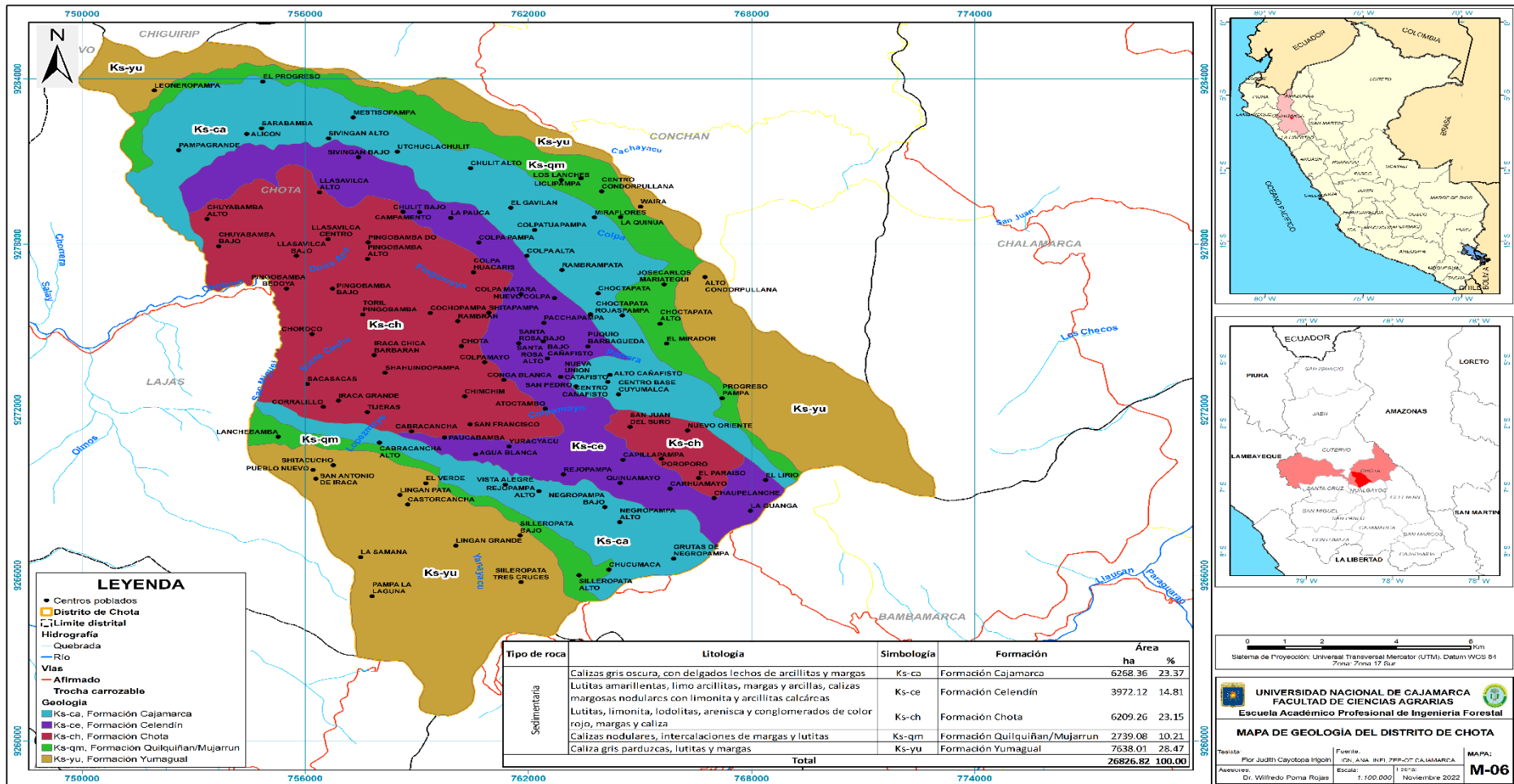
**Tabla 18***Resultados del mapa de geología*

Tipo de roca	Litología	Simbología	Formación	Área	
				ha	%
Sedimentaria	Calizas grises oscura, con delgados lechos de arcillitas y margas	Ks-ca	Formación Cajamarca	6268.36	23.37
	Lutitas amarillentas, limo arcillitas, margas y arcillas, calizas margosas nodulares con limonita y arcillitas calcáreas	Ks-ce	Formación Celendín	3972.12	14.81
	Lutitas, limonita, lodolitas, arenisca y conglomerados de color rojo, margas y caliza	Ks-ch	Formación Chota	6209.26	23.15
	Calizas nodulares, intercalaciones de margas y lutitas	Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	2739.08	10.21
	Caliza gris parduzcas, lutitas y margas	Ks-yu	Formación Yumagual	7638.01	28.47
<b>Total</b>				<b>26826.82</b>	<b>100.00</b>

En el cuadro anterior se observa que la gran mayoría de formaciones geológicas está compuesta por calizas que son fácilmente erosionables por agua acida, formando cavidades que pueden ocasionar deslizamientos.

Figura 29

Mapa de geología del distrito de Chota



#### 4.1.6. Modelo de movimientos en masa

El presente modelo que se muestra en la Figura 31, permite identificar, zonas donde potencialmente se presentan los efectos de movimientos en masa, generados por los derrumbes, deslizamientos, flujos, movimientos complejos; clasificados mediante niveles Muy Alto, Alto, Medio y Bajo; que es el resultado de la integración espacial de atributos debidamente valorados y variables físicas ponderadas, construido por la siguiente ecuación:

$$\text{MMM} = 0.35 * \text{Pend} + 0.10 * \text{Fisio} + 0.10 * \text{CV} + 0.15 * \text{Preci} + 0.30 * \text{Geo}$$

**Geo**

Donde:

MMM: modelo dependiente de Movimientos en Masa

Pend: Pendiente

Fisio: Fisiografía

CV: Cobertura Vegetal

Preci: Precipitación

Geo: Geología

En la Tabla 19 se detalla el área y el porcentaje del distrito expuestos a diferentes niveles de peligro por efectos de los movimientos en masa y la Figura 30, expresa la distribución porcentual de los peligros en la superficie terrestres del distrito de Chota.

**Tabla 19**

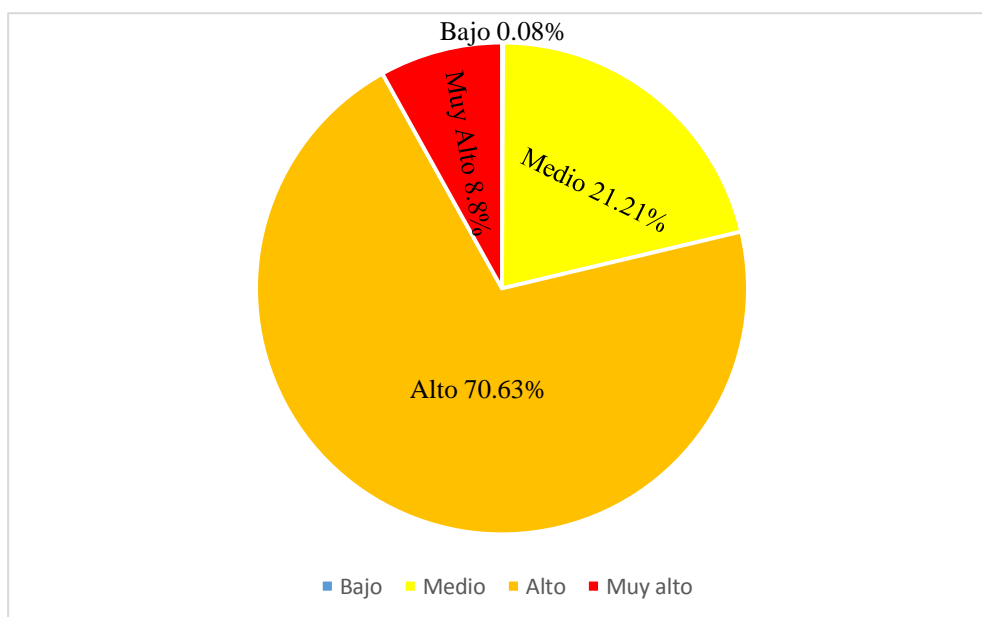
*Resultado del modelo de movimientos en masa*

Clasificación	Área	
	Ha	%
Bajo	20.61	0.08
Medio	5690.88	21.21
Alto	18946.50	70.63
Muy alto	2168.84	8.08
<b>Total</b>	<b>26826.82</b>	<b>100.00</b>

Se realizó la interpolación de las variables de pendiente, fisiografía, cobertura vegetal, precipitación y geología, el resultado de la distribución porcentual de los niveles de peligro del modelo de movimientos en masa se muestra en la figura 30, tal que, 18946.50 hectáreas están expuestas a un nivel de vulnerabilidad alto que representa el 70.63%, y el 21.21% (5690.88 ha) está expuesto a un nivel de vulnerabilidad medio, ambos por efectos de deslizamientos; mientras que el 8.08% (2168.84 ha) del territorio presenta un nivel de vulnerabilidad muy alto, y únicamente 0.08% (20.61 ha) del territorio está expuesto a un nivel de peligro bajo.

**Figura 30**

*Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad del modelo de movimientos en masa*



- **Nivel de peligro global bajo.**

Del modelo se puede apreciar que los niveles de peligro bajo a movimientos de masa (Figura 31 y Tabla 19) ocupan un área (20.61 ha) equivalente al 0.08% del distrito, además presenta una precipitación mínima que va desde 950 mm hasta los 1050 mm, la pendiente predominante en las zonas con

este nivel de peligro se encuentran las pendientes nula o casi a nivel (0-4%), en la fisiografía se encuentra el gran paisaje montañoso, predominando el paisaje montañas sedimentarias formadas sobre calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas; la geología se encuentra conformada por la Formación Quilquiñan/Mujarrun, en su mayor parte la litología conformada por calizas nodulares, intercalaciones de margas y lutitas; la cobertura vegetal se encuentra conformada principalmente por bosques plantados, la mayor parte de este nivel de peligro ocupa los centros poblados de Condorpullana, Waira, Chulit Alto, La Quinoa.

- **Nivel de peligro global medio.**

El nivel medio de peligro a movimiento de masa ocupa un área de 5690.88 ha equivalente al 21.21% del total del área del distrito, tal como se muestra en la Figura 33 y Tabla 19, en este nivel de peligro encontramos una precipitación mínima de 1050 mm y una precipitación máxima de 1200 mm, las pendientes predominantes que influyen en la vulnerabilidad en esta zona se encuentran pendientes (4-8%) ligeramente inclinada, (8-15%) ligeramente inclinada a moderadamente empinada, (15-25%) moderadamente empinada; la fisiografía está conformada por el gran paisaje montañoso, predominando el paisaje montañas sedimentarias formadas sobre calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas, también el paisaje que abarca montañas sedimentarias formadas sobre margas y lutitas de color gris azulado y amarillo rojizo; la geología pertenece a la Formación Cajamarca, en su mayor parte la litología compuesta por calizas gris oscura, con delgados lechos de arcillitas y margas; la cobertura vegetal en gran parte cultivos transitorios y herbazales; los centros poblados vulnerables a los movimientos de masa son: Silleropata Alto,

Chucumaca, Negropampa Alto, Negropampa Bajo, Progreso Pampa, Centro Cañafisto, Alto Cañafisto, El Mirador, Choctapata Alto, Choctapata Rojaspampa, Rojaspampa, Josecarlos Mariategui, Colpatuapampa, La Quinoa, Centro Condorpullana, Los Lanches, Liclipampa, Utchuclachulit, Alicon.

- **Nivel de peligro global alto.**

El modelo de movimiento de masa alto presenta un área de 18946.50 ha equivalente al 70.63% siendo en el área con mayor vulnerabilidad a movimientos en masa que presenta el distrito de Chota, dicha área presenta este nivel de vulnerabilidad debido a que los factores determinantes que inciden en el suceso de los desastres naturales son considerados altamente relevantes, según los resultados obtenidos encontramos que las precipitación mínima va desde 1200 mm hasta la precipitación máxima 1300 mm, a ello se suma el grado de inclinación del terreno de (25-50%) empinada, (50-75%) muy empinada, lo cual influye en el drenaje y escurrimiento del agua; la geología perteneciente a la Formación Celendín, su litología abarca lutitas amarillentas, limo arcillitas, margas y arcillas, calizas margosas nodulares con limonita y arcillitas calcáreas, formación Yamagual, su litología comprende roca caliza gris parduzcas, lutitas y margas, y en menor para la Formación Cajamarca; la cobertura vegetal con mayor extensión cultivos transitorios y pastos; los centros poblados que se encuentran expuestos a este peligro alto de movimiento de masa en su mayoría son: Pampa la Laguna, Silleropata Tres Cruces, Grutas de Negropampa, La Samana, Lingan Grande, Silleropata Bajo, La Guanga, Castorcancha, Chaupelanche, Lingan Pata, Rejopampa Alto, Carhuamayo, Vista Alegre, El Verde, Quinuamayo, San Antonio de Iraca, El Lirio, El Paraiso, Rejopampa, Pueblo Nuevo, Shitacucho, Capillapampa, Poroporo, Agua Blanca, Yuracyacu, Cabracancha Alto,

Paucabamba, Lanchebamba, Cabracancha, Nuevo Oriente, San Juan del Suro, San Francisco, Atoctambo, Centro Base Cuyumalca, San Pedro, Conga Blanca, Nueva Union Catafisto, Colpamayo, Bajo Cañafisto, Chota, Puquio Barbagueda, Santa Rosa Bajo, Santa Rosa Alto, Pacchapampa, Rambran, Toril Pingobamba, Cochopampa, Shitapampa, Nuevo Colpa, Colpa Matara, Choctapata, Pingobamba Bajo, Alto Condorpullana, Colpa Huacaris, Rambrampata, Llasavilca Bajo, Colpa Alta, Chuyabamba Bajo, Pingobamba, Colpa Pampa, Chuyabamba Alto, La Pauca, Miraflores, Chulit Bajo, Campamento, El Gavilan, Waira, Chulit Alto, Sivingan Bajo, Pampagrande, Sivingan Alto, Sarabamba, Mestisopampa, Leoneropampa, El Progreso.

- **Nivel de peligro global muy alto.**

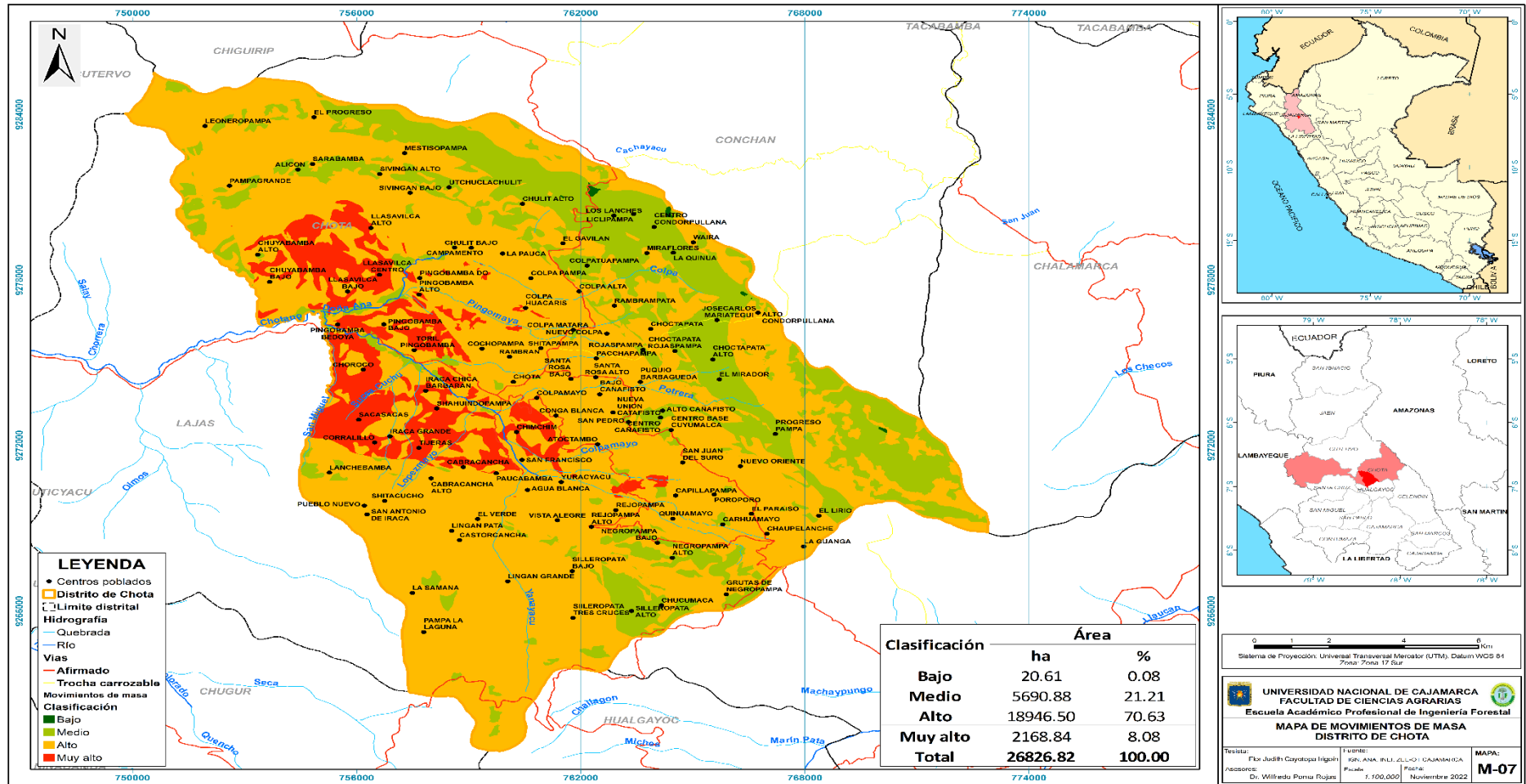
El nivel muy alto de peligro a movimientos de masa se encuentra ocupando un área de (2168.84 ha) equivalente al 8.08% del área total del distrito, en este nivel de peligro se localizan en zonas con una precipitación que superan los 1300 mm hasta 1350 mm promedio mensual, Esto puede afectar la estabilidad de los taludes porque el agua que entra en contacto con los taludes durante las lluvias puede interactuar con los materiales geológicos y reducir sus propiedades mecánicas o aumentar las fuerzas del cuerpo que desestabilizan los taludes. De otra manera la topografía del terreno presenta un grado de inclinación de la pendiente  $> 75\%$  (extremadamente empinada) que aumenta la vulnerabilidad y facilita los procesos de remoción en masa conjuntamente con las interacciones entre las características geológicas y las actividades humanas; la geología pertenece a la formación Chota, en su litología comprende lutitas, limonita, lodolitas, arenisca y conglomerados de color rojo, margas y caliza; la cobertura vegetal en su mayoría comprende cultivos transitorios, además en este nivel se

contempla el área urbana y los centros poblados que los conforma son: Tijeras, Corralillo, Iraca Grande, Chimchim, Sacasacas, Shahuindopampa, Iraca Chica Barbaran, Choroco, Pingobamba Bedoya, Pingobamba Alto, Llasavilca Centro, Llasavilca Alto.



**Figura 31**

*Modelo global de peligros a movimientos en masa*



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Se generó el Modelo geoespacial para la identificación de zonas vulnerables a movimientos de masa en el distrito de Chota, mediante la integración de variables físicas; cuyos resultados mostraron que: 2168.84 ha (8.08%) se encuentran en Nivel Muy alto, 18946 ha (70.63%) en nivel Alto, 5690.88 ha (21.21%) Nivel Medio y 20.61 ha (0.08%) un nivel Bajo.

Se diseñó y construyó la Base de Datos Geoespacial, en el cual se almacenó el resultado del modelo de movimientos de masa y las 5 variables temáticas: Pendiente, fisiografía, Geología, Precipitación y Cobertura Vegetal.

Se identificaron zonas vulnerables a peligros de movimientos en masa; categorizando el distrito en los siguientes niveles de vulnerabilidad a movimientos de masa: Muy alto, representa el 8.08 % del total, en donde se encuentran los centros poblados: Tijeras, Corralillo, Iraca Grande, Chimchim, Sacasacas, Shahuindopampa, Iraca Chica Barbaran, Choroco, Pingobamba Bedoya, Pingobamba Alto, Llasavilca Centro, Llasavilca Alto; Alto, representa el 70.63 %, encontrando los centros poblados: Pampa la Laguna, Silleropata Tres Cruces, Grutas de Negropampa, La Samana, Lingan Grande, Silleropata Bajo, La Guanga, Castorcancha, Chaupelanche, Lingan Pata, Rejopampa Alto, Carhuamayo, Vista Alegre, El Verde, Quinuamayo, San Antonio de Iraca, El Lirio, El Paraiso, Rejopampa, Pueblo Nuevo, Shitacucho, Capillapampa, Poroporo, Agua Blanca, Yuracyacu, CabracanCHA Alto, Paucabamba, Lanchebamba, CabracanCHA, Nuevo Oriente, San Juan del Suro, San Francisco, Atoctambo, Centro Base Cuyumalca, San Pedro, Conga Blanca, Nueva Union Catafisto, Colpamayo, Bajo Cañafisto, Chota, Puquio Barbagueda, Santa Rosa Bajo, Santa Rosa Alto, Pacchapampa,

Rambran, Toril Pingobamba, Cochopampa, Shitapampa, Nuevo Colpa, Colpa Matara, Choctapata, Pingobamba Bajo, Alto Condorpullana, Colpa Huacaris, Rambrampata, Llasavilca Bajo, Colpa Alta, Chuyabamba Bajo, Pingobamba, Colpa Pampa, Chuyabamba Alto, La Pauca, Miraflores, Chulit Bajo, Campamento, El Gavilan, Waira, Chulit Alto, Sivingan Bajo, Pampagrande, Sivingan Alto, Sarabamba, Mestisopampa, Leoneropampa, El Progreso; Media, abarca un área de 21.21 %, encontrando los centros poblados: Silleropata Alto, Chucumaca, Negropampa Alto, Negropampa Bajo, Progreso Pampa, Centro Cañafisto, Alto Cañafisto, El Mirador, Choctapata Alto, Choctapata Rojas pampa, Rojas pampa, Josecarlos Mariategui, Colpatuapampa, La Quinoa, Centro Condorpullana, Los Lanches, Liclipampa, Utchuclachulit, Alicon.; Baja, tiene un área de 0.08% , encontrando los centros poblados, centro condorpullana, Chulit Alto, La Quinoa.

A nivel espacial se encontró que la vulnerabilidad a movimientos de masa, Media y Alta, se distribuye a lo largo del área de estudio, por otro lado, la vulnerabilidad Muy alta, se distribuye al oeste de la ciudad de Chota, al igual que la vulnerabilidad Baja se muestra solo abarcado tres centros poblados.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda utilizar la base de datos geoespacial generada en el presente trabajo de investigación, para la planificación y ejecución de proyectos enfocados a la Gestión de Riesgo de Desastres; asimismo priorizar las zonas con niveles de peligro Muy Alto, e implementar proyectos orientados a la recuperación de tierras degradadas mediante técnicas de conservación y protección de bajo costo, diques para control de cárcavas y trabajos de reposición de cobertura vegetal.

En zonas de alta a muy alta susceptibilidad a movimientos de masa se recomienda desarrollar un estudio cuantitativo de las propiedades del material y el comportamiento de estos frente a la inestabilidad, proponiendo medidas correctivas para la mitigación del riesgo.

Para el análisis mediante los sistemas de información geográfica se recomienda trabajar los datos de entrada en cuanto a su corrección en geometría y topología, ya que estos suelen presentar errores de sistemas de codificación numérica.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves, J. F., Legorreta, G., Lugo, J., Umaña, J., & Legorreta, H. A. (2016). Sistemas de información geográfica y cartografía geomorfológica aplicados al inventario de deslizamientos y cartografía de susceptibilidad en la cuenca del río El Estado, Pico de Orizaba, México. *Investigaciones Geograficas*, 2016(91), 43–55. <https://doi.org/10.14350/rig.46503>
- Alcántara, I., & Murillo, F. G. (2008). Procesos de remoción en masa en México: Hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional. *Investigaciones Geograficas*, 19.
- Alcántara, G. H. (2012). *Cobertura Vegetal y Uso Actual Departamento de Cajamarca*. 44.
- Alcántara, G. (2011). Pendiente de los suelos del departamento de cajamarca. *Gobierno Regional de Cajamarca*, 51. <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/Pendiente.pdf>
- Alderton, D., & Elias, A. (2021). *Enciclopedia de Geología* (Segunda ed). <https://www.sciencedirect.com/referencework/9780081029091/encyclopedia-of-geology>
- Aybar, C., Waldo, C., Huerta, A., Fernández, C., Vega, F., & Felipe, O. G. (2017). Uso del Producto Grillado “PISCO” de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico. *Senamhi*, 1–22. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/260/Uso-producto-grillado-Pisco-precipitación-chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcgclefindmkaj/>

estudios-investigaciones-sistemas-operacionales-monitoreo-pronóstico-  
Hidrometeorológico\_2017.

- Bakker, X. (2001). *Taller de análisis y modelamiento en el formato raster*.
- Basu, T., & Pal, S. (2019). RS-GIS based morphometrical and geological multi-criteria approach to the landslide susceptibility mapping in Gish River Basin, West Bengal, India. *Advances in Space Research*, 63(3), 1253–1269.  
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.10.033>
- Bonachea, J. (2006). *Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos*. Universidad de Cantabria.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1999). Principles of Geographical Information Systems: Spatial Information Systems and Geostatistics. *Economic Geography*, 75(4), 422. <https://doi.org/10.2307/144481>
- Calderon, J. (2017). *Modelamiento geoespacial para la identificación de zonas críticas vulnerables a peligros múltiples, cuenca hidrográfica Camaná-Majes-Colca, Arequipa*. 184.
- Celmi, J. (2007). *APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE MULTICRITERIA (MCA) EN LA PLANIFICACIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN LA PARTE BAJA DEL RÍO CHILLÓN*.
- CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales*. 248. [http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas\\_detalle.aspx?idp=112](http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=112)
- CENEPRED. (2019). Escenario de riesgo por movimiento de masas. *Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción Del Riesgo de Desastres*.  
[https://www.ecured.cu/Departamento\\_de\\_Lima\\_\(Perú\)](https://www.ecured.cu/Departamento_de_Lima_(Perú))
- Cruzado, G. (2015). *Identificación y Análisis de Factores Condicionantes Naturales y*

*Antrópicos para los procesos de Remoción de Masa de Rocas Y Suelos en el Sector Lucmacucho, Distrito de Cajamarca, Cajamarca-Perú.* Universidad Nacional de Trujillo.

Del Bosque I, Fernández F., Martín-Forero, L., & Pérez E. (2012). *Los sistemas de información geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales.* <https://digital.csic.es/bitstream/10261/64940/1/Los%20SIG%20y%20la%20Investigacion%20en%20Ciencias%20Humanas%20y%20Sociales.pdf>

Desastres, & Sociedad. (1995). Especial: Proyecto de Investigación-Acción: Comunidades Vulnerables en Centroamérica y Opciones de Prevención y Mitigación. *REVISTA SEMESTRAL DE LA RED DE ESTUDIOS SOCIALES EN PREVENCIÓN DE DESASTRES EN AMÉRICA LATINA*, 5.

DGPM, (Dirección General de Programación del Sector Público), & MEF, (Ministerio de Economía y Finanzas). (2006). *Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastre en la planificación e inversión para el desarrollo.* [https://mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/estudios\\_documentos/documentos/ConceptosDesastres.pdf](https://mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/ConceptosDesastres.pdf)

DGPM, (Dirección General de Programación del Sector Público), & MEF, (Ministerio de Economía y Finanzas). (2007). *Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública.* [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA PUBLICAR/MEF/Pautas Metodologicas para la Incorporacion del Analisis del Riesgo de Desastres en los PIP.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/MEF/Pautas%20Metodologicas%20para%20la%20Incorporacion%20del%20Analisis%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20en%20los%20PIP.pdf)

ESRI. (2002). ¿Qué es ArcGIS ? *Esri (Environmental Systems Research Institute)*, 50. [http://downloads.esri.com/support/whitepapers/ao\\_/what-is-arcgis-spanish.pdf](http://downloads.esri.com/support/whitepapers/ao_/what-is-arcgis-spanish.pdf)

Evans, S. G., Bishop, N. F., Fidel, L., Valderrama, P., Delaney, K. B., & Oliver, A. (2009). A re-examination of the mechanism and human impact of catastrophic mass

- flows originating on Nevado Huascarán, Cordillera Blanca, Peru in 1962 and 1970. *Engineering Geology*, 108(1–2), 96–118. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.06.020>
- Fidel, L., Villacorta, S., Zavala, B., Vilchez, M., Valderrama, P., Nuñez, S., Luque, G., Rosado, M., Medina, L., & Vásquez, J. (2010). *MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL PERÚ*. 9, 308–311.
- Flores, R. (2016). Modelamiento Geoespacial Para La Determinación Del Grado De Vulnerabilidad, Distrito Leimebamba - Amazonas. *Repositorio UNALM*, 171. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2240>
- GEMMA. (2007). *Movimientos en masa en la región Andina: una guía para la evaluación de amenazas*. 404.
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2019). *Cajamarca, plan estratégico regional de turismo*.
- González, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). Ingeniería geológica. In *Editorial Pearson Education*.
- Guariguata, M. R., Arce, J., Ammour, T., & Capella, J. L. (2017). Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. In *Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro*. <https://doi.org/10.17528/cifor/006461>
- Gutiérrez, M. (2008). *Geomorfología* (M. Martín-Romo & M. Caicoya (eds.)). Pearson Educación, S.A.
- Hervás, J., & Barredo, J. I. (2001). Evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos mediante el uso conjunto de SIG, teledetección y métodos de evaluación multicriterio. Aplicación al barranco de Tirajana (Gran Canaria). *V Simposio Nacional Sobre Taludes y Laderas Inestables, 1996*, 27–30.



- IDEAM, (Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2012). *Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa*. 20, 1–28. [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Methodologia+suscept+FRM\\_oficial\\_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Methodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745)
- INDECI. (2006). *Compendio estadístico de prevención y atención de desastres*. 1–5.
- INDECI. (2011). Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas. *Cuaderno Técnico N° 3*, 68–75. <http://www.cenepred.gob.pe/web/dgp/manual-de-evaluacion-de-riesgos-fenomenos-naturales-v2/>
- INDECI, (Instituto Nacional de Defensa Civil). (2009). *Gestión del riesgo de desastres para la planificación del desarrollo local*. [https://www.mesadeconcertacion.org.pe/sites/default/files/guia\\_de\\_gestion\\_de\\_riesgos.pdf](https://www.mesadeconcertacion.org.pe/sites/default/files/guia_de_gestion_de_riesgos.pdf)
- INEI. (2017). Peru: Crecimiento y distribución de la población total, 2017. Población censada más población omitida. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 76. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf)
- INGEMMET, (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico). (2013). *Foro Internacional Peligros geológicos (volcanes, sismos y movimientos en masa)*. <https://es.calameo.com/read/0008201298ea9a72772e5>
- INGEMMET, (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico). (2021). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la urbanización Bellavista*. 1–36.
- Jiménez, J. D. (2005). *ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS DE LADERA MEDIANTE UN SIG EN LA CUENCA VERTIENTE AL EMBALSE DE RULES, GRANADA*. 197.

- Joly, F. (1998). *La Cartografía*.
- Keller, E. A., & Blodgett, R. H. (2004). *Riesgos Naturales: Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes*.
- Lara C, M., & Sepúlveda V, S. (2008). *Remociones en masa en Chile (mass wasting in Chile)*. 63. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(94\)90783-8](https://doi.org/10.1016/0148-9062(94)90783-8)
- Lizardo, A. L., & Pérez, G. (2009). *La Gestión del Riesgo un enfoque basado en procesos*.  
www.comunidadandina.org
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2011). *Geographic Information Science and Systems*. <https://www.wiley.com/en-us/Geographic+Information+Science+and+Systems%2C+4th+Edition-p-9781119031307>
- Mendoza, C. D. (2011). *Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales , no convencionales y revegetalización*. 31(3), 80–90.
- Ministerio del Ambiente de Peru (MINAM). (2016). *Resolución Ministerial N° 008-2016-MINAM*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/01/RM-N%C2%B0-008-2016-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente de Peru (MINAM). (2010). *Guia Tecnica De Modelamiento Sig Para La Zonificacion Ecologica Economica*. 42.  
[http://munijorgebasadre.gob.pe/pagina/web\\_inst/ot/pdf/normas-guias/Guia\\_Tecnica\\_de\\_Modelamiento\\_SIG\\_para\\_ZEE.pdf](http://munijorgebasadre.gob.pe/pagina/web_inst/ot/pdf/normas-guias/Guia_Tecnica_de_Modelamiento_SIG_para_ZEE.pdf)
- Nuñez, V. (2012). *Los sistemas de información geográfica (sig)*.
- Ochoa, J. (2014). *Modelamiento Geoespacial para la Determinación del Grado de Vulnerabilidad Cuenca Hidrográfica Jequetepeque*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Orihuela, D. (2019). *Clasificación de cobertura de la tierra en la cuenca Lurín utilizando*

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4123>

Pérez, J. J. (2019). *Factores que influyen en la estabilidad de taludes y laderas en suelo.*

<https://geoquantics.com/2019/10/21/factores-influyen-la-estabilidad-taludes-laderas-suelo/>

Porras, A. (2017). Método Kriging de inferencia espacial. Repositorio Nacional CONACYT, 7.

<https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/160/1/16->

Ponce, M. B., & Gambaudo, S. G. (2005). Carbonatos.

<https://www.unsam.edu.ar/publicaciones/tapas/cyted/parte4.pdf>

Método Kriging de Inferencia espacial - Diplomado en Análisis de Información Geoespacial.pdf

Ramos, A., Germán, M., Trujillo, L., & Prada, L. F. (2015). Análisis descriptivos de procesos de remoción en masa en Bogotá. 18, 63–75.

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>

Ríos, S. (1995). *Modelización* (Editorial:).

[https://uniliber.com/ficha/modelizacion\\_79380173/](https://uniliber.com/ficha/modelizacion_79380173/)

Rivaz, N. W. (2013). *IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES, APLICANDO EL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA, UNIDAD HIDROGRAFICA CHIRA-PIURA.* Universidad Nacional Agraria la Molina.

Salazar, L., Cortez, L., & Mariscal, J. (2002). Gestion comunitaria de riesgos. *Gestion Comunitaria Del Riesgo*, 2, 1–21.

Sánchez, D., & Egea, C. (2011). *Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las*

- desventajas socioambientales . Su aplicación en el estudio de los adultos mayores.*
- Sánchez, A., & Vásquez, C. (2010). *Mapa climatico.*  
<http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/MapaClimatico.pdf>
- Sánchez, L. J. (2021). *Informe económico del departamento de Cajamarca para la zonificación ecológica y económica.* 113.
- Santacana, N. (2001). *Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de sistemas de información geográfica. Aplicación a la cuenca alta del río Llobregat.* Universidad Politécnica de Cataluña.
- SENAMHI. (2021). *“Perspectivas para el periodo Julio - Septiembre 2021.”*  
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-10.pdf>
- Soldano, Á. (2009). *Conceptos sobre Riesgo. Conae Y Oea/Dss,* 3.  
<http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a2bfbe57f2.37678682.pdf>
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos: Técnicas de remediación.* 2, 1–451.
- Tacilla, R. (2019). *ESTIMACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES POR MOVIMIENTOS DE MASA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHONTA – CAJAMARCA.* Universidad Nacional de Cajamarca.
- USGS, (science for a changing World). (2004). *Landslide Types and Processes. July,* 1–4. <https://doi.org/https://doi.org/10.3133/fs20043072>
- Valarezo, O. S. (2008). *Modelo para la elaboración del Plan Escolar para la Gestión del Riesgo ante eventos naturales, socio-naturales y antrópicos. Instituto de Altos Estudios Nacionales.,* 1–68.  
<http://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/442/1/IAEN-M030-2010.pdf>
- Varnes, D. J. (1978). *Slope movement types and processes [Tipos y procesos de movimiento de pendientes]. Landslides: Analysis and Control. Transportation*

*Research Board Special Report 176, 11–33.*

Villacorta, S., Fidel, L., & Zavala, B. (2012). *Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú*. 69(3), 393–399.

Zavala, B. & Rosado, M. (2010). *Riesgo geológico en la región Cajamarca*. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica

Zavala, B., Gómez, J., & León, S. (2010). *Susceptibilidad a movimientos en masa en Cajamarca y el deslizamiento de Rodeopampa del 22 de febrero del 2010*. [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2985/1/Zavala-Susceptibilidad\\_movimientos\\_en\\_masa\\_Cajamarca.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2985/1/Zavala-Susceptibilidad_movimientos_en_masa_Cajamarca.pdf)

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

Figura 32

Mapa de estaciones meteorológica

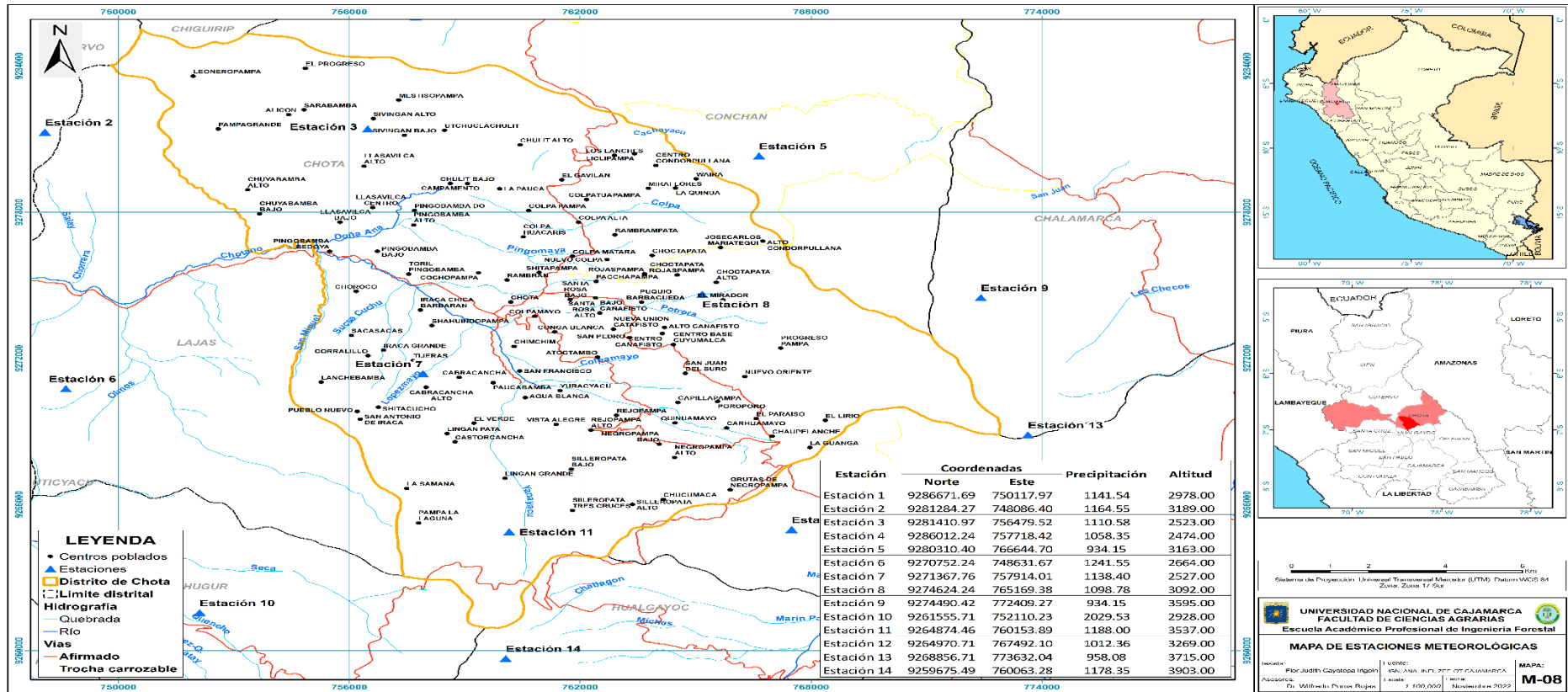


Figura 33

Mapa valoración de pendiente

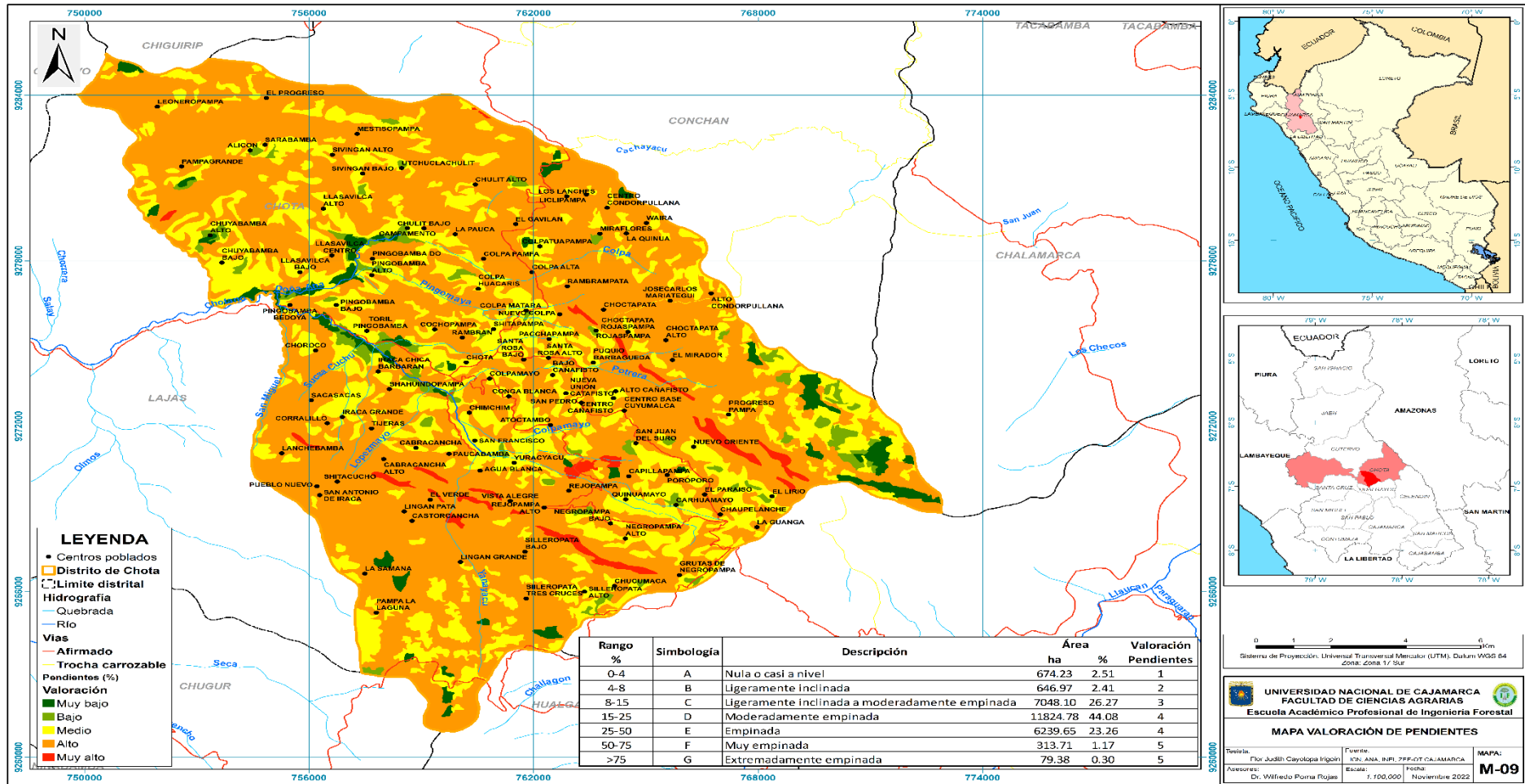


Figura 34



Mapa valoración de fisiografía

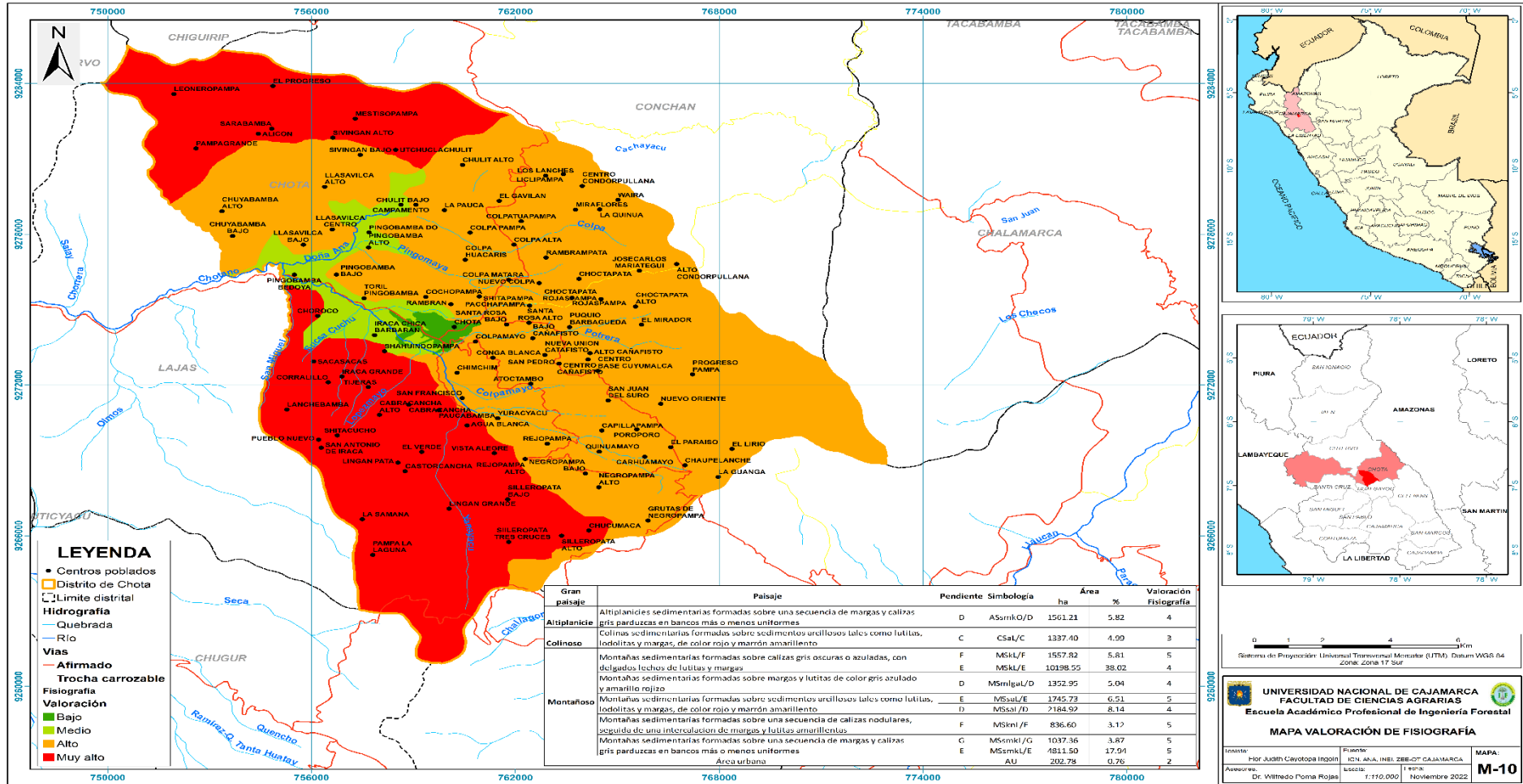


Figura 35

Mapa valoración de precipitación

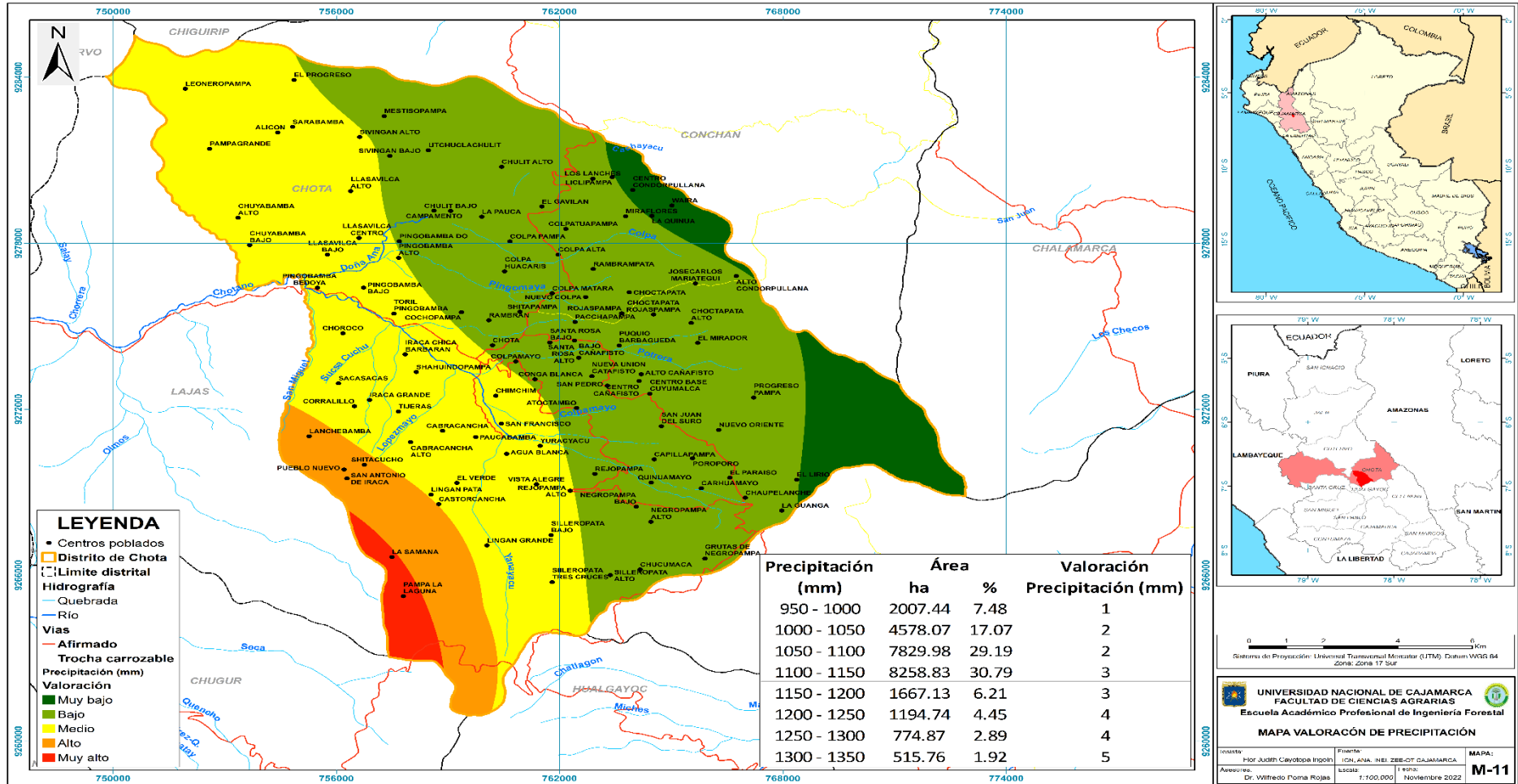


Figura 36

# Mapa valoración de cobertura vegetal

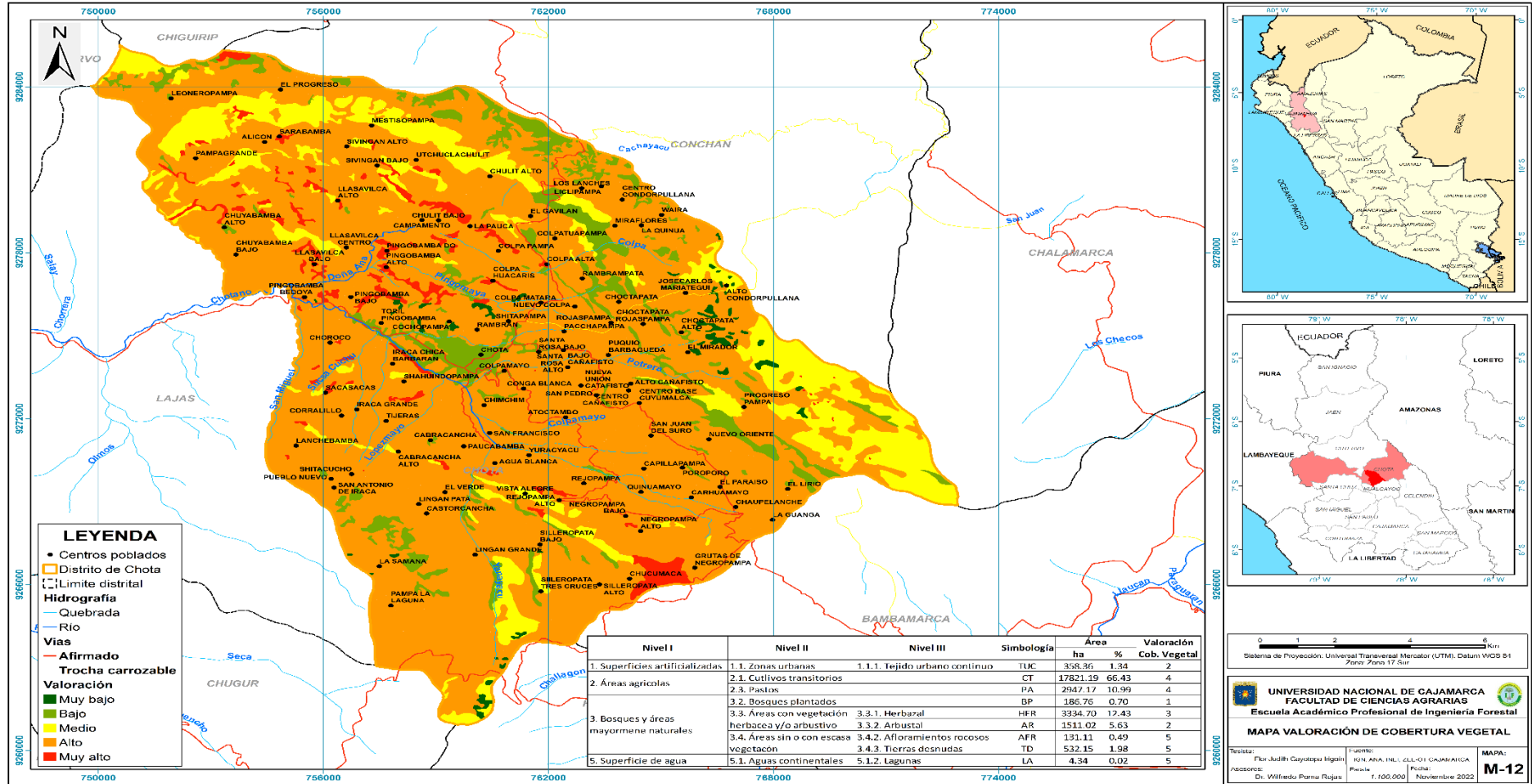
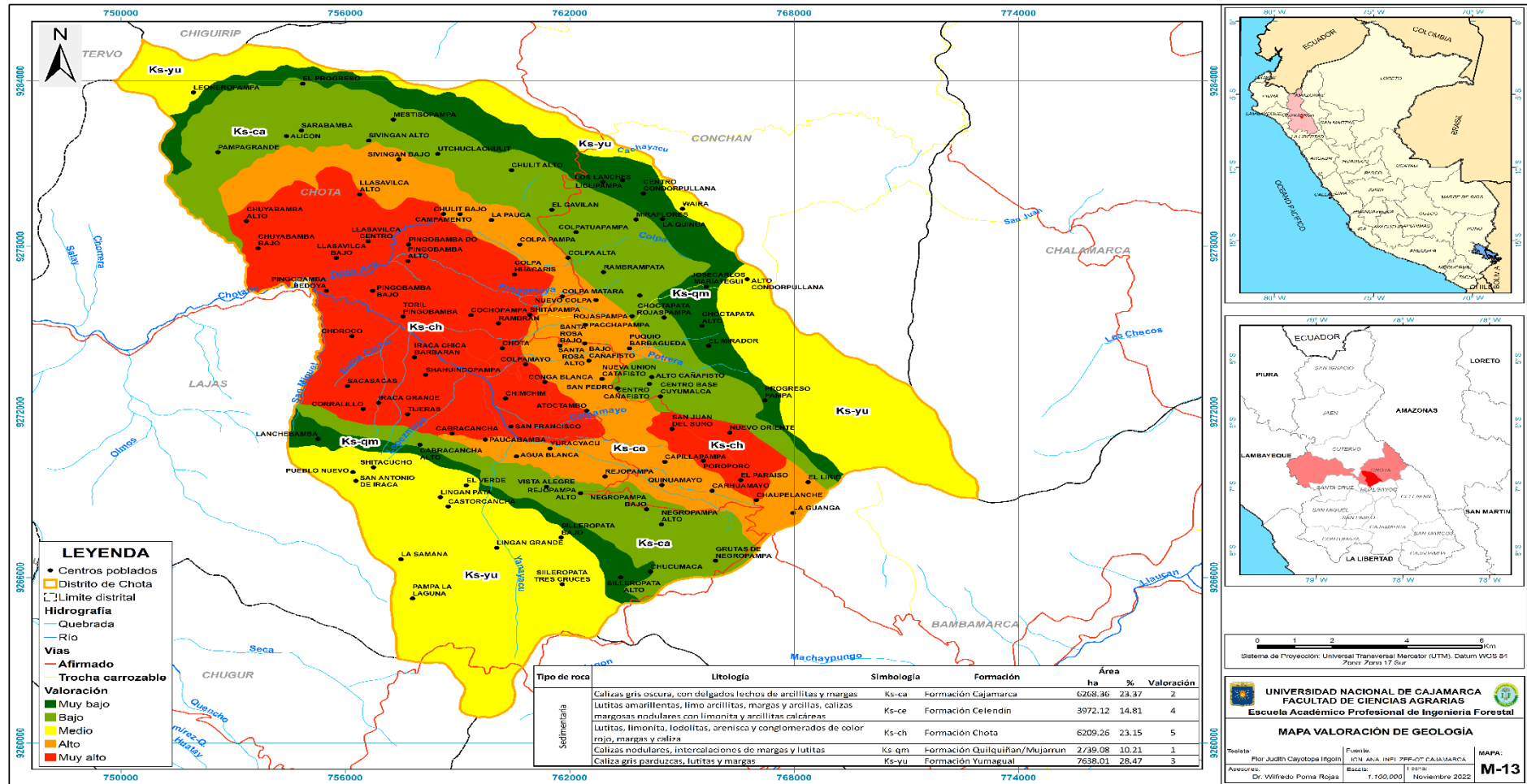


Figura 37

# Mapa valoración de geología



**Tabla 20***Centros poblados del distrito de Chota*

Número	Centro poblado	Coordenadas		Número	Centro poblado	Coordenadas	
		x	y			x	y
1	Agua Blanca	760576	9270387	54	Lingan Grande	760047	9267076
2	Alicon	754428	9282001	55	Lingan Pata	758544	9268909
3	Alto Cañafisto	764192	9273265	56	Llasavilca Alto	756384	9279884
4	Alto Condorpullana	766745	9276811	57	Llasavilca Bajo	755759	9277584
5	Atoctambo	762452	9272044	58	Llasavilca Centro	756611	9278189
6	Bajo Cañafisto	762511	9273857	59	Los Lanches	762887	9280331
7	Cabracancha	758857	9271218	60	Mestisopampa	757286	9282598
8	Cabracancha Alto	757997	9270809	61	Miraflores	763773	9278976
9	Campamento	758627	9279176	62	Negropampa Alto	764454	9267926
10	Capillapampa	764540	9270186	63	Negropampa Bajo	764053	9268473
11	Carhuamayo	765806	9269142	64	Nueva union Catafisto	762865	9273194
12	Castorcancha	758752	9268568	65	Nuevo Colpa	762698	9276053
13	Centro base Cuyumalca	764422	9272561	66	Nuevo Oriente	766276	9271249
14	Centro Cañafisto	764134	9273015	67	Pacchapampa	762416	9275156
15	Centro Condorpullana	763965	9279918	68	Pampa la Laguna	757799	9265237
16	Chaupelanche	766989	9268801	69	Pampagrande	752596	9281413
17	Chimchim	760284	9272488	70	Paucabamba	759742	9270995
18	Choctapata	763872	9276222	71	Pingobamba Alto	757676	9277470
19	Choctapata Alto	765536	9275120	72	Pingobamba Bajo	756731	9276392
20	Choctapata Rojaspampa	764521	9275422	73	Pingobamba Bedoya	755493	9276390
21	Choroco	756179	9274747	74	Pingobamba	757692	9278070
22	Chota	760199	9274309	75	Poroporo	765571	9270227
23	Chucumaca	764161	9266205	76	Progreso Pampa	767212	9272418
24	Chulit Alto	760442	9280760	77	Pueblo Nuevo	756207	9269820
25	Chulit Bajo	759071	9279168	78	Puquio Barbagueda	763596	9274302
26	Chuyabamba Alto	753360	9278917	79	Quinuamayo	764464	9269348
27	Chuyabamba Bajo	753670	9277930	80	Rambrampata	762902	9277068
28	Cochopampa	759359	9275507	81	Rambran	760098	9275214
29	Colpa Alta	761958	9277585	82	Rejopampa	762943	9269659
30	Colpa Huacarís	760523	9276983	83	Rejopampa Alto	762287	9269051
31	Colpa Matara	761800	9276188	84	Rojaspampa	763667	9275466
32	Colpa Pampa	760665	9278064	85	Sacasacas	756057	9272937

<b>33</b>	Colpamayo	760823	9273725	<b>86</b>	San Antonio de Iraca	756284	9269500
<b>34</b>	Colpatuapampa	762170	9278518	<b>87</b>	San Francisco	760431	9271477
<b>35</b>	Conga Blanca	761339	9273083	<b>88</b>	San Juan del Suro	764732	9271381
<b>36</b>	Corralillo	756485	9272105	<b>89</b>	San Pedro	763278	9272849
<b>37</b>	El Gavilan	761524	9279325	<b>90</b>	Santa Rosa Alto	762400	9274476
<b>38</b>	El Lirio	768374	9269453	<b>91</b>	Santa Rosa Bajo	761740	9274409
<b>39</b>	El Mirador	765710	9274397	<b>92</b>	Sarabamba	754825	9282202
<b>40</b>	El Paraiso	766572	9269524	<b>93</b>	Shahuindopampa	758147	9273344
<b>41</b>	El Progreso	754860	9283900	<b>94</b>	Shitacucho	756754	9269990
<b>42</b>	El Verde	759241	9269336	<b>95</b>	Shitapampa	760934	9275522
<b>43</b>	Grutas de Negropampa	765900	9266602	<b>96</b>	Siileropata tres Cruces	761800	9265751
<b>44</b>	Iraca chica Barbaran	757850	9273981	<b>97</b>	Silleropata Alto	763358	9266001
<b>45</b>	Iraca Grande	756892	9272332	<b>98</b>	Silleropata Bajo	761774	9267446
<b>46</b>	Josecarlos Mariategui	765648	9276546	<b>99</b>	Sivingan Alto	756625	9281839
<b>47</b>	La Guanga	767970	9268337	<b>100</b>	Sivingan Bajo	757433	9281157
<b>48</b>	La Pauca	759908	9278957	<b>101</b>	Tijeras	757669	9271914
<b>49</b>	La Quinoa	764478	9278989	<b>102</b>	Toril Pingobamba	757544	9275454
<b>50</b>	La Samana	757491	9266657	<b>103</b>	Utchuclachulit	758475	9281358
<b>51</b>	Lanchebamba	755272	9271020	<b>104</b>	Vista Alegre	761378	9269287
<b>52</b>	Leoneropampa	751941	9283581	<b>105</b>	Waira	765015	9279365
<b>53</b>	Liclipampa	763411	9280393	<b>106</b>	Yuracyacu	761479	9270676