

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA IDENTIFICAR ZONAS VULNERABLES
A MOVIMIENTOS DE MASA EN EL DISTRITO DE CHUGUR PROVINCIA DE
HUALGAYOC”**

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

ULISER DÍAZ QUISPE

ASESORES:

Dr. WILFREDO POMA ROJAS

Ing. DENNIS ALVARINO CIEZA TARRILLO

CAJAMARCA – PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Av. Atahualpa 1050



CONSTANCIA

La que suscribe el asesor de tesis denominada
**"MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA IDENTIFICAR ZONAS
VULNERABLES A MOVIMIENTOS DE MASA EN EL DISTRITO DE
CHUGUR PROVINCIA DE HUALGAYOC"**.

Hace constar:

Que el bachiller **Uliser Díaz Quispe**, identificado con DNI N° 47660156, tiene un índice permitido de similitud en su investigación denominada, con un total de 10 %, según el software especializado conocido como **URKUND**, dando conformidad a dicha entrega.

Se expide la constancia a la parte solicitante en señal de conformidad para los fines que él destine conveniente.

Cajamarca, 3 de marzo del 2021.

Dr. WILFREDO POMA ROJAS

Asesor



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 veinticinco días del mes de setiembre 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° 363-2023-FCA-UNC, de fecha 29 de agosto del 2023, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "MODELAMIENTO GEOESPACIAL PARA IDENTIFICAR ZONAS VULNERABLES A MOVIMIENTOS DE MASA EN EL DISTRITO DE CHUGUR, PROVINCIA DE HUALGAYOC", realizada por el Bachiller ULISER DÍAZ QUISPE para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las trece horas y treinta 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 dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

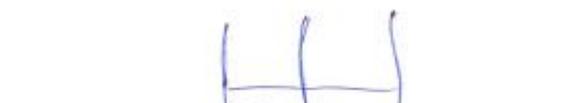
A las catorce horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.



Dr. Víctor Vásquez Arce
PRESIDENTE



Ing. José Lizandro Silva Mego
SECRETARIO



Ing. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copcacondori
VOCAL



Dr. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios que por brindarme salud y
vida para cumplir mis metas
propuestas.

A Mis queridos padres, Adriano y María Julia, a mis
cinco hermanos, por depositar su confianza en mi
persona.

A mis amigos y todas las personas que me han
motivado a seguir optando para continuar mis
estudios superiores y llegar a ser un futuro
profesional.

El Autor.

AGRADECIMIENTO

Expreso con gratitud mi sincero agradecimiento a:

Mis asesores Dr. Wilfredo Poma Rojas y al

Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo, quien

con su apoyo y orientación me

acompañaron en la culminación del

presente trabajo de investigación.

A mi alma mater, Universidad Nacional de
Cajamarca por brindarme los conocimientos
profesionales y pedagógicos en mi formación
profesional.

A mis amigos; Nelson, Gilmer L, Luis M,

y Rosario B, Marcos V, por el apoyo

desinteresado en el desarrollo de esta tesis.

Dios bendiga a cada uno de ustedes.

El Autor.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. Antecedentes de la investigación	17
2.2. Bases teóricas.....	20
2.2.1. Modelamiento geoespacial	20
2.2.2. Modelamiento geoespacial para análisis de vulnerabilidad	20
2.2.3. Modelo de datos.....	20
2.2.4. Análisis de la vulnerabilidad mediante tecnología SIG	21
2.2.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	21
2.2.6. ArcGIS.....	21
2.2.7. Vulnerabilidad.....	21
2.2.8. Movimiento de masa	22
2.2.9. Susceptibilidad a los movimientos en masa	23
2.2.10. Tipos de movimientos en masa.....	23
2.2.11. Escarpas	27

2.2.12. Derrumbes.....	27
2.2.13. Lomadas.....	28
2.2.14. Laderas.....	28
2.2.15. Erosión de laderas	28
2.2.16. Flujo.....	28
2.2.17. Flujos de detritos	28
2.2.18. Geomorfología	29
2.2.19. Parámetros geológicos.....	29
2.2.20. Cobertura vegetal	29
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Localización de la investigación.....	30
3.2. Accesibilidad	30
3.3. Materiales	32
3.3.1. Materiales de campo.....	32
3.3.2. Materiales de escritorio	32
3.3.3. Material cartográfico	32
3.3.4. Software.....	32
3.4. Metodología.....	33
3.4.1. Fase de gabinete	33
3.4.2. Fase campo	37

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	39
4.1. Resultados	39
4.1.1. Características de la cobertura vegetal	39
4.1.2. Características de la geomorfología	43
4.1.3. Características de la pendiente	46
4.1.4. Características de la geología	49
4.2. Características de la precipitación.....	54
4.3. Análisis de vulnerabilidad a los Movimientos en Masa.....	58
4.3.1. Susceptibilidad baja.....	58
4.3.2. Susceptibilidad media.....	59
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1. Conclusiones.....	66
5.2. Recomendaciones	67
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS.....	73
Anexo 1. Panel Fotográfico.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de movimientos en masa (MM).....	26
Tabla 2. Cálculos del promedio de unidades de precipitación de las estaciones generadas año: 1981-2016.....	56
Tabla 3. Intervalos de valoración utilizados	59
Tabla 4. Intervalos y vulnerabilidad.....	61
Tabla 5. Precipitación media anual según data PISCO SENAMHI 2016.....	62
Tabla 6. Continuación de la tabla precipitación media anual según data PISCO SENAMHI 2016	62
Tabla 7. Cálculo del peso o susceptibilidad de los valores de pendientes a los movimientos en masa	63
Tabla 8. Cálculos y valoración del peso o susceptibilidad de las unidades de cobertura vegetal a los movimientos en masa	64
Tabla 9. Cálculo y valoración del peso o susceptibilidad de las unidades geomorfológicas a los movimientos en masa.....	65
Tabla 10. Cálculo y valoración del peso o susceptibilidad de las unidades litológicas a los movimientos en masa.....	65
Tabla 11. Coordenadas UTM tomadas en los puntos donde se realizó las fotografías de comprobación y evidencia en campo	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cruden y Varnes 1996. Esquema de expansiones laterales	27
Figura 2. Ubicación del distrito de Chugur	31
Figura 3. Mapa de criterio de cobertura vegetal	42
Figura 4. Mapa de criterio de la geomorfología	45
Figura 5. Mapa de criterio pendiente	48
Figura 6. Mapa de criterio de geología	53
Figura 7. Línea de tendencia de la precipitación 1986-2016 (altitud vs precipitación).....	54
Figura 8. Mapa de estaciones meteorológicas	55
Figura 9. Mapa de precipitación	57
Figura 10. Mapa de vulnerabilidad a movimientos de masa del distrito de Chugur	60
Figura 11. Porcentaje de área propensa a movimientos de masa del territorio en estudio	61
Figura 12. Vista de la Parte Baja Del deslizamiento observado en la comunidad de Coyunde Palma coordenadas E: 754838 N: 9259763 zona 17 Elevación:3341 msnm.....	73
Figura 13. Deslizamiento observado en el caserío de Tambillo Alto distrito de Chugur coordenadas E:753593 N:9262608 elevación:3111msnm	73
Figura 14. Deslizamiento observado en el caserío de Tambillo Bajo distrito de Chugur coordenadas E:753406 N: 9263004 elevación:3014msnm	74
Figura 15. Tuberías de agua restauradas después de ser dañadas por el desprendimiento Coordenadas E: 754838 N: 9259763 Elevación:3341 msnm	74
Figura 16. Deslizamiento ubicado en la comunidad de Coyunde Palma Coordenadas E: 754838 N: 9259763 Elevación:3341 msnm.....	75

Figura 17. Deslizamiento encontrado en Perlamayo Tres Lagunas, coordenada E: 754838 N: 9259763 Elevación:3341 msnm.....	75
Figura 18. Deslizamiento encontrado en el caserío de Perlamayo Capilla coordenadas E: 753608 N: 9264601 Elevación:3229 msnm.....	76
Figura 19. Desprendimiento de una gran masa de suelo observado en coordenadas E: 750242 N: 9260898 elevación:2958 msnm. El caserío de Ramirez	76
Figura 20. Deslizamiento observado en el caserío Tambillo Alto coordenadas E: 750242 N:9262049: elevación:3332 msnm	77
Figura 21. Vista panorámica de un deslizamiento observado en el caserío de Perlamayo Tres Lagunas coordenadas E: 754281 N: 92598101elevación:3381 msnm	77
Figura 22. Vista panorámica del deslizamiento en Ramírez coordenadas E: 750242 N: 9260898 elevación:2958 msnm.....	78
Figura 23. Desprendimiento de la masa del suelo observado en el caserío de Ramirez coordenadas E: 750242 N: 9260898 elevación:2958 msnm.....	78
Figura 24. Desprendimiento de grandes bloques de suelo observado en el caserío Sinchau coordenadas E: 758716 N: 9256423 elevación:3833 msnm	79
Figura 25. Hundimiento del suelo observado en la comunidad de Sinchau coordenadas E: 758342 N: 9256376 elevación:3838 msnm	79
Figura 26. Vista panorámica de un desprendimiento del suelo donde se realizó plantaciones de pinos en la comunidad de Pampa Grande	80
Figura 27. Rajadura del suelo comunidad de Ramírez coordenadas E: 750242 N: 9260898 elevación:2958 msnm.....	80

Figura 28. Pasos seguidos para la elaboración del mapa de vulnerabilidad a movimientos de masa del distrito de Chugur	81
Figura 29. Vista panorámica del distrito de Chugur	81
Figura 30. Mapa de hidrografía del distrito de Chugur.....	83
Figura 31. Mapa de vías de comunicación del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc	84
Figura 32. Mapa de cobertura vegetal del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc	85
Figura 33. Mapa de Pendientes del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc	86
Figura 34. Mapa de Geomorfología del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc	87
Figura 35. Mapa de Geología del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc	88
Figura 36. Mapa de precipitación del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc	89
Figura 37. Mapa de puntos de fotografías tomadas del distrito Chugur provincia de Hualgayoc	90

RESUMEN

El estudio se realizó en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca, cubre una extensión de 10543.85 ha. Geográficamente, se encuentra comprendida en un cuadrante delimitado por las coordenadas UTM 752641.82 y 750398.36 Este y 9259903.36 y 9 266753.6 Norte, según el Datum WGS- 84 Zona 17 S, este estudio tiene como objetivo identificar las zonas vulnerables a movimiento de masa en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, mediante el modelamiento geoespacial que fue de mucha utilidad en el procesamiento de toda la información y se realizó usando ArcMap 10.5. Trabajando diferentes variables como precipitación, pendiente, cobertura vegetal, geología, y geomorfología para luego crear un modelo final en el cual los resultados muestran vulnerabilidad física a movimientos en masa distribuidos en el territorio de la siguiente forma; el 51.77% con un área de 5474.83 ha, de la zona estudiada, presenta susceptibilidad alta a los movimientos en masa incluyendo a las comunidades de Nuevo Perú, La Colpa, Tingo, Paraíso, La Palma, Coyunde Palma, Coyunde Grande, Perlamayo Tambillo Bajo, Perlamayo Tambillo Alto, Perlamayo Capilla, Perlamayo Tres Lagunas Sinchau. y el 48.23 % con un área de 5101.23 ha, arrojó como resultado una susceptibilidad media a movimientos de masa incluyendo a las comunidades de Pampa Grande, Perlamayo Tres Lagunas, Perlamayo Tambillo Bajo, La Colpa, Coyunde Palma, Nuevo Perú, Coyunde Grande, La Colpa, parte del distrito de Chugur y Ramirez. Luego, para la verificación en campo se realizó tres visitas al distrito tomando fotografías y reconociendo el área estudiada. Finalmente se recomienda utilizar la presente información para realizar algunas alternativas de protección o planes de gestión de riesgo, entre otros en el distrito estudiado.

Palabras clave: Movimiento de masa, vulnerabilidad, modelamiento.

ABSTRACT

The study was carried out in the district of Chugur, province of Hualgayoc, department of Cajamarca, covering an area of 10543.85 ha. Geographically, it is located in a quadrant delimited by the UTM coordinates 752641.82 and 750398.36 East and 9259903.36 and 9 266753.6 North, according to Datum WGS- 84 Zone 17 S, this study aims to identify the areas vulnerable to mass movement in the district of Chugur, province of Hualgayoc, department of Cajamarca, through geospatial modeling that was very useful in the processing of all the information and was carried out using ArcMap 10.5. Working on different variables such as precipitation, slope, vegetation cover, geology, and geomorphology to then create a final model in which the results show physical vulnerability to mass movements distributed in the territory in the following way; 51.77%, with an area of 5474.83 ha, of the studied area, presents high susceptibility to mass movements, including the communities of Nuevo Perú, La Colpa, Tingo, Paraíso, La Palma, Coyunde Palma, Coyunde Grande, Perlamayo Tambillo Bajo , Perlamayo Tambillo Alto, Perlamayo Chapel, Perlamayo Tres Lagunas Sinchau. and 48.23% with an area of 5101.23 ha, resulted in a medium susceptibility to mass movements including the communities of Pampa Grande, Perlamayo Tres Lagunas, Perlamayo Tambillo Bajo, La Colpa, Coyunde Palma, Nuevo Perú, Coyunde Grande, La Colpa, part of the district of Chugur and Ramirez. Then, for field verification, three visits to the district were made, taking photographs and recognizing the studied area. Finally, it is recommended to use this information to carry out some protection alternatives or risk management plans, among others in the studied district.

Keywords: Mass movement, vulnerability, modeling.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El departamento de Cajamarca, según estudios está considerado vulnerable a movimientos de masa. Por ello, en el presente trabajo de investigación se está considerando el desarrollo de nuevas tecnologías como: la plataforma en Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección, a fin de determinar y desarrollar una metodología que permita determinar e identificar las zonas vulnerables a través del modelamiento geoespacial; las mismas que tienen facultad de pronosticar y planear las acciones a tomar en cuenta sobre situaciones de riesgo principalmente a movimientos de masa en el distrito de Chugur, Provincia de Hualgayoc.

Los fenómenos naturales constituyen parte de las complicaciones del medio ambiente las cuales atraen la atención pública, perturban los ecosistemas e intensifican su degradación, reflejan el daño ocasionado por los seres humanos a su medio ambiente y a veces perjudican a muchos grupos humanos. Los efectos de los desastres naturales pueden ser reducidos mediante modelamiento geoespacial para identificar zonas vulnerables a fin de prevenir y reducir la vulnerabilidad. (Castro, 2014)

Mariño (2018), menciona que los desastres naturales ocasionan una alta demanda de capital para reemplazar lo que ha sido destruido o dañado. Los riesgos pueden ser ubicados rápidamente y se dispone de medidas de mitigación, y los beneficios al reducir la vulnerabilidad son altos en comparación a los costos. Por lo antes mencionado, se realizó el presente trabajo de investigación para generar el modelo de vulnerabilidad para movimientos de masa y peligros múltiples en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, para conocer la ubicación en campo de los movimientos y los riesgos que puede causar en la fauna y flora silvestre, también para las principales actividades económicas como agricultura y ganadería.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general identificar las zonas vulnerables a movimientos de masa en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca, mediante el modelamiento geoespacial.

Para tal fin los objetivos específicos fueron: 1. Generar una base de datos geoespacial de precipitación, pendiente, geología, geomorfología y cobertura vegetal para determinar las zonas vulnerables a movimientos de masa en el distrito de Chugur provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca; 2. Generar el modelo geoespacial para determinar las zonas vulnerables a movimientos de masa en el distrito de Chugur provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

De acuerdo con Villegas (2014) en su estudio llamado "Indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgos: programa para América Latina y el Caribe" en el cual se precisaron cuatro indicadores que miden el impacto potencial de peligros naturales, la vulnerabilidad de esos países, y su potencial para manejar los riesgos. La ejecución de este sistema de indicadores se realizó en datos de Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Jamaica, México, Perú, y Trinidad y Tobago, que cubren dos décadas. Estos indicadores ayudan a dirigir políticas y varios programas financieros, económicos, ambientales y sociales que engloban el ámbito nacional, regional y municipal. Estos indicadores fueron diseñados para generar conciencia y conocimiento en la región, sobre la importancia de la gestión del riesgo de desastres para el desarrollo.

Como plantean Acuña et al. (2006), realizaron el estudio Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua refieren que los factores más determinantes en las áreas potencialmente vulnerables son: 1) conflicto de uso de la tierra, 2) geología impermeable, 3) pendientes del terreno mayores del 15% y, 4) sitios con alta densidad de fracturas. Los lugares de mayor probabilidad de peligro a deslizamientos son; la Pitilla, los Charcones y el Raizado; lugares ubicados en suelos marginales de laderas vecinas a caseríos distantes al municipio. El estudio pide cambiar las prácticas agrícolas de acuerdo a la vocación de los suelos, e introducir prácticas de conservación de suelos, para acortar las probabilidades de ocurrencia de estos fenómenos como los deslizamientos.

De acuerdo con Peña (2019), en su Investigación sobre la determinación de escenarios de riesgo en el balneario de Pucusana, con la aplicación de un SIG, identificó las áreas de riesgo en el balneario ante la ocurrencia de un sismo y tsunamis de grandes magnitudes, teniendo como resultado un mapa de riesgo de desastres, asimismo en este estudio se planteó posibles soluciones ante la vulnerabilidad en la zona, a través de la gestión de riesgo. El mismo estudio, permitió evaluar zonas vulnerables ante la ocurrencia de inundaciones en la cuenca baja del río Chillón. Para comprobar la vulnerabilidad se identificará la exposición, fragilidad y resiliencia en los lugares en estudio; la determinación del riesgo, será producto del peligro y la vulnerabilidad en la zona, estos parámetros serán modelados en mapas temáticos, con características propias cada uno. La determinación de la vulnerabilidad proveerá una mejor perspectiva en un ámbito espacial, siendo más confiable la evaluación de riesgo, así mismo se mostrará la importancia de un Sistema de Información Geográfica en la toma de decisiones ante la gestión de riesgos.

A juicio de Flores (2016), en su investigación realizada en el distrito Leimebamba, provincia Chachapoyas para determinar el grado de vulnerabilidad en el aspecto físico y socioeconómico a través del análisis y modelamiento geoespacial en programa SIG. Se diseñó y construyó la base de datos geoespacial del distrito; luego, las unidades de cada factor fueron valoradas en función de su grado de vulnerabilidad para ser introducidas en submodelos. Así mismo, se aplicaron factores ponderativos considerando la incidencia de cada variable en el ámbito correspondiente. Los resultados de la misma investigación muestran patrones de vulnerabilidad física-socioeconómica media en 26.40% del área estudiada incluyendo los centros poblados de la zona norte como el centro poblado (CP) Leimebamba, Dos de Mayo y Palmira; otros CP de menor tamaño como Ishpingo y Miraflores tienen alta vulnerabilidad siendo parte del 5.53% del total del área; mientras que la zona centro sur distrital presenta un valor muy alto de vulnerabilidad con

únicamente 0.14%. Si bien el 62.24% del distrito se identificó de baja vulnerabilidad, ello se debe en gran medida a la distribución heterogénea de los asentamientos antrópicos.

En la opinión de Toro (2014), en su tesis Resultados de la evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera Las Pirias - Cruce Lambayeque, San Ignacio. Con el objetivo de evaluar los taludes inestables. La investigación se desarrolló de una forma visual, con pruebas de laboratorio y registró taludes inestables. El procedimiento empleado consistió en la recolección, ordenación, análisis y selección de la información existente. Después de haber realizado el marco teórico y la premisa de que la inestabilidad de los mencionados taludes depende del ángulo de inclinación y altura, también del material que están formados se continuó con a la inspección y evaluación de los taludes con características inestables (desprendimiento de bloques, vuelco de bloques y deslizamiento de suelos).

Desde el punto de vista de Blanco (2013), en su estudio, luego de definir los parámetros se buscó cuantificar (pesos) la importancia de cada uno en el potencial de generación de movimientos en masa, mediante las diferentes metodologías de cálculo usando técnicas estadísticas o heurísticas. Los métodos utilizados deben presentar una manera de medir el grado de confiabilidad de los resultados. Los cotejos entre los diversos métodos existentes llevan a la conclusión que los adecuados a utilizar son: El Proceso analítico Jerárquico (AHP) y El Análisis Discriminante (AD). Los resultados obtenidos por cada método se comparan utilizando el índice de densidad relativa (IDR), el cual calcula el nivel de correlación entre el mapa de inventario de movimientos en masa y un mapa de susceptibilidad y. el mapa resultado del método AHP refleja ligeramente un mejor comportamiento en comparación al método AD. La detección de las unidades litológicas y las unidades geomorfológicas presentes en el área es realizada a través de trabajos de campo, complementando a través de la interpretación de las fotografías aéreas. Se empleó también una

imagen satelital del tipo Landsat a través de la cual se ha determinado los niveles de cobertura vegetal existente. El mapa de inventario de movimientos en masa se obtiene mediante un registro cartográfico de los eventos para cada subcuenca, en la subcuenca del río Shullcas se han cartografiado 78 movimientos de masa con una superficie total de 0.92 km², en la subcuenca del río Achamayo 154 eventos con área total de 0.46 km² y en la subcuenca del río Cunas evidencian 97 eventos ocupando un área de 0.67 km².

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Modelamiento geoespacial

Es la elaboración de los parámetros cuyo valor y ubicación determina la distribución de las áreas vulnerables durante el fenómeno natural mediante un mapa geoespacial, así mismo es la herramienta más adecuada para la modelización y cartografía de peligro, vulnerabilidad y riesgos de los fenómenos naturales. (Peña, 2017)

2.2.2. Modelamiento geoespacial para análisis de vulnerabilidad

Es el conocimiento de la realidad que implica conocer las múltiples y variadas interrelaciones existentes entre los innumerables factores que la componen, razón por la cual para realizar distintos análisis es necesario remitirnos al empleo de modelo. (Flores, 2016)

2.2.3. Modelo de datos

La necesidad de reconocer en la colección de datos sus relaciones para lograr estructurarlos y organizarlos de manera tal que expresen la realidad, así conceptualiza una base de datos como una serie de datos relacionados que forman una estructura lógica que contiene, además de los datos, la forma en que se relacionan. (Flores, 2016)

2.2.4. Análisis de la vulnerabilidad mediante tecnología SIG

La evaluación de la vulnerabilidad mediante los SIG ayuda a contar con una visión de conjunto y multivariada de la vulnerabilidad, formar relaciones espaciales y vincular varios tipos de información, contar con una información digital de consulta directa, realizar actualizaciones que respondan al mecanismo del problema. (Rivas, 2017)

2.2.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Conjunto de hardware y software integrados que permiten introducir, almacenar, manipular y presentar datos geográficos para una enorme gama de aplicaciones. (Flores, 2016)

2.2.6. ArcGIS

Sistema que permite recopilar, organizar, analizar, compartir y distribuir información geográfica (SIG), este sistema posee una interfaz gráfica que facilita cargar los datos geoespaciales siendo representados en mapas temáticos, gráficos y tablas de atributos. Se compone de tres aplicaciones ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox. (Peña, 2017)

2.2.7. Vulnerabilidad

Son aquellas condiciones que predisponen a los medios de vida y la sociedad a sufrir perjuicios y pérdidas. Los desastres tienen dos tipos de factores los cuales son: los eventos físicos dañinos y la vulnerabilidad, esta vulnerabilidad se potencia cuando la población está localizada en zonas que pueden sufrir eventos físicos dañinos. (Mariño, 2018)

Ferrer & García (2005), mencionan que la vulnerabilidad es la probabilidad de ocurrencia de un peligro, poniendo de manifiesto así el factor “respuesta” y por ende la capacidad de recuperación frente a la amenaza.

2.2.8. Movimiento de masa

Los movimientos en masa son procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca, o ambas, en varias proporciones, causadas por una serie de factores. Corresponden a procesos gravitacionales, en los que una porción del terreno se desplaza hasta una cota o nivel inferior a la original. Pueden ocurrir a mayor velocidad debido a rupturas o fallas, cuando se elevan más de normal la resistencia al corte del material, o a una velocidad menor, como pequeñas deformaciones superficiales (reptación, Solifluxión), relacionadas a mecanismos climáticos como insolación, congelación y deshielo. (Elmes, 2006)

Es un movimiento a favor de la pendiente de una masa de suelo o roca mencionado desplazamiento ocurre mayormente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde sucede una gran deformación cortante. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura (Guevara, 2019). Se refiere a todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras generados por efectos de la gravedad y otros agentes. Estos eventos geológicos constituyen una de las causas más frecuentes de pérdidas humanas y económicas alrededor del mundo por lo que la evaluación de la amenaza por movimientos en masa y la capacidad de predecir dichos movimientos ha sido un tema de gran interés para la comunidad científica. (Carrillo, 2015)

Son procesos geológicos que involucran desplazamiento o remoción de masa rocosa producto de la fracturación y/o meteorización de los depósitos no cimentados por efectos de gravedad (Sosa, 2016). Son fenómenos geodinámicos componentes del geo-sistema natural, que en varias regiones ayudan significativamente en la evolución del relieve y del paisaje son por tanto procesos geomorfológicos que suceden en lugares caracterizados por condiciones medioambientales específicas son muy importantes en el ciclo de erosión-sedimentación tanto en

zonas de montaña (cordilleras, montañas y cerros) como en los medios litoral y marino (deltas y talud continental). (Ferrer & García 2005)

2.2.9. Susceptibilidad a los movimientos en masa

Es la propensión de una zona a ser dañada por movimientos en masa por desestabilización o alcance, determinada a través de un análisis relativo de factores condicionantes y/o desencadenantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas. Análisis que se plasma normalmente en forma de mapa de susceptibilidad y suele superponer que el comportamiento futuro de la ladera seguirá similares pautas que hasta el presente. (Guevara, 2019)

2.2.10. Tipos de movimientos en masa

2.2.10.1. Caída

Movimiento en masa donde uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. (Carrillo, 2015)

Son masas desprendidas de pendientes muy fuertes o escarpes, que se mueven en caída libre, dando tumbos (saltos) o ruedan ladera abajo (Tarazona, 2018). Una caída empieza con el desprendimiento de suelo o roca en una ladera muy inclinada. El material baja o cae principalmente a través del aire por caída, rebotando o rodando. Ocurre en forma rápida sin dar tiempo a esquivarlo. (Villalta & Gonzales, 2011)

2.2.10.2. Volcamiento

Se llama volcamiento al giro hacia delante de una masa de suelo o roca respecto a un punto o eje debajo del centro de gravedad del material movilizado, por acción de la gravedad o presiones ejercidas por el agua. (Villalta & González, 2011)

Tipo de movimiento en masa donde hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o muchos bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o eje de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas. (Carrillo, 2015)

2.2.10.3. Deslizamiento

Es un movimiento a favor de la pendiente de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento se da predominantemente a través de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde sucede una gran imperfección cortante. Existen deslizamientos traslacionales y rotacionales. (Tarazona, 2018)

El deslizamiento es un fenómeno natural donde se produce un movimiento lento o repentino de una ladera cargada de varios materiales naturales o artificiales. Los deslizamientos se generan principalmente en las épocas de lluvia o después de alguna actividad sísmica. Ay dos tipos de deslizamientos o derrumbes lentos y rápidos. Los lentos casi no se perciben pues sólo se identifican por una serie de características en el terreno y producen algunos centímetros de material al año. (Chunga, 2017)

2.2.10.4. Flujo

Un flujo se forma en el momento en que la tierra y la vegetación son desgastadas o debilitadas cuantiosamente por el agua, alcanzando bastante fuerza cuando la intensidad de las lluvias y su duración es duradera (Villalta & González, 2011). Es un tipo de movimiento en masa el cual en su desplazamiento presenta un comportamiento semejante al de un fluido; suele ser saturado seco o rápido o lento, En varios casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída. (Carrillo, 2015)

2.2.10.5. Reptación

Son aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se observa una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se relaciona a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. En este movimiento se incluyen la solifluxión y la gelifluxión. Este último término está reservado para ambientes periglaciales. La reptación y la solifluxión son relevantes en la contribución a la formación de finas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de pronunciadas pendientes. (Tarazona, 2018)

Deformación que sufre la masa de suelo o roca a causa de movimientos muy lentos por acción de la gravedad. Se suele manifestar por la inclinación de los árboles y postes, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas. (Villalta & González 2011)

2.2.10.6. Propagación lateral

Según Ospina (2018), este desplazamiento ocurre mayormente por deformación interna (expansión) del suelo. Se distinguen dos tipos de propagación, uno en el que el movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas, y otro que ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción o a materiales en flujo plástico. Se llama propagación o expansión lateral al movimiento en masa el cual presenta un desplazamiento predominantemente por deformación interna (expansión) del material. (Tarazona, 2018)

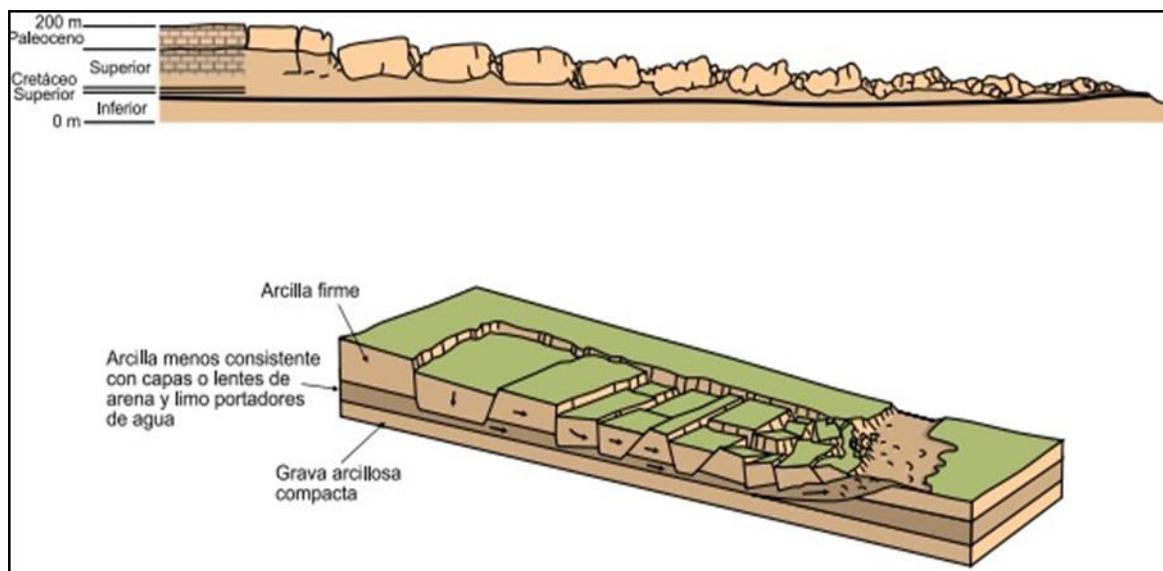
Tabla 1*Tipos de movimientos en masa (MM)*

TIPO	SUBTIPO
Caídas	Caída de rocas, detritos o suelos
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexura de roca
Deslizamiento	Deslizamiento traslacional
	Deslizamiento rotacional
	Deslizamiento en cuña
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación
Flujo	Flujo de detritos
	Flujo de lodos
	Flujo de tierra
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo
	Deslizamiento por licuación
	Reptación
	Soliflucción
	Geliflucción

Nota: Cruden & Varnes (1996)

Figura 1

Cruden y Varnes 1996. Esquema de expansiones laterales



2.2.11. Escarpas

Estas geoformas presentan pendientes con inclinaciones que son mayores a 50° , por lo que la escorrentía superficial discurre rápidamente. (Guevara, 2019)

2.2.12. Derrumbes

Fenómeno que consiste en el brusco desplome parcial de un talud o escarpa. Se muestra como un repentino desprendimiento de una porción significativa de material de cobertura del manto rocoso, también denominado depósito residual, al perder su cohesión interna ya sea por saturación (presencia de agua) o efecto de un movimiento sísmico u otro fenómeno externo incluida la acción humana. (Cabrejos, 2017)

Es la Disgregación generalmente de roca, que forma en la base un depósito caótico de material grueso, es producido por el socavamiento de la base de riveras fluviales, áreas costeras, acantilados rocosos, en laderas de moderada a fuerte pendiente, por acción de lluvias, movimientos sísmicos y antrópica “cortes de carreteras o áreas agrícolas”. (Sosa, 2016)

2.2.13. Lomadas

Son inclinaciones entre 8° a 20°, siendo pendientes suaves. En la zona corresponden a materiales rocosos erosionados y a depósitos eluviales y coluviales. (Guevara, 2019)

2.2.14. Laderas

Estas geoformas presentan pendientes con inclinaciones que van en el rango de 20°-50°, por lo que la escorrentía superficial discurre rápidamente, que a su vez erosionan el terreno de la ladera del cerro, (Guevara, 2019)

2.2.15. Erosión de laderas

Desprendimiento y arrastre (lavado) del suelo de un lugar a otro ocasionado por la lluvia, el viento, o por, malas prácticas que ejecuta el hombre en su chacra. Por ello disminuye poco o poco la profundidad del suelo y hace que baje su fertilidad. Esta pérdida del suelo suele ser para siempre (MINAGRI, 2014). Se llama erosión de laderas a estos procesos que ocasionan el desgaste y traslado de los materiales de superficie (suelo o roca), por el permanente ataque de agentes erosivos, estos son agua de lluvias, escurrimiento superficial y vientos, los cuáles tiende a degradar la superficie del terreno. (Castro, 2014)

2.2.16. Flujo

Es el desplazamiento de material litológico de textura fina y gruesa que se desliza a lo largo de una superficie, presenta un comportamiento semejante a un fluido, puede ser rápido o lento, saturado o seco. (Sosa, 2016)

2.2.17. Flujos de detritos

Conocido también como huaicos, son generalmente corrientes que se caracterizan por ser flujos muy rápidos de agua turbia, que arrastra a su paso materiales de diferentes características los cuales provienen de la meteorización de las rocas, estos pueden ser suelos finos hasta enormes

bloques de roca, maleza y árboles, que pierden su estabilidad estructural por efecto del agua. (Sosa, 2016)

2.2.18. Geomorfología

Estudia las formas de la superficie terrestre, los procesos que causan su evolución, los cambios, su origen y sus características morfológicas. Para poder entender el comportamiento del terreno es obligatorio hacer uso de la información sobre los diferentes parámetros que intervienen en el cambio de las geformas (como los parámetros intrínsecos y detonantes), para determinar la actividad y frecuencia de los eventos, así como la naturaleza de los peligros. (Blanco, 2013).

2.2.19. Parámetros geológicos

La Geología generalmente, define las características o propiedades del suelo o roca y forma la presencia de materiales duros o de baja resistencia y las discontinuidades y suele a veces facilitar la ocurrencia de movimientos a lo largo de ciertos planos de debilidad. (Toro, 2014)

2.2.20. Cobertura vegetal

Indica la cantidad o porcentaje comprendido por la vegetación existente que crece y vive en un zona o área determinada, cuya unidad de trabajo es el tamaño de un pixel (10 m x 10 m) (Blanco, 2013). Este término hace referencia al tipo de cubiertas vegetales, cuerpos de aguas, materiales terrestres y las infraestructuras humanas que están presentes sobre la superficie terrestre. (Tarrillo, 2019)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización de la investigación

El estudio se realizó en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, cubre una extensión de 10543.85 ha. Geográficamente el área de acción de la investigación, se encuentra comprendida en un cuadrante delimitado por las coordenadas UTM :752643 y 750398. m Este y 9 259903.36 y 9 266753.63 m Norte; los límites altitudinales oscilan entre 2080 msnm en el río Perlamayo y 4000 msnm en el centro poblado de Pampa Grande.

3.2. Accesibilidad

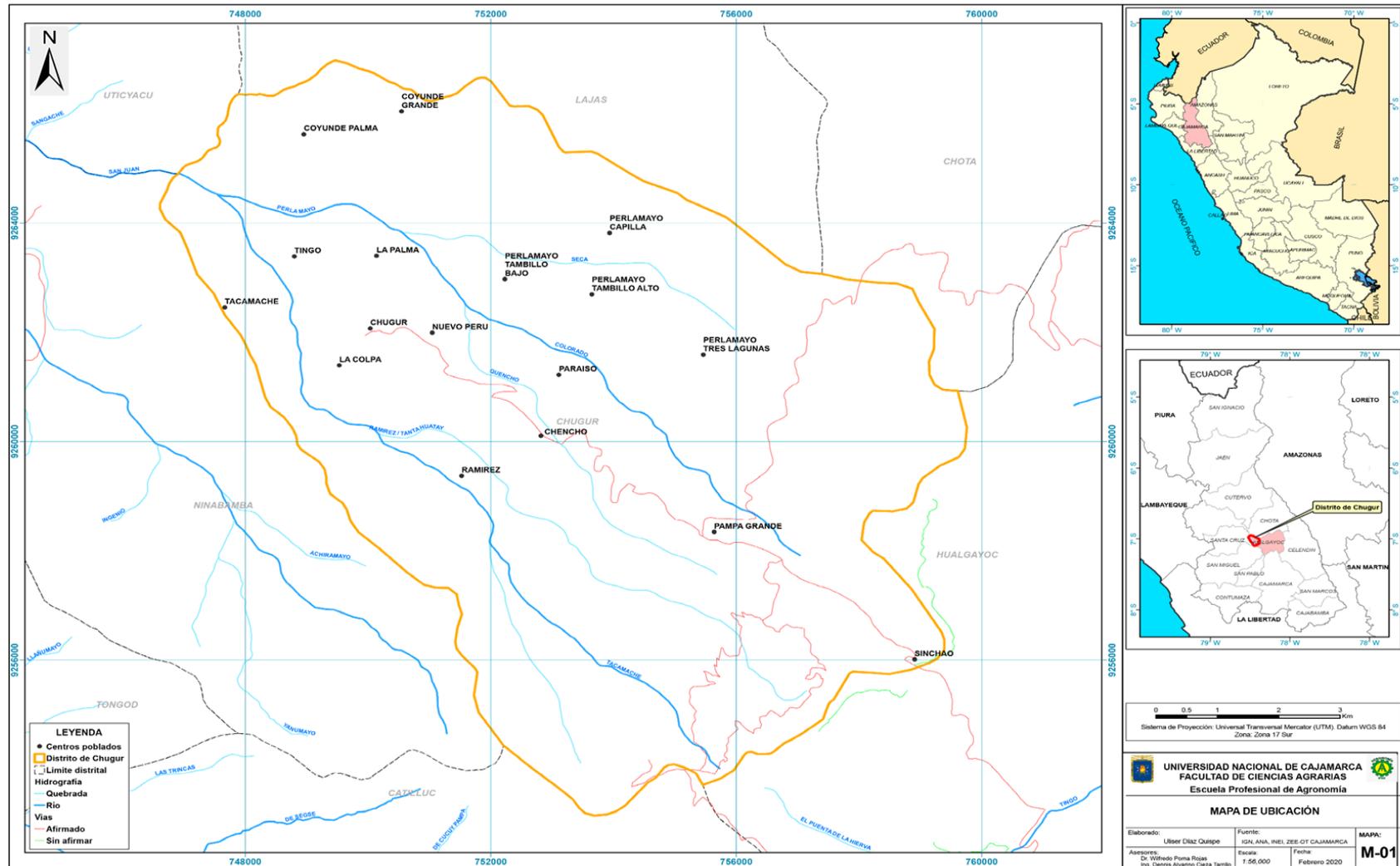
Al distrito en estudio se puede acceder por la carretera asfaltada principal 3N que va desde Cajamarca Hualgayoc en la minera Gold fields se debe seguir el desvío hacia la izquierda por una trocha carrozable la cual tiene su señalización donde figura el nombre del distrito la cual nos llevara a la zona en estudio.

Rutas y accesos al área estudiada

RUTA	TIPO DE VIA	Distancia (Km)	Tiempo estimado
Cajamarca -Chugur	Asfaltada y sin asfaltar	141	2 horas 35 minutos
Cajamarca -Chota - Chugur	Asfaltada y sin asfaltar	175	4 horas 20 min

Figura 2

Ubicación del distrito de Chugur



3.3. Materiales

3.3.1. Materiales de campo

- Cámara
- Cartas
- GPS
- Mapas
- Rotuladores

3.3.2. Materiales de escritorio

- Escáner
- Laptop
- Impresora
- USB

3.3.3. Material cartográfico

- Base de datos de la Zonificación Ecológica y Económica (ZZE) del Gobierno Regional de Cajamarca (GORE)
- Cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Autoridad Nacional del Agua (ANA)
- Producto Grillado pisco Senamhi

3.3.4. Software

- ArcGIS 10.5
- Microsoft Windows 10
- Microsoft office 2016

3.4. Metodología

3.4.1. Fase de gabinete

En esta etapa se realizó la busca, descarga y procesamiento de toda la información a utilizar de las diferentes geoportales como MINEDU, ZEE-OT CAJAMARCA, ANA, IGN, SENAMHI, entre otros. Lo cual se especifica a continuación:

3.4.1.1. Generación del mapa de ubicación

Para la elaboración del mapa y una adecuada ubicación se utilizó los siguientes mapas: de límite distrital departamental y nacional. Primero se abrió el ArcMap 10.5 se dirigió al catálogo y se buscó el shapefile del mapa de límite distrital del Perú; luego, se dirigió a propiedades para escribir en categorías el nombre del distrito, posteriormente a la pestaña selección, una vez realizado la selección del distrito se seleccionó simbologías y se dio un color, también se coloreo la provincia y el departamento, luego se seleccionó la escala colocando su etiqueta y finalmente se obtuvo la creación del Data Frame para cada ubicación (distrital, nacional y departamental).

3.4.1.2. Generación del mapa de estaciones y descarga de la precipitación del distrito

Para la creación de las estaciones se seleccionó el distrito después se creó el shapefile de puntos de las estaciones además se le agregó su tabla de atributos. La información hidrológica se obtuvo de la descarga de la data del grillado PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations) lanzado por el SENAMHI en el año 2016 descargándose de estaciones virtuales las cuales se distribuyeron como indica el mapa número 8 de resultados en el área de estudio abarcando también áreas de alrededor del distrito para tener una data más confiable y luego se procedió con la descarga de los datos de las estaciones con la ayuda de la plataforma R Studio y luego también se promedió la precipitación anual de las mismas.

3.4.1.3. Generación del mapa geomorfológico

Para ello se utilizó el shapefile obtenido a partir de un Modelo de elevación digital (DEM) para el ámbito de la región Cajamarca además del shapefile de mapa de límites distritales procedente de la base de datos (Mapoteca) del Gobierno regional de Cajamarca, dichos datos fueron ruteados al software ArcGIS a través del menú de opciones de ArcCatalogo (add data) del cual se abrió los mencionados archivos en ArcMap 10.5, luego se deslizó la tabla de atributos del shapefile (Limite distrital) se selecciona nombre de distrito y se buscó Chugur para hacer una selección vía atributos, para separar el área únicamente del distrito en estudio se utilizó la herramienta geoprocessing/clip, una vez obtenida el área de estudio a través de superposición y recorte de capas se obtuvo el mapa de geomorfología.

3.4.1.4. Generación del mapa de cobertura vegetal

En la generación de este mapa se usó el shapefile de cobertura vegetal año 2013 obtenido de la mapoteca del Gobierno Regional de Cajamarca, además del shapefile de límites distritales luego se abrió los mencionados archivos en ArcMap 10.5, luego se dirigió a la tabla de atributos del shapefile de límites distritales, se selecciona nombre del distrito y se buscó Chugur, una vez seleccionado exportamos datos a través de un recorte, luego se Superpuso al shapefile de cobertura vegetal se realizó un clip al tamaño del distrito dando como resultado la geología del distrito, considerando la litología se procedió a unir áreas con la herramienta (merge) obteniéndose el mapa geológico y el área del distrito luego se eliminó los archivos que no sirven y se dirigió a propiedades y en simbología se añade los colores por categoría.

3.4.1.5. Generación del mapa de geología

En la generación de este mapa se usó el Shapefile de geología de Cajamarca junto al mapa de límites distritales, para ello se abrió los mencionados archivos en ArcMap 10.5, luego se dirigió a la tabla de atributos del shapefile de límites distritales, se selecciona nombre de distrito y se buscó Chugur una vez seleccionado exportamos a través de la herramienta (clip), luego se abrió el shapefile de geología superponemos el distrito en estudio y con la herramienta geoprocessing(Clip) realizamos el recorte del área después se eliminó la geología que está fuera del área del distrito luego se eliminó los archivos que no sirven y se dirigió a propiedades y en simbología se añaden los colores por categoría .

3.4.1.6. Generación del mapa de pendientes

En la generación de este mapa se usó un Modelo de Elevación Digital (DEM), para lo cual teniendo el área de estudio(Chugur) ya recortada con ayuda de la herramienta de ArcToolbox se realizó el recorte extract by mask, una vez hecha la extracción se corrigieron los píxeles del DEM con la herramienta Fill, luego se proyecta las coordenadas proyectar y transformación, una vez hecho dicho ajuste se procede a utilizar la herramienta Spatial analyst tool/Hillshade/contour/slop, una vez realizados los procesos se procede a reclasificar las pendientes en 7 categorías, se asignan valores de pendiente y se da la simbología correspondiente.

3.4.1.7. Generación del mapa de vías de comunicación

Para generar este mapa se utilizó los shapefiles del distrito y el de vías disponible en la mapoteca del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de comunicación Cajamarca se realizó la unión de los mismos además de las categorías de las vías Nacional, departamental y distrital luego se añadió sus diferentes datos necesarios para el adecuado entendimiento y señalización del mismo.

3.4.1.8. Agrupación de mapas

En esta etapa se generaron y actualizaron los mapas temáticos de pendientes, precipitación, cobertura vegetal, geomorfología y geología para realizar el “modelo de susceptibilidad a movimiento de masas”, luego utilizando el mapa de cada categoría se asignó niveles de vulnerabilidad que a través del mismo se generaría el modelo final haciendo uso de las herramientas model builder proporcionadas por la plataforma ArcGIS.

3.4.1.9. Diseño de la base de datos geoespacial de las variables utilizadas

La base de datos geoespacial de (precipitación, pendiente, geología, geomorfología y cobertura vegetal) se obtuvo de los geoportales que fueron los siguientes: MINEDU, ZEE-OT CAJAMARCA, ANA, IGN, SENAMHI, entre otros. La descarga de los archivos necesarios contribuyó al desarrollo de los mapas temáticos y la descripción de las características de cada categoría para ser valoradas finalmente combinarlo y obtener el modelo final de vulnerabilidad a movimientos de masa en el territorio estudiado.

El modelo geoespacial obtenido se realizó con información de las bases de datos de precipitación, pendiente, geología, geomorfología y cobertura vegetal combinándose y valorándose en la herramienta de ArcMap 10.5 llamado modelbuilder.

3.4.1.10. Diseño del modelo de vulnerabilidad

Con la obtención de los mapas del área en estudio de cobertura vegetal, pendiente, geomorfología, geología, precipitación se llegó a la generación modelo de vulnerabilidad a movimientos de masa de la forma siguiente:

Utilizando la información y características de los mapas, se procedió a la combinación de los mismos a través de la herramienta model builder de ArcMap 10.5 posteriormente también se asignó la valoración necesaria. Considerando para ello la valoración numérica según las

características de cada categoría proponiendo 2 criterios medio y alto. El cálculo final a través de la fórmula detallada en resultados, de cada característica usada para obtener un mapa final. Después de haber realizado el mapa final se comparó las áreas vulnerables del mapa con los puntos tomados en campo para ver la confiabilidad la exactitud del mismo.

3.4.2. Fase campo

3.4.2.1. Primera visita a campo

Esta primera visita a campo se desarrolló la observación e identificación de algunas características como cobertura vegetal, pendiente, geomorfología e hidrología las cuales están directamente relacionadas con los movimientos de masa además se realizó alguna toma de fotografía del área en estudio.

3.4.2.2. Segunda y tercera visita de campo

Del mismo modo, en la segunda y tercera visita se recorrieron la zonas de estudio con la finalidad de verificar y validar el resultado obtenido, En el modelo de vulnerabilidad física, a movimientos en masa y peligros múltiples generado en la fase de gabinete; dicho objetivo se llevó a cabo mediante las siguientes actividades: Se realizaron mediciones (altitudes y coordenadas) con un GPS de las zonas críticas y no críticas, a la vez que se tomaran fotografías de vistas en perspectiva de estas para identificar los peligros de movimientos de masa ocurridos en el área. Mediante el ordenamiento de la información obtenida en la fase de gabinete y de los viajes de campo, y el enfoque respectivo permitió un análisis y una síntesis del tema, que sirvió para la estructuración y construcción del modelo de vulnerabilidad, permitiendo a su vez; en el tercer viaje de campo; comprobar y constatar los resultados con la realidad.

3.4.2.3. Registro de información adicional en campo

Se realizó la ubicación de las zonas en riesgo a movimientos en masa y peligros múltiples según el mapa de vulnerabilidad anteriormente diseñado para lo cual se contó con apoyo de algunos comuneros de la zona presentes en los días de las observaciones y con la ayuda de ellos se realizó la ubicación de las áreas afectadas, también se realizó toma de fotografías y la georreferenciación de las mismas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

Obtenidos de los diferentes mapas de la zona de estudio para combinados dar como resultado el mapa de vulnerabilidad a movimientos de masa en la zona. Se realizó el análisis el cual contiene las siguientes variables; información geológica , Geomorfología, Cobertura vegetal, pendiente y de Precipitación a partir de allí se caracteriza el comportamiento del medio para la ocurrencia de movimientos de masa y peligros múltiples, el cual se ve influenciado por mencionadas factores los cuales unidos pueden dar origen a estos movimientos afectando a la población ,flora y fauna de la zona en estudio, a continuación se detalla las características de cada variable que influyo para dar este resultado.

4.1.1. Características de la cobertura vegetal

El territorio en estudio según los datos de los mapas elaborados presenta las siguientes Áreas.

4.1.1.1. Área artificializada

Está dividida en áreas urbanizadas (tejido urbano continuo) que hace un total de 5.44 ha, áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras (área de extracción de minería e hidrocarburos) la cual hace un total de 20.87 ha.

4.1.1.2. Área agrícola

Esta área se encuentra dividida en pastos haciendo un total de 3019.49 ha, y áreas agrícolas heterogéneas con 1206.04 ha.

4.1.1.3. Bosques y áreas mayormente náurales

Esta área se divide en bosques (bosque abierto bajo con una cantidad de 2075.33 ha), áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo (Herbazal) con una extensión de 4246.11 ha.

4.1.1.4. Superficies de agua

Dentro de esta área encontramos aguas continentales (lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes) las cuales hacen una cantidad de 2.79 ha.

En la comunidad de Sinchau presenta escasa cobertura vegetal y presenta un área propensa movimientos en masa por motivo de la minería presente en el área, las comunidades de Pampa grande, Remires, Chenko, Perlamayo Tambillo Bajo ,Perlamayo Tambillo Alto, Perlamayo Tres lagunas, Perlamayo Capilla, Coyunde, Grande, Coyunde Palma, El tingo , tacamache presenta susceptibilidad media a movimientos en masa según Blanco (2013) el aumento de la cobertura vegetal reduce la erosión debido a que la presencia de raíces permiten mayor infiltración del agua reduciendo el nivel de escorrentía o la capacidad de transporte de materiales; además a mayor presencia de raíces mayor es el grado de resistencia al corte del suelo porque las raíces actúan como un conjunto de puntales que transmiten una mayor cohesión al material. Por lo tanto, a menor cobertura vegetal se genera un mayor desarrollo de la erosión y se incrementa la potencialidad a generar movimientos en masa.

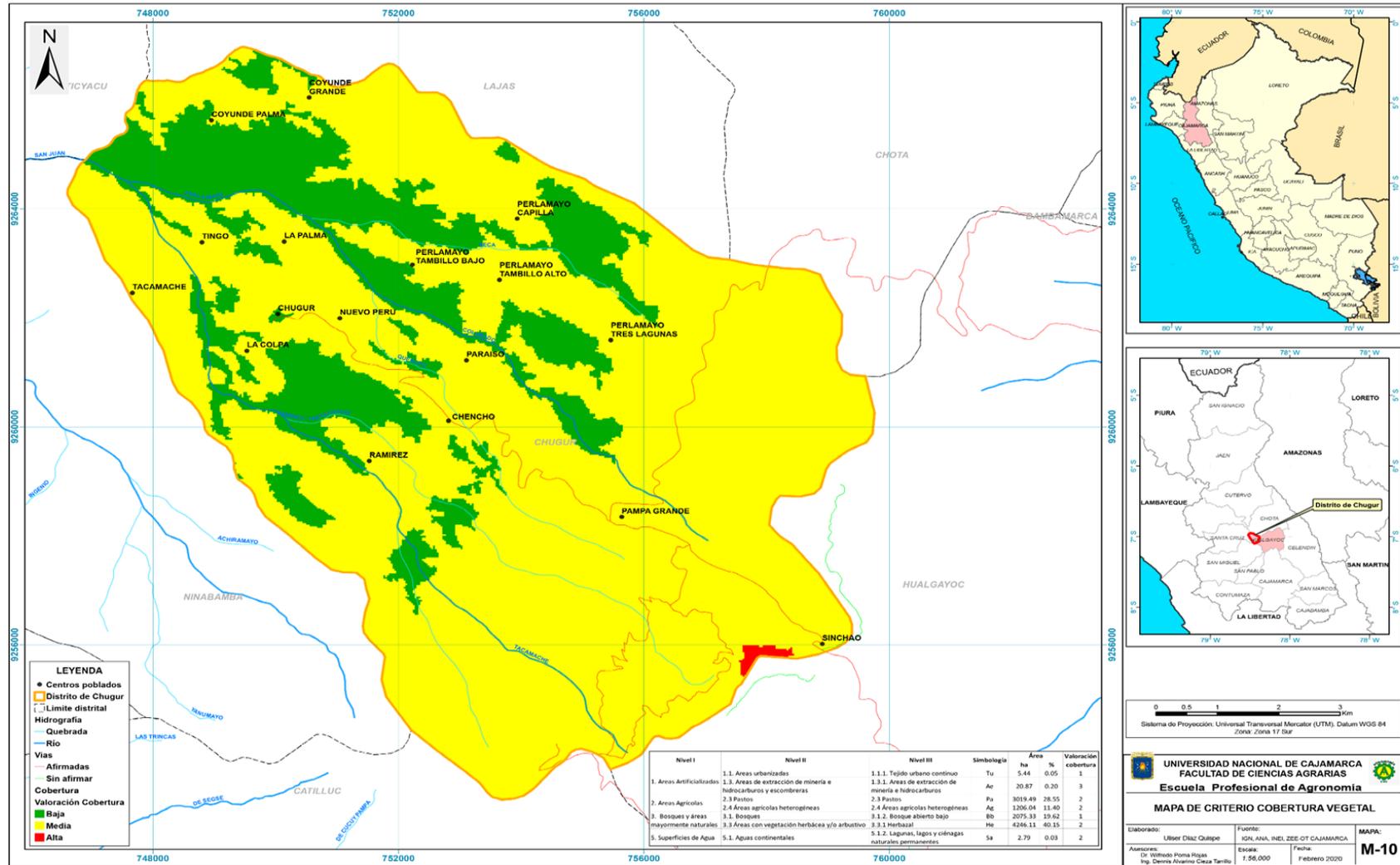
De igual forma Flores (2016), en su estudio llamado “modelamiento geoespacial para la determinación del grado de vulnerabilidad, distrito leimebamba - amazonas” identifico 07 categorías de cubierta cuya variabilidad comprende desde cobertura boscosa en las áreas de menor altitud hasta herbazales en las zonas altas o en áreas propiciadas por la sobre explotación de los suelos, En total, las áreas boscosas se encuentran distribuidas en 12990 Ha del distrito divididos en 11108 Ha de bosque húmedo de montaña principalmente al noreste del distrito y 1891 Ha de

bosque secundario. La cobertura de vegetación boscosa primaria es la segunda de mayor extensión sobre el distrito.

Asimismo, Blanco (2013) empleó también una imagen satelital del tipo Landsat a través de la cual se ha determinado los niveles de cobertura vegetal existente. El mapa de inventario de movimientos en masa se obtiene mediante un registro cartográfico de los eventos para cada subcuenca, en la subcuenca del río Shullcas se han cartografiado 78 movimientos de masa con una superficie total de 0.92 km², en la subcuenca del río Achamayo 154 eventos con área total de 0.46 km² y en la subcuenca del río Cunas evidencian 97 eventos ocupando un área de 0.67 km².

Figura 3

Mapa de criterio de cobertura vegetal



4.1.2. Características de la geomorfología

El territorio en estudio presenta las siguientes unidades geomorfológicas montaña empinada en rocas del cretáceo superior (ME-rcs) , con una extensión de 618.1 ha ,tejido urbano (Tu) con la cantidad de 8.98 ha, cuerpo de agua (lag) con 3.01 ha, ladera de montaña empinada en rocas del neógeno (LME-rn) con 866.65 ha, montaña moderadamente empinada en rocas del paleógeno y neógeno (MME-rpn) con 1285.69 ha, ladera de montaña empinada en rocas del cretáceo superior (LME-rcs) con 18.94 ha, montaña empinada en rocas del cretáceo superior (ME-rcs) con con una extensión de 379.04 ha y vertiente montañosa empinada en rocas del cretáceo superior (VME-rcs) con 195.68 ha.

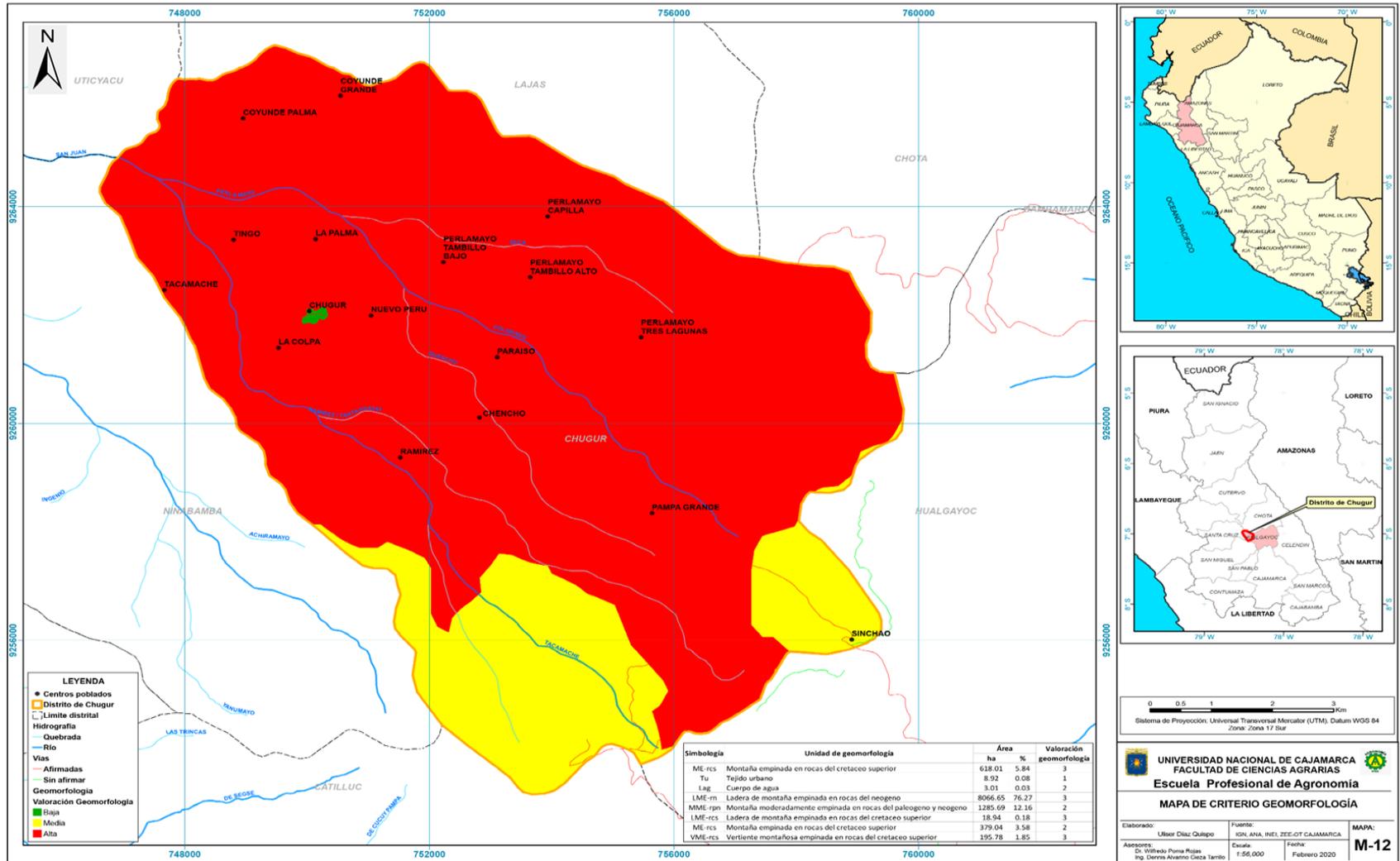
Blanco (2013), afirma que la geomorfología es el parámetro que involucra el estudio de las formas del relieve, su evolución y sus causas. Cada geoforma existente en el terreno refleja un nivel de acción erosiva que ha actuado sobre el material, es así como para la formación de una quebrada encañonada cuyo corte es en “V” la dinámica erosiva debió de ser mucho más fuerte que en un área de quebrada en “U” o que una llanura aluvial. Aplicando el principio de uniformismo la actividad erosiva del presente tendrá similar comportamiento que del pasado. Por lo tanto, una geoforma de mayor acción erosiva tiene mayor influencia para que el material presente rotura que las zonas de menor actividad.

Guataquira (2018) en su estudio ”Análisis de movimientos en masa mediante la aplicación de SIG en la ciudad de Villavicencio en el sector cerro de Buenavista” menciona lo siguiente la geomorfología es un factor que ayuda a entender la relación del terreno con la ocurrencia Pendiente Geomorfología Curvatura DEM Rugosidad Índice de Posición Topográfico Uso de suelo Cobertura Vegetal Índice Topográfico de Humedad Geología Mapa Geológico Ingeominas Mapa de Susceptibilidad Evaluación de variables Información del terreno Análisis de movimientos en

masa mediante la aplicación de SIG en la ciudad de Villavicencio en el sector Cerro de Buenavista 25 de procesos de movimientos en masa, ya que comprende toda la información sobre las formas del terreno tales como morfometría y morfología. Para la representación de esta información en este trabajo se manejó cada variable como una capa de información condensada en SIG. Esto permite que se puedan hacer complementación de datos, con la información disponible sobre el área de estudio.

Figura 4

Mapa de criterio de la geomorfología



4.1.3. Características de la pendiente

El área en estudio según la información obtenida presenta áreas con 6 clases de pendientes entre las cuales se encuentran de 0-4 % nula o casi a nivel con un área total de 173.35 ha, de 4-8 % ligeramente inclinada con 1313.48 ha, de 8-15 % ligeramente inclinada a moderadamente empinada con 5071.27 ha, de 15-25 % moderadamente empinada con un área de 3036.37 ha, de 25-50 % empinada con 976.04 ha y de 50-75 muy empinada con 5.54 ha.

Acuña et al. (2006), realizaron el estudio Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua refieren que los factores más determinantes en las áreas potencialmente vulnerables son: 1) conflicto de uso de la tierra, 2) geología impermeable, 3) pendientes del terreno mayores del 15% y, 4) sitios con alta densidad de fracturas. Los lugares de mayor probabilidad de peligro a deslizamientos son; la Pitilla, los Charcones y el Raizado; lugares ubicados en suelos marginales de laderas vecinas a caseríos distantes al municipio. El estudio pide cambiar las prácticas agrícolas de acuerdo a la vocación de los suelos, e introducir prácticas de conservación de suelos, para acortar las probabilidades de ocurrencia de estos fenómenos como los deslizamientos.

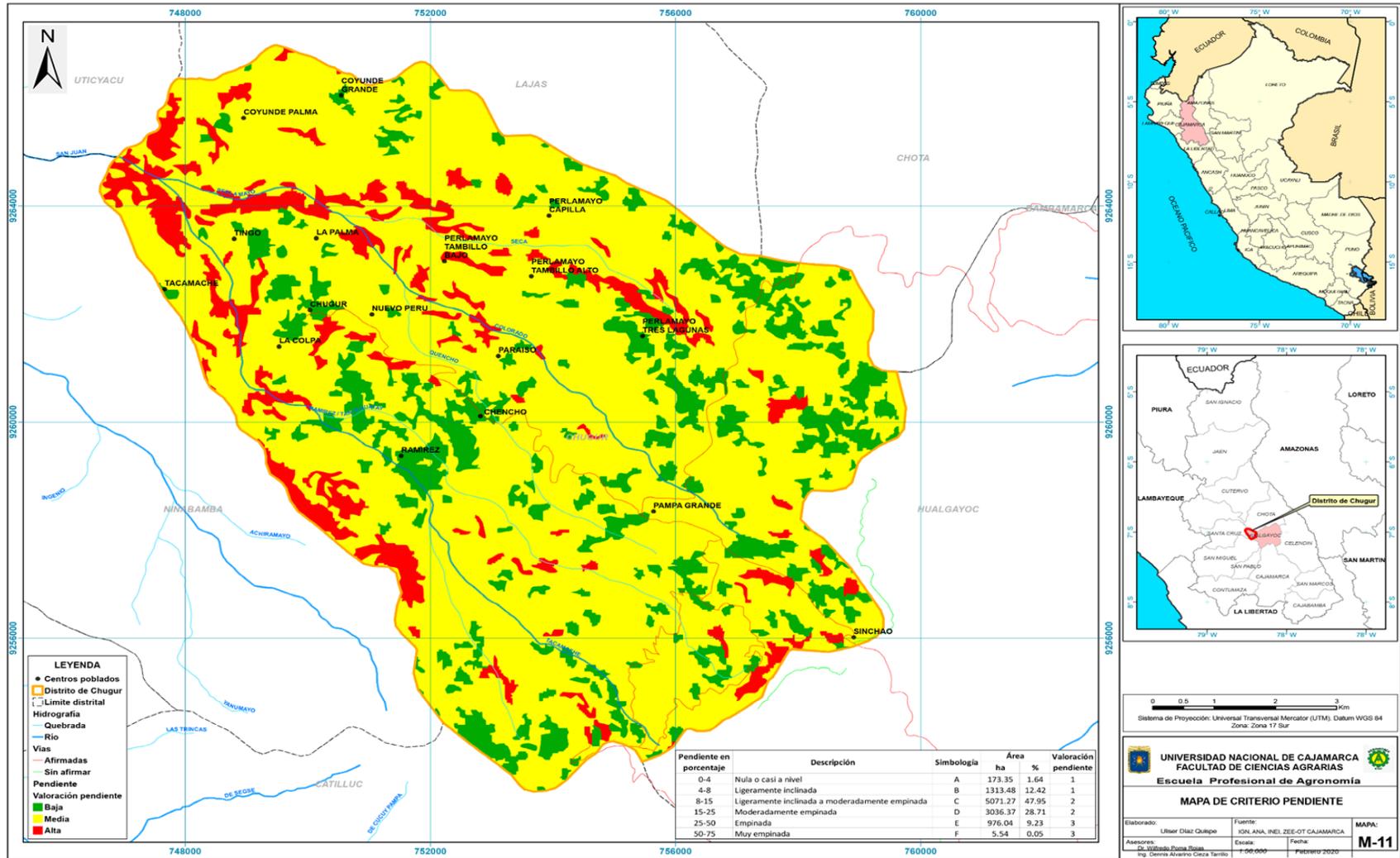
Blanco (2013) menciona las pendientes del terreno puede tomar valores desde cero hasta 90 grados, esto conlleva a la necesidad de agruparlos en rangos con la finalidad de facilitar y mejorar la interpretación de la influencia de cada pendiente en el potencial de generación de movimientos en masa.

Por otro lado, carrillo (2015) señala que las pendientes se representan a través de un mapa temático que mediante un sistema gráfico digital representa los diferentes grados de desnivel (inclinación de una superficie respecto a la horizontal de un territorio). Consiste en representar mediante colores zonas del terreno con pendiente semejante, por lo tanto, el objetivo de este mapa

es reconocer las geoformas presentes en el terreno en base a la inclinación de las distintas unidades geomorfológicas. Se obtiene haciendo uso de la aplicación de la rutina SPATIAL ANALYST del software SIG, usando como archivo fuente el MDT generado anteriormente.

Figura 5

Mapa de criterio pendiente



4.1.4. Características de la geología

Las características geológicas del territorio en estudio son las siguientes:

4.1.4.1. Formación Celendín (Ks-ce)

Presenta en su formación Calizas, lutitas, margas y en el distrito en estudio cubre una extensión total de 174.61 ha. Sosa (2016) indica que Esta formación sobreyace a la formación Jumasha e infrayace a la formación Casapalca estableciéndose un pase rápido de una sucesión netamente marina las capas rojas continentales. Aflora al Este de la falla Chonta sobre el bloque del Maraón, aunque es posible que haya sido depositada más hacia el oeste a lo largo del eje de mayor acumulación de la cuenca Chavín, donde se ha removido por una mezcla de algunos factores erosionales y estructurales. esta formación contiene calizas margosas nodulares, pobremente estratificadas, algo homogéneas, presentan abundantes fósiles, los que se alteran a un color amarillo- grisáceo similar a la Formación Chulec. Se intercalan con las calizas, estratos de limoarcillitas grises y margas, las que en general dan lugar a una morfología moderada a suave con abundante cobertura de suelos.

4.1.4.2. Formación Chulec (Ki-che)

Presenta en su formación calizas, lutitas, margas con una cantidad de 316 ha. Según Vera (2017) Presenta una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas y margas, la que por intemperismo adquieren su color beige propias de esta formación. Por lo general los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas presenta una coloración gris-parduzca

4.1.4.3. Formación Pariatambo (Ki-pa)

En su formación incluye a dolomitas bituminosas, margas, calizas haciendo una cantidad de 430 ha. Vera (2017) menciona que Esta formación radica en una alternancia de lutitas con

lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, la mayoría de veces presenta un olor fétido característico al momento de fracturarlas

Cruzado (2011) refiere que La formación Pariatambo presenta restos de moluscos, estas especies son típicamente pelágicas del Albiano medio. Además, esta formación se correlaciona con la parte superior de la formación Crisnejas y con la formación Yacu Ushco. Se expande ampliamente en los andes centrales del Perú.

4.1.4.4. Formación Yumagual (Ks-yu)

Presenta en su formación calizas, lutitas, margas Cubre una extensión de 2872.92 ha. Según (Vera, 2017) Consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en estratos relativamente 4 uniformes, destacando un miembro lutáceo margoso de color amarillento. Aflora extensamente dentro del área de estudio, sus afloramientos lo podemos ubicar en gran parte del lado Este del área del proyecto, con un recorrido de Norte a Sur y también en el lado Oeste.

4.1.4.5. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Presenta en su formación la siguiente composición litológica cuarcitas, areniscas en el área de estudio cubre una extensión de 230.24 ha. Según Cruzado (2011). Es una secuencia de 650 m. de grosor, formada por estratos macizos de 20 a 80 cm. de densidad y areniscas cuarzosas bien clasificadas de grano medio a grueso, algunas de estas capas son conglomerados con guijarros pequeños de cuarzo. Presentan coloración gris clara a blanca ligeramente amarillenta que por meteorización forman colores amarillentos, rojizos debidos al material ferruginoso que presenta.

4.1.4.6. Volcánico Huambos (Nm-vh)

Presenta en su formación tobas, aglomerados, brechas en el área de estudio cubre un área de 3126.33 ha. Cruzado (2011) menciona que el volcánico Huambos presenta en su formación tobas y brechas de composición ácida. La litología normal muestra fragmentos de cuarzo hasta de

3 m. de diámetro y cristales de biotita en una matriz feldespática que posiblemente corresponde a una toba dacítica. En su estructura se encuentran brechas dacíticas compuestas por bloques grandes de toba envueltos por una matriz tobácea, esta litología se observa en el cuadrángulo de Chota.

Esta formación está compuesta por depósitos sub-horizontales de tobas dacíticas y traquiandesitas, de color blanco-amarillento, presentan una textura porfirítica formados por minerales esenciales como plagioclasas y feldespatos potásicos, acompañados con hornblenda y biotita. También contienen fragmentos líticos volcánicos preexistentes. (Vera, 2017)

4.1.4.7. Volcánico llama (Pe-vll)

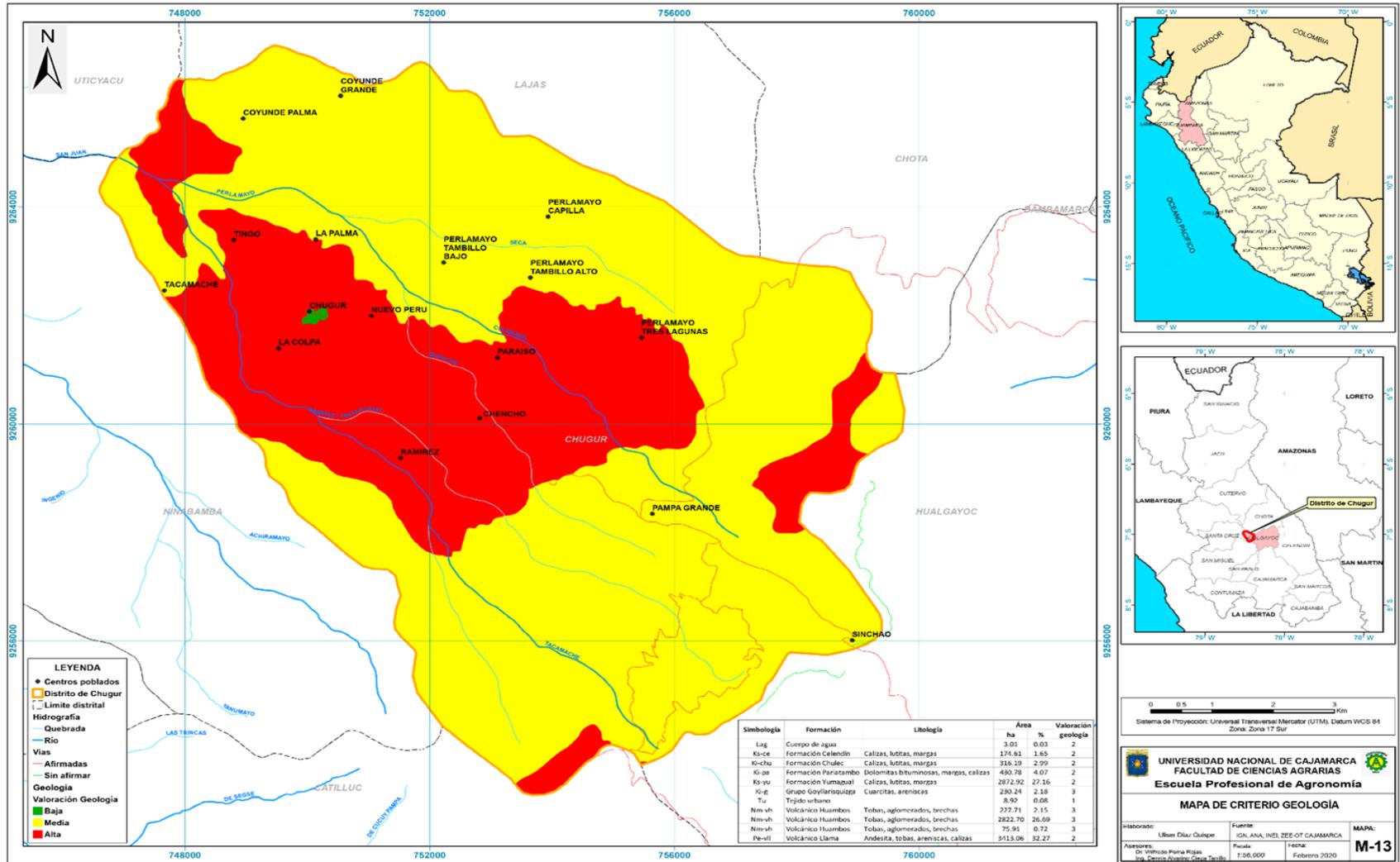
Presentando en esta formación a Andesita, tobas, areniscas, calizas en el distrito en estudio cubre una extensión total de 3413.06 ha. Según Cruzado (2011), el Volcánico llama Está formado por una sucesión gruesa de volcánicos que afloran ampliamente en toda la parte occidental del departamento, desaparece hacia el este y no tiene afloramientos importantes en los cuadrángulos de Cutervo y Celendín. Presenta el nombre de la ciudad de Llama. En la mayoría de los casos el volcánico presenta resistencia a la erosión y forma escarpas o farallones. Sin embargo, donde ha habido suficiente humedad como para permitir un intemperismo profundo de la roca, la unidad ha generado colinas suaves sin mayores afloramientos.

Blanco (2013) menciona que este parámetro incluye estructuras tipo fallas y plegamientos los cuales crean zonas de debilidad que formarán mayor disección en las laderas, influyendo así en la configuración de las geoformas. Las estructuras al ser zonas con debilidad presentan cierto radio de influencia, esto indica que no van a influir uniformemente a toda el área en estudio, restando así importancia a este parámetro. En caso de fallas es mejor analizar para cada caso específico sin generalizar la influencia.

Guataquira (2018) señala lo siguiente dentro del análisis de susceptibilidad por movimientos en masa se basaron planchas geológicas las cuales contienen información litológica y estructural de las rocas y del suelo, a partir de allí se caracteriza el comportamiento mecánico de estos, el cual se ve influenciado por los cambios en las fuerzas tensionales, dichos cambios pueden ser originados de manera natural, o bien por la acción humana que acelera los procesos naturales ambientales

Figura 6

Mapa de criterio de geología

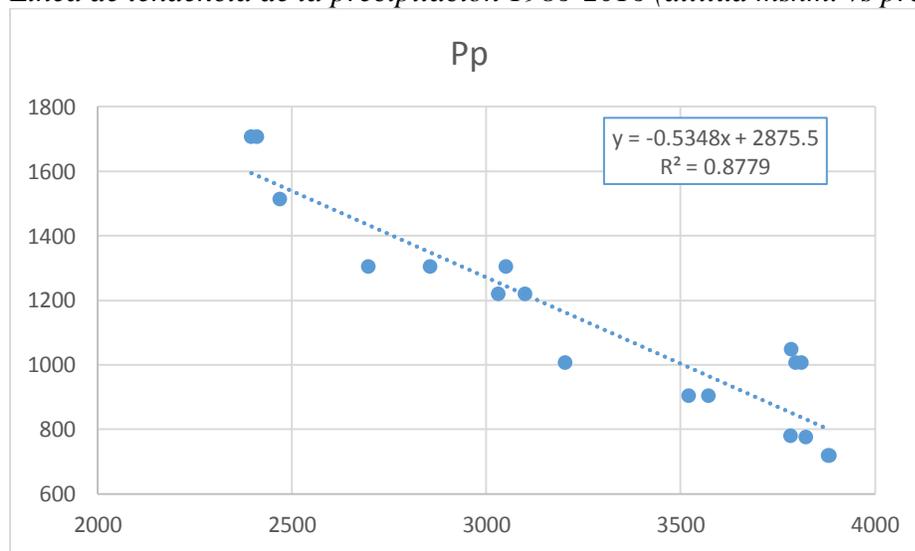


4.2. Características de la precipitación

La precipitación del territorio en estudio según la el grillado PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations) y las estaciones creadas para este fin se obtuvo una precipitación media anual de 1104.84mm. los principales sistemas del drenaje constituyen las diferentes quebradas existentes en las diferentes comunidades las cuales desembocan sus aguas al rio Chugurano. Según Cabrejos (2016) La erosión hídrica genera la pérdida del suelo que contiene la mayor parte de la fertilidad. Por lo tanto, es necesario controlarla adoptando prácticas de cultivo y producción que mantengan el buen estado del suelo y que eviten el impacto de las gotas de lluvia los cuales originan la degradación, transporte y sedimentación de las partículas del suelo.

Figura 7

Línea de tendencia de la precipitación 1986-2016 (altitud msnm. vs precipitación en mm)



Flores (2016) menciona que la Precipitación es un agente erosivo y de importante incidencia en eventos en masa por humedecimiento y desprendimiento de los planos de falla en derrumbes y deslizamientos, o en huaycos por exceso no infiltrable. En tal sentido tiene un grado de incidencia relativamente importante de 20%.

Figura 8

Mapa de estaciones meteorológicas

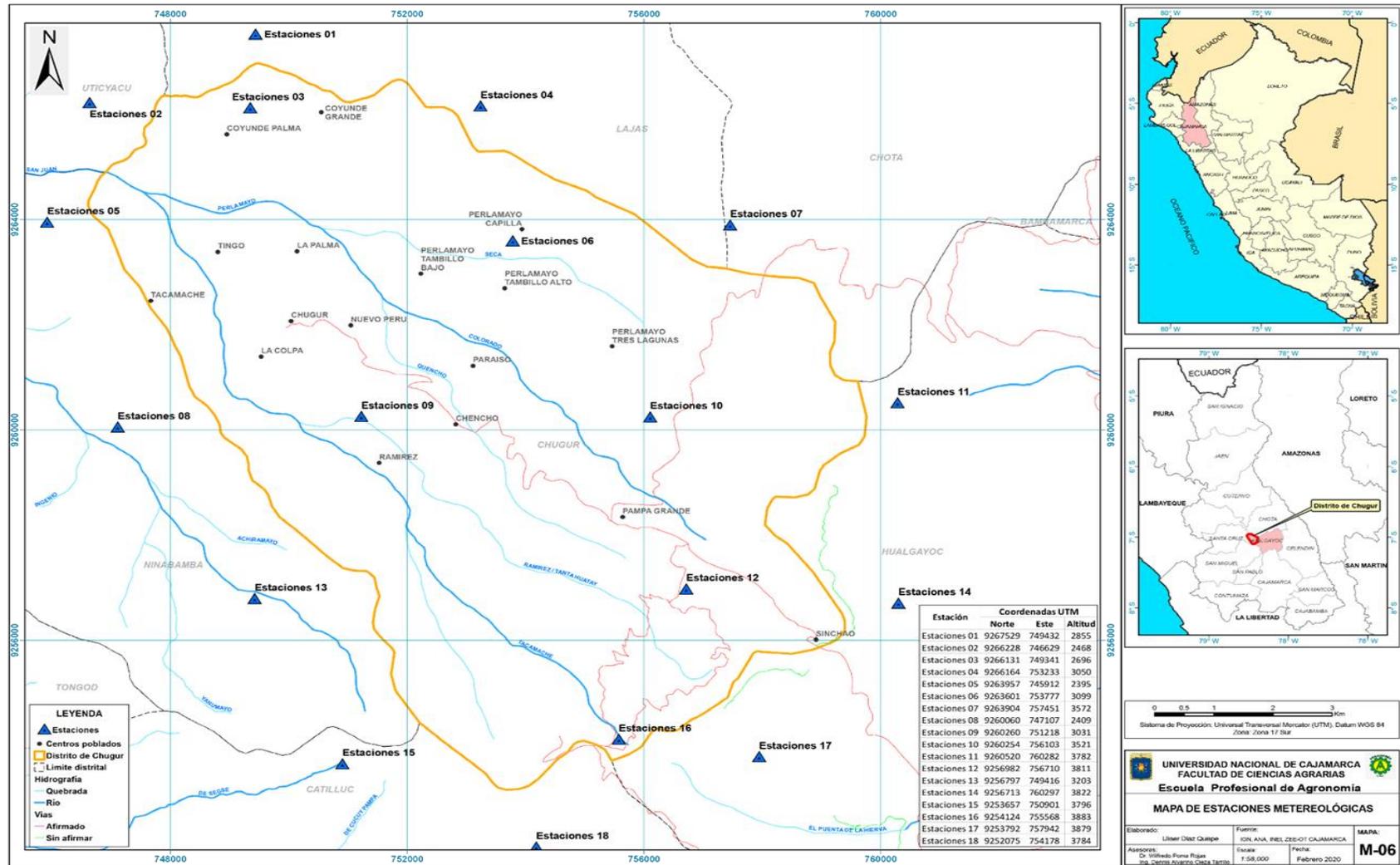


Tabla 2

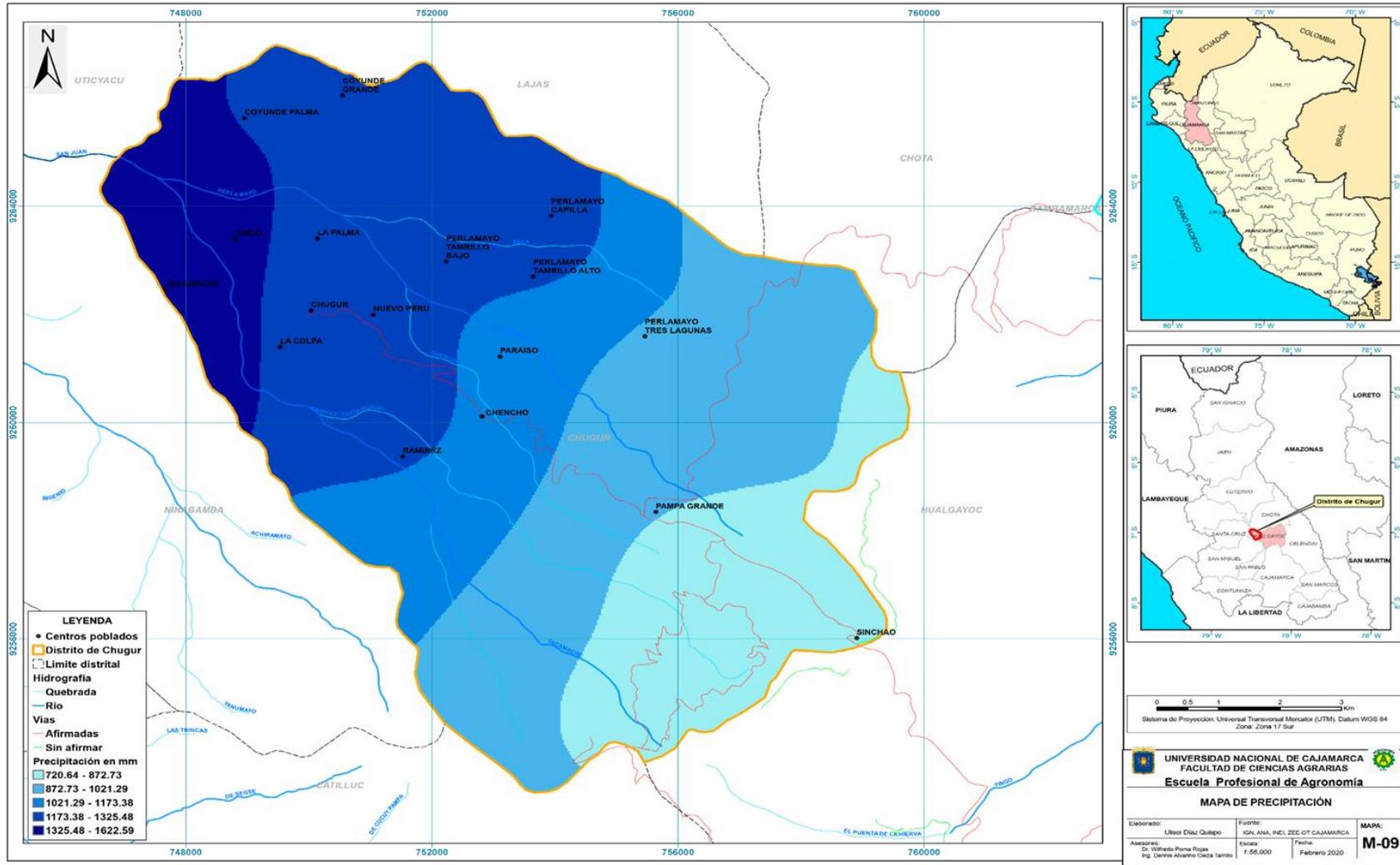
Cálculos del promedio de unidades de precipitación de las estaciones generadas año: 1981-2016

Estación	Coordenadas UTM			Precipitación
	Norte	Este	Altitud	
Estaciones 01	9267529	749432	2855	1305.86
Estaciones 02	9266228	746629	2468	1515.48
Estaciones 03	9266131	749341	2696	1305.86
Estaciones 04	9266164	753233	3050	1305.86
Estaciones 05	9263957	745912	2395	1708.50
Estaciones 06	9263601	753777	3099	1220.01
Estaciones 07	9263904	757451	3572	906.07
Estaciones 08	9260060	747107	2409	1708.50
Estaciones 09	9260260	751218	3031	1220.01
Estaciones 10	9260254	756103	3521	906.07
Estaciones 11	9260520	760282	3782	781.81
Estaciones 12	9256982	756710	3811	720.63
Estaciones 13	9256797	749416	3203	1007.19
Estaciones 14	9256713	760297	3822	776.56
Estaciones 15	9253657	750901	3796	1007.19
Estaciones 16	9254124	755568	3883	720.63
Estaciones 17	9253792	757942	3879	720.63
Estaciones 18	9252075	754178	3784	1050.25

Fuente: SENAMHI (2016)

Figura 9

Mapa de precipitación



4.3. Análisis de vulnerabilidad a los Movimientos en Masa

Con la ayuda del SIG, se obtuvo como resultado el mapa de vulnerabilidad a los movimientos en masa pueden generar desastres y pérdidas económicas en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, donde se obtuvo que el 51.77 % con un área de: 5474.83 ha de la zona estudiada presentando susceptibilidad media a los movimientos en masa y peligros múltiples incluyendo a las comunidades de Nuevo Perú, La Colpa, Tingo, Paraíso, La Palma, Coyunde Palma, Coyunde Grande, Perlamayo Tambillo Bajo, Perlamayo Tambillo Alto, Perlamayo Capilla, Perlamayo Tres Lagunas Sinchau. asimismo, el 48.23 % con un área de 5101.23 ha arrojó como resultado una susceptibilidad media a movimientos de masa y peligros múltiples incluyendo a las comunidades de Pampa Grande, Perlamayo Tres Lagunas, Perlamayo Tambillo Bajo, La Colpa, Coyunde Palma, Nuevo Perú, Coyunde Grande, La Colpa, parte del distrito de Chugur y Ramirez. En el área mapeada en la visita a campo se corroboró la información observando la presencia de movimientos de masa y peligros como caída de rocas, hundimientos, erosión de laderas, erosión fluvial, derrumbes algunos más recientes y otros de hace un tiempo estos peligros y movimientos de masas de suelo afectan a flora y fauna silvestre y a campos agrícolas y ganadería además se verificó que el modelo creado si presenta una gran acierto en comparación con la realidad La consideración para la clasificación fue la siguiente.

4.3.1. Susceptibilidad baja

Estas áreas presentan pendientes bajas entre (8°- 25°) que se presentan materiales sueltos o poco consolidados, precipitaciones frecuentes, el tipo de litología presenta poca resistencia al esfuerzo, cobertura vegetal media, donde la combinación de factores dentro de esta zona se pueden generar deslizamientos y derrumbes los cuales dan la inestabilidad de los terrenos, en este caso depósitos cuaternarios que ofrecen poca resistencia a la erosión.

4.3.2. Susceptibilidad media

Se consideró áreas con topografías con pendientes de medias a altas (26° a 75°), se encuentran ocupando las laderas de montañas. Donde se encuentran materiales no consolidados además de esto escasa vegetación y precipitaciones elevadas los que son susceptibles a movimientos de masas.

Tabla 3

Intervalos de valoración utilizados

Intervalo de Valoración	Nivel
< =1	Medio
< =2	Alto

FÓRMULA UTILIZADA PARA EL MAPA DE VULNERABILIDAD

$$\text{Vulnerabilidad} = [\text{Val_Pp}] * 0.20 + [\text{Val_Geomorfo}] * 0.15 + [\text{Val_Geología}] * 0.20 + [\text{Val_Cobertura}] * 0.25 + [\text{Val_pendiente}] * 0.20$$

Figura 10

Mapa de vulnerabilidad a movimientos de masa del distrito de Chugur

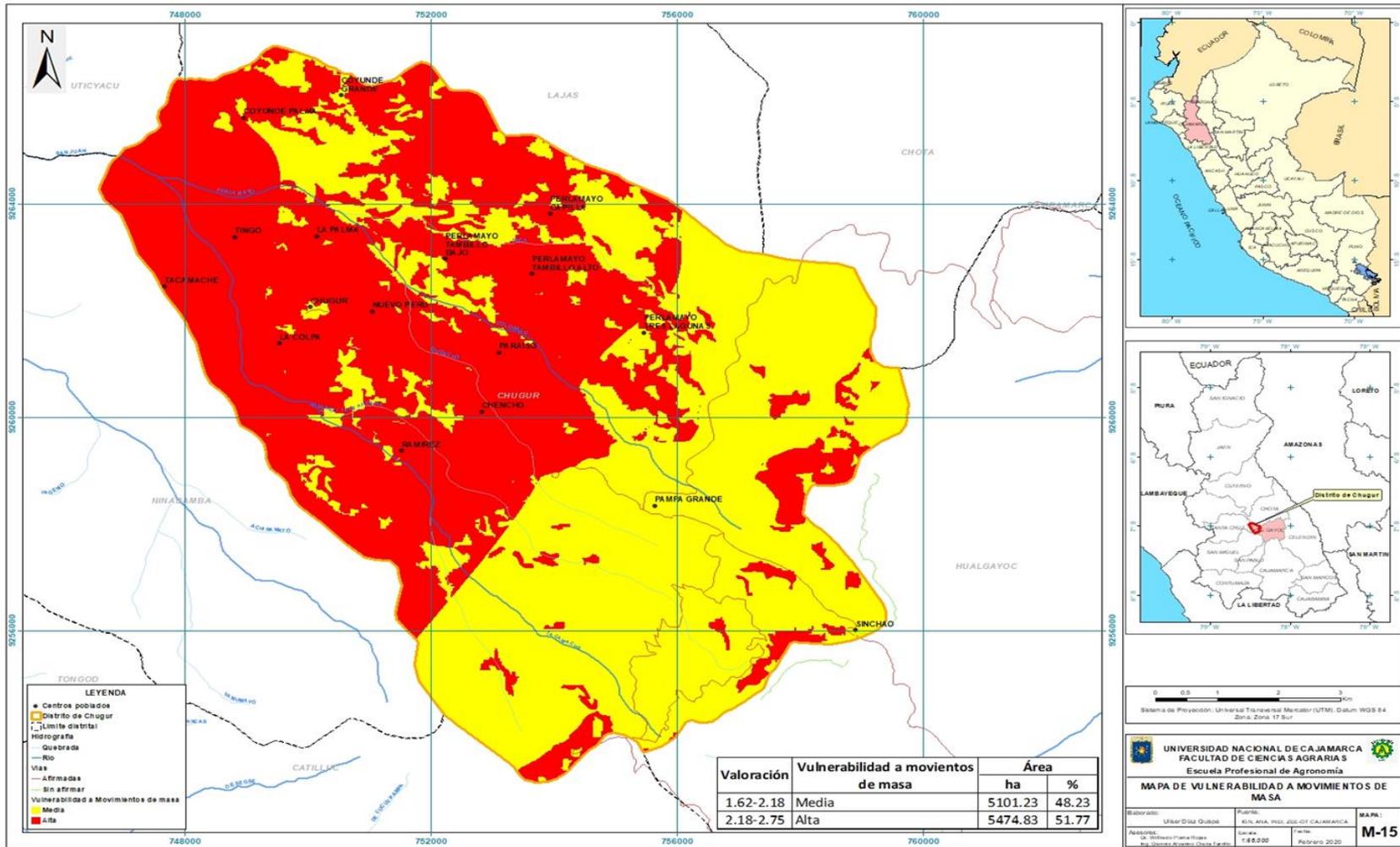


Tabla 4*Intervalos y vulnerabilidad*

Valoración	Vulnerabilidad a movimientos de masa.	Área	
		Ha	%
1.62-2.18	Media	5101.23	48.23
2.18-2.75	Alta	5474.83	51.77
TOTAL		10576	100.00

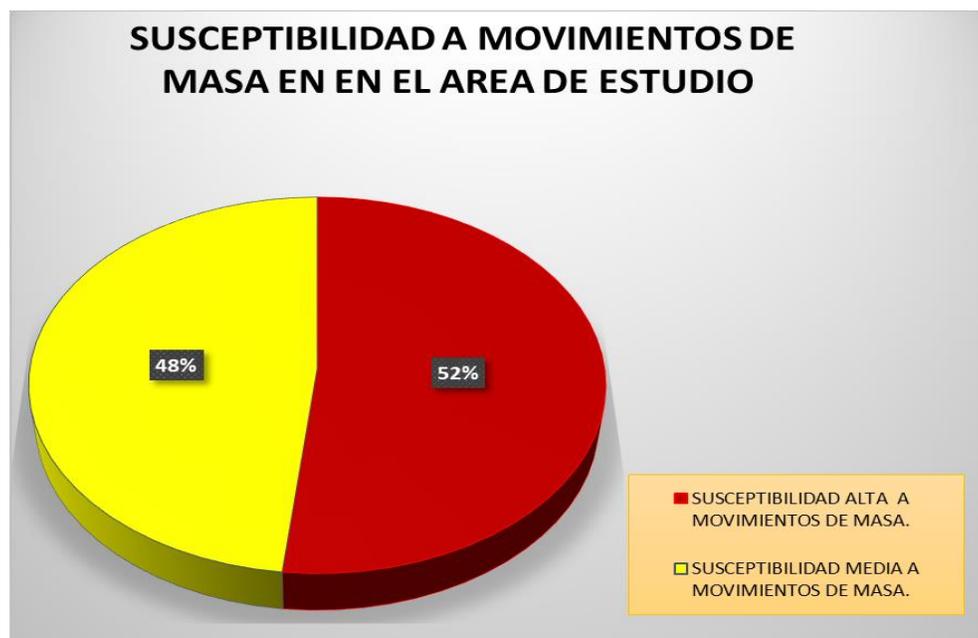
Figura 11*Porcentaje de área propensa a movimientos de masa del territorio en estudio*

Tabla 5*Precipitación media anual según data PISCO SENAMHI 2016*

MES	PROMEDIO DE ESTACION 1	Promedio de ESTACION 2	Promedio de ESTACION 3	Promedio de ESTACION 4	Promedio de ESTACION 5	Promedio de ESTACION 6	Promedio de ESTACION 7	Promedio de ESTACION 8	Promedio de ESTACION 9	Promedio de ESTACION 10	Promedio de ESTACION 11
ENERO	140.840575	131.620679	140.840575	140.840575	160.411188	171.525003	171.525003	116.339937	160.411188	171.525003	116.339937
FEBRERO	165.186534	189.206862	165.186534	165.186534	219.07295	149.040939	149.040939	102.585075	219.07295	149.040939	102.585075
MARZO	186.483655	235.680436	186.483655	186.483655	243.306088	180.047445	180.047445	156.405017	243.306088	180.047445	156.405017
ABRIL	138.123432	140.369189	138.123432	138.123432	202.735437	148.85709	148.85709	106.936223	202.735437	148.85709	106.936223
MAYO	58.0308341	72.000309	58.0308341	58.0308341	89.5941662	70.2918144	70.2918144	51.4465958	89.5941662	70.2918144	51.4465958
JUNIO	24.8642512	27.9128833	24.8642512	24.8642512	33.7468484	26.1080461	26.1080461	21.2735532	33.7468484	26.1080461	21.2735532
JULIO	18.1200701	22.1995737	18.1200701	18.1200701	26.8769629	19.9684197	19.9684197	12.5935403	26.8769629	19.9684197	12.5935403
AGOSTO	22.5178725	21.8743863	22.5178725	22.5178725	27.4679931	23.5457557	23.5457557	18.323023	27.4679931	23.5457557	18.323023
SETIEMBRE	80.3095409	146.356112	80.3095409	80.3095409	86.8975994	49.5631149	49.5631149	39.2305703	86.8975994	49.5631149	39.2305703
OCTUBRE	147.78169	208.671682	147.78169	147.78169	208.18358	124.855098	124.855098	88.2984289	208.18358	124.855098	88.2984289
NOVIEMBRE	119.5598	113.761281	119.5598	119.5598	125.809163	131.402879	131.402879	87.9918759	125.809163	131.402879	87.9918759
DICIEMBRE	204.044738	205.823605	204.044738	204.044738	284.394939	124.808954	124.808954	104.648528	284.394939	124.808954	104.648528
TOTAL, GENERAL	108.821916	126.28975	108.821916	108.821916	142.374743	101.66788	101.66788	75.5060306	142.374743	101.66788	75.5060306
PROMEDIO	1305.86299	1515.477	1305.86299	1305.86299	1708.49692	1220.01456	1220.01456	906.072367	1708.49692	1220.01456	906.072367

Tabla 6

Continuación de la tabla precipitación media anual según data PISCO SENAMHI 2016

MES	PROMEDIO DE ESTACION 12	PROMEDIO DE ESTACION 13	PROMEDIO DE ESTACION 14	PROMEDIO DE ESTACION 15	PROMEDIO DE ESTACION 16	PROMEDIO DE ESTACION 17	PROMEDIO DE ESTACION 18	PROMEDIO DE ESTACION 19	PROMEDIO DE ESTACION 20
ENERO									
FEBRERO	95.9895518	116.832065	116.832065	96.6598769	112.784288	116.832065	96.6598769	96.6598769	98.4147969
MARZO	84.4860966	134.212684	134.212684	102.880466	107.913675	134.212684	102.880466	102.880466	167.354805
ABRIL	126.858554	148.29476	148.29476	118.185118	133.762105	148.29476	118.185118	118.185118	156.795894
MAYO	102.958899	128.224902	128.224902	77.5602263	94.6440785	128.224902	77.5602263	77.5602263	136.599411
JUNIO	46.7639941	59.0110274	59.0110274	44.3913399	41.6132297	59.0110274	44.3913399	44.3913399	50.4517679
JULIO	18.2953393	21.9331276	21.9331276	13.3219279	16.9945609	21.9331276	13.3219279	13.3219279	17.4770259
AGOSTO	9.28601917	14.4169575	14.4169575	11.421549	9.73639132	14.4169575	11.421549	11.421549	13.6579619
SETIEMBRE	8.51655378	18.4425204	18.4425204	7.63024451	7.94126913	18.4425204	7.63024451	7.63024451	14.0873121
OCTUBRE	40.0730413	46.1635475	46.1635475	33.559588	36.481324	46.1635475	33.559588	33.559588	46.5014661
NOVIEMBRE	82.5224041	94.4762857	94.4762857	77.1002985	85.5389494	94.4762857	77.1002985	77.1002985	95.7406181
DICIEMBRE	69.4947252	133.031804	133.031804	69.1545059	62.9993205	133.031804	69.1545059	69.1545059	109.942231
TOTAL	96.5650952	92.1551526	92.1551526	68.7602252	66.1513023	92.1551526	68.7602252	68.7602252	143.223126
PROMEDIO	65.1508561	83.9329029	83.9329029	60.0521138	64.7133745	83.9329029	60.0521138	60.0521138	87.5205346
	781.810273	1007.19483	1007.19483	720.625366	776.560493	1007.19483	720.625366	720.625366	1050.24642

Tabla 7

Cálculo del peso o susceptibilidad de los valores de pendientes a los movimientos en masa

Pendiente en porcentaje	Descripción	Simbología	Área		Valoración pendiente
			ha	%	
0-4	Nula o casi a nivel	A	173.35	1.64	1
4-8	Ligeramente inclinada	B	1313.48	12.42	1
8-15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	C	5071.27	47.95	2
15-25	Moderadamente empinada	D	3036.37	28.71	2
25-50	Empinada	E	976.04	9.23	3
50-75	Muy empinada	F	5.54	0.05	3
TOTAL			10576.06	100.00	

Tabla 8

Cálculos y valoración del peso o susceptibilidad de las unidades de cobertura vegetal a los movimientos en masa

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Área		Valoración cobertura
				ha	%	
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	5.44	0.05	1
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	Ae	20.87	0.20	3
2. Áreas Agrícolas	2.3 Pastos	2.3 Pastos	Pa	3019.49	28.55	2
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	Ag	1206.04	11.40	2
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque abierto bajo	Bb	2075.33	19.62	1
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	He	4246.11	40.15	2
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	Sa	2.79	0.03	2
TOTAL				10576.06	100.00	

Tabla 9

Cálculo y valoración del peso o susceptibilidad de las unidades geomorfológicas a los movimientos en masa

Simbología	Unidad de geomorfología	Área		Valoración geomorfológica
		ha	%	
ME-rsc	Montaña empinada en rocas del cretáceo superior	618.01	5.84	3
Tu	Tejido urbano	8.92	0.08	1
Lag	Cuerpo de agua	3.01	0.03	2
LME-rm	Ladera de montaña empinada en rocas del neógeno	8066.65	76.27	3
MME-rpn	Montaña moderadamente empinada en rocas del paleogeno y neógeno	1285.69	12.16	2
LME-rsc	Ladera de montaña empinada en rocas del cretáceo superior	18.94	0.18	3
ME-rsc	Montaña empinada en rocas del cretáceo superior	379.04	3.58	2
VME-rsc	Vertiente montañosa empinada en rocas del cretáceo superior	195.78	1.85	3
TOTAL		10576.06	100.00	

Tabla 10

Cálculo y valoración del peso o susceptibilidad de las unidades litológicas a los movimientos en masa

Simbología	Formación	Litología	Área		Valoración geología
			Ha	%	
Lag	Cuerpo de agua		3.01	0.03	2
Ks-ce	Formación Celendín	Calizas, lutitas, margas	174.61	1.65	2
Ki-chu	Formación Chulec	Calizas, lutitas, margas	316.19	2.99	2
Ki-pa	Formación Pariatambo	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	430.78	4.07	2
Ks-yu	Formación Yumagual	Calizas, lutitas, margas	2872.92	27.16	2
Ki-g	Grupo Goyllarisquizga	Cuarcitas, areniscas	230.24	2.18	3
Tu	Tejido urbano		8.92	0.08	1
Nm-vh	Volcánico Huambos	Tobas, aglomerados, brechas	227.71	2.15	3
Nm-vh	Volcánico Huambos	Tobas, aglomerados, brechas	2822.70	26.69	3
Nm-vh	Volcánico Huambos	Tobas, aglomerados, brechas	75.91	0.72	3
Pe-vll	Volcánico Llama	Andesita, tobas, areniscas, calizas	3413.06	32.27	2
TOTAL			10576.06	100.00	

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El análisis de susceptibilidad a la identificación de las zonas vulnerables a movimientos de masa por medio del SIG, dio como resultado el mapa de Vulnerabilidad del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc, donde se obtuvo que el 51.77% con un área de: 5474.83 ha. de la zona estudiada presenta alta susceptibilidad a los movimientos de masa, incluyendo a las comunidades de Ramiez, Chenko, La Colpa, Nuevo Perú, El Tingo, Paraíso, La Palma, Coyunde Palma, Coyunde Grande, Perlamayo Tambillo Bajo, Perlamayo Tambillo Alto, Perlamayo Capilla, Perlamayo Tres Lagunas, Sinchao. Y el 48.23 % con un área de 5101.23 ha arroja como resultado una susceptibilidad media a movimientos de masa incluyendo a las comunidades de Pampa Grande, Perlamayo Tres Lagunas, Perlamayo Tambillo Bajo, La Colpa, Coyunde Palma, Nuevo Perú, Coyunde Grande, La Colpa, parte de Chugur y la comunidad de Ramirez.

Se generó una base de datos de precipitación, pendiente geología, geomorfología, cobertura vegetal obteniéndolos a través de descargas de diferentes geoportales SIG como la base de datos del ZEE-OT, INGEMMET, ANA, INEI, IGN los archivos los cuales contienen la información requerida para realizar el modelo de datos geoespacial para determinar las zonas vulnerables a movimientos de masas en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

Se generó el modelo geoespacial para determinar las zonas vulnerables a movimientos de masa y del distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda hacer un estudio geofísico con la finalidad de determinar el espesor de la masa inestable, como también la posible presencia de agua subterránea. y otros factores que generan estos movimientos de masa De acuerdo a esto se podrá programar un drenaje subterráneo entre otras actividades y así evitar mayores riesgos.

También se recomienda proponer usar medidas preventivas para evitar los movimientos de masa y como, la reforestación con plantas nativas y señalización en las áreas vulnerables en todas las áreas afectadas, también se podría realizar canales de coronación para evitar la infiltración de agua proveniente de la parte alta y así aminorar los riesgos movimientos de masa. y otros peligros registrados en la zona.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, E; Gonzales, U; Centeno, Y. 2009. Vulnerabilidad potencial a deslizamientos de tierra Conquista, Carazo. Artículo científico. La Conquista, Carazo, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. 27 p.
- Blanco, F. 2013. Evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa en la zona central de la cuenca del río Mantaro región Junín. Tesis Ing.Geol. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería 142 p.
- Cabrejos, M. 2016. Modelamiento geoespacial en la determinación del riesgo, vulnerabilidad y de la cuantificación de la erosión hídrica en la microcuenca del río Atuen – Amazonas. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 145p.
- Carrillo, R. 2015. Evaluación de zonas susceptibles a movimientos en masa del tipo deslizamiento en el centro poblado de Carampa, distrito de Pazos, provincia de Tayacaja, región Huancavelica, aplicando el protocolo de Cenepred. Piura, Perú, Universidad Nacional de Piura. 149p.
- Castro, R. 2014. Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de Punta Hermosa". Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 269 p.
- Cruzado, G.2011. Estudio de Geología. Memoria descriptiva. Cajamarca, Perú, gobierno regional de Cajamarca 88p.
- Chuvieco, E. 2010. Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona, España. 591 p.

- Chunga, U. 2017. Evaluación de la gestión de riesgos de desastres naturales y la capacidad de respuesta a las emergencias en las instituciones educativas de la UGEL la unión Arequipa, 2016". Tesis Mgtr. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de San Agustín 96p.
- Cruden, D; Varnes, D, 1996. Landslide types and processes, in Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247p.
- Durand, H. 2018. Efectos del uso del factor de escala en las mediciones del levantamiento topográfico de la faja marginal del río Lampa tramo 0+000 al 44+704. 718.Tesis Ing. Topóg. Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano.147p.
- Elmes, M.2006. Análisis y evaluación de riesgos por movimientos en masa, inundación y sismicidad en el Piedmont de la comuna de puente alto. Tesis Ing. Geogr. Santiago de Chile. Universidad de Chile. 273p.
- Ferrer, M; García, J . (2005). Memoria. Análisis de la vulnerabilidad por movimientos de ladera: Desarrollo de las metodologías para evaluación y cartografía de la vulnerabilidad. 220 p.
- Flores, R. 2016. Modelamiento geoespacial para la determinación del grado de vulnerabilidad, distrito Leimebamba - Amazonas. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina. 184 p.
- Futuri, O; Medina, J;2018. Evaluación y análisis de la vulnerabilidad y peligros físicos de la torrentera de Miraflores en su paso por *la av. Venezuela*. Tesis Ing. Civil. Arequipa, Perú, universidad nacional de san Agustín.268 p.
- Guevara, E.2019. Comportamiento geotécnico de suelos y rocas en los alrededores del poblado de san juan - Cajamarca. Tesis Ing. Geol. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.100p.

- Guataquira, M. 2018. Análisis de movimientos en masa mediante la aplicación de SIG en la ciudad de Villavicencio en el sector cerro de Buenavista. Tesis Ing. Civil. Villavicencio, Colombia. Universidad Santo Tomás. 62p.
- Mariño, B. 2018. Gestión de Riesgos de Desastres Naturales en la Ciudad de Lima, 2017. Tesis Mgtr. Lima, Perú, Universidad Cesar Vallejo. 179 p.
- MINAGRI (Ministerio Nacional de Agricultura y Riego). 2014. Cartillas para la conservación del suelo “La erosión del suelo “Mejores suelos, mejores productos, mejor calidad de vida para el productor agrario” 16 p.
- Ospina, M. 2018. Zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa. comparación de resultados a partir de cartografía base del igac y cartografía base obtenida mediante vehículos tripulados remotamente (RPAS). caso de estudio: cabecera municipal de Cisneros, Antioquia. Tesis Ing. Geol. Medellín Colombia. Universidad EAFIT Medellín.83p.
- Pastor, H. 2015. "Actitudes y conocimientos sobre la prevención de riesgos y desastres en los estudiantes de la escuela de formación profesional de enfermería UNSCH, 2015". Tesis Lic. Ayacucho, Perú, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. 83 p.
- Peña, M. 2017. “Modelamiento geoespacial para evaluar la vulnerabilidad ambiental, ante la ocurrencia de inundaciones, en la cuenca baja del río chillón”. Tesis Ing. Amb. Lima, Perú, Universidad Cesar Vallejo. 132 p.
- Rivas, N W.2017. “Identificación de zonas vulnerables, aplicando el sistema de información geográfica, unidad hidrográfica chira-Piura. Tesis Ing.Agr. Lima Perú. Universidad Cesar Vallejo.132p.

- Robledo, J R.2012. Análisis de barrenas y los fluidos de control aplicados a la optimización de la perforación de pozos. Tesis Ing. Petrol. México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.108 p.
- Sosa, N L.2016. Análisis de susceptibilidad a los peligros geológicos por movimientos en masa poblados de Pampamarca y Acobamba, región Huánuco. Tesis Ing. Geól. Puno, Perú, Universidad nacional del altiplano 173 p.
- Tarrillo, L . 2019. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito de Tacabamba. Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 93 p.
- Tapia, J.2016. Estructura de la precipitación y su variabilidad espacio-temporal a lo largo de una gradiente altitudinal. Tesis Ing. Civil. Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca 71p.
- Tarazona, J.2018. Estimación del riesgo por movimientos en masa en la subcuenca del río Ancash - Yungay 2016.Tesis Ing. Amb. Huaraz, Ancash, Perú. Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo.165p.
- Toro, J. 2014. Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias- cruce Lambayeque, San Ignacio. Tesis Ing. Civil. Jaén Cajamarca Perú, Universidad Nacional de Cajamarca sede jaén 147 p.
- Vásquez, P. 2018. Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Chugur periodo 1999 - 2016. Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 122 p.
- Villalta, A; González, MP.2011. Zonificación de amenazas geológicas por movimientos en masa que permitan el ordenamiento territorial en la urbanización ciudad de Victoria de Loja. Tesis Ing. geol. Loja Ecuador. Universidad Nacional De Loja.128p.

Vera, J.2017. Estratigrafía del volcánico Huambos entre los caseríos Yerba Buena Chica y Maraypata, centro poblado Combayo – La Encañada – Cajamarca. Artículo científico. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.10 p.

Villegas, J. 2017 análisis de la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en el sector Morro Solar Bajo, ciudad de Jaén Cajamarca. Tesis Ing. civil. Jaén Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 93 p.

ANEXOS

Anexo 1. Panel Fotográfico

Figura 12

Vista de la Parte Baja Del deslizamiento observado en la comunidad de Coyunde Palma coordenadas E: 754838 N: 9259763 zona 17 Elevación:3341 msnm



Figura 13

Deslizamiento observado en el caserío de Tambillo Alto distrito de Chugur coordenadas E:753593 N:9262608 elevación:3111msnm



Figura 14

Deslizamiento observado en el caserío de Tambillo Bajo distrito de Chugur coordenadas E:753406 N: 9263004 elevación:3014msnm

**Figura 15**

Tuberías de agua restauradas después de ser dañadas por el desprendimiento Coordenadas E: 754838 N: 9259763 Elevación:3341 msnm



Figura 16

Deslizamiento ubicado en la comunidad de Coyunde Palma Coordenadas E: 754838 N: 9259763

Elevación:3341 msnm

**Figura 17**

Deslizamiento encontrado en Perlamayo Tres Lagunas, coordenada E: 754838 N: 9259763

Elevación:3341 msnm



Figura 18

Deslizamiento encontrado en el caserío de Perlamayo Capilla coordenadas E: 753608 N: 9264601 Elevación:3229 msnm

**Figura 19**

Desprendimiento de una gran masa de suelo observado en coordenadas E: 750242 N: 9260898 elevación:2958 msnm. El caserío de Ramirez



Figura 20

*Deslizamiento observado en el caserío Tambillo Alto coordenadas E: 750242 N:9262049:
elevación:3332 msnm*

**Figura 21**

*Vista panorámica de un deslizamiento observado en el caserío de Perlamayo Tres Lagunas
coordenadas E: 754281 N: 92598101 elevación:3381 msnm*



Figura 22

Vista panorámica del deslizamiento en Ramírez coordenadas E: 750242 N: 9260898 elevación:2958 msnm

**Figura 23**

Desprendimiento de la masa del suelo observado en el caserío de Ramírez coordenadas E: 750242 N: 9260898 elevación:2958 msnm



Figura 24

*Desprendimiento de grandes bloques de suelo observado en el caserío Sinchau coordenadas E:
758716 N: 9256423 elevación:3833 msnm*

**Figura 25**

*Hundimiento del suelo observado en la comunidad de Sinchau coordenadas E: 758342 N:
9256376 elevación:3838 msnm*



Figura 26

Vista panorámica de un desprendimiento del suelo donde se realizó plantaciones de pinos en la comunidad de Pampa Grande

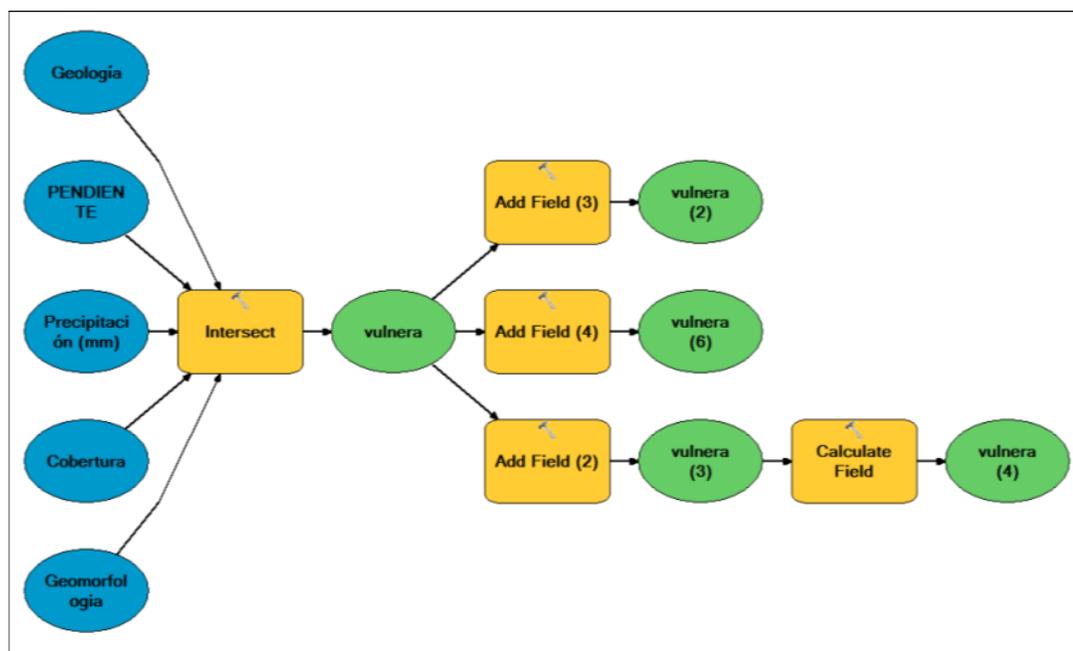
**Figura 27**

Rajadura del suelo comunidad de Ramírez, coordenadas E: 750242 N: 9260898 elevación:2958 msnm.



Figura 28

Pasos seguidos para la elaboración del mapa de vulnerabilidad a movimientos de masa del distrito de Chugur

**Figura 29**

Vista panorámica del distrito de Chugur



Tabla 11

Coordenadas UTM tomadas en los puntos donde se realizó las fotografías de comprobación y evidencia en campo

Punto	Descripción	X	Y	Altitud (manm)
1	Coyunde Palma	750315	9267327	2935
2	Coyunde Grande	750302	9267326	2273
3	Coyunde Grande	750321	9267341	2937
4	Perlamayo Tambillo Bajo 1	753593	9262608	3111
5	Perlamayo Tambillo Bajo 2	753406	9263004	3014
6	Perlamayo Tres Lagunas 1	754838	9259763	3341
7	Perlamayo Capilla	753608	9264601	3229
8	Ramírez	750242	9260898	2958
9	Sinchau 1	758342	9256376	3838
10	Sinchau 2	758716	9256423	3833
12	Perlamayo Tambillo Alto	754343	9262049	3332
13	Perlamayo Tambillo Bajo3	752177	9262939	2941
14	Perlamayo Tres Lagunas 2	754281	9259810	3381
15	Pampa Grande	753999	9258969	3486

Figura 30

Mapa de hidrografía del distrito de Chugur

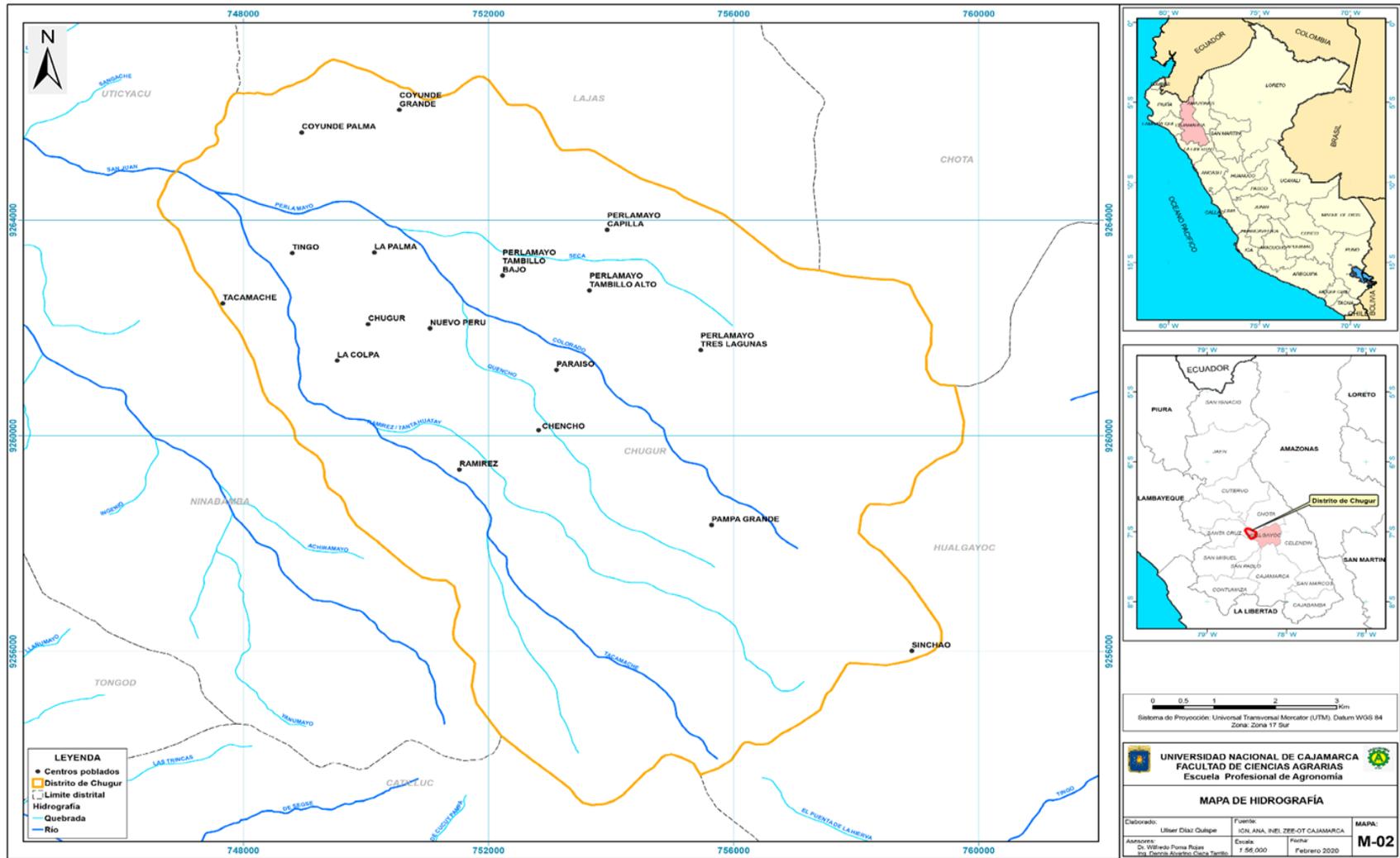


Figura 31

Mapa de vías de comunicación del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc

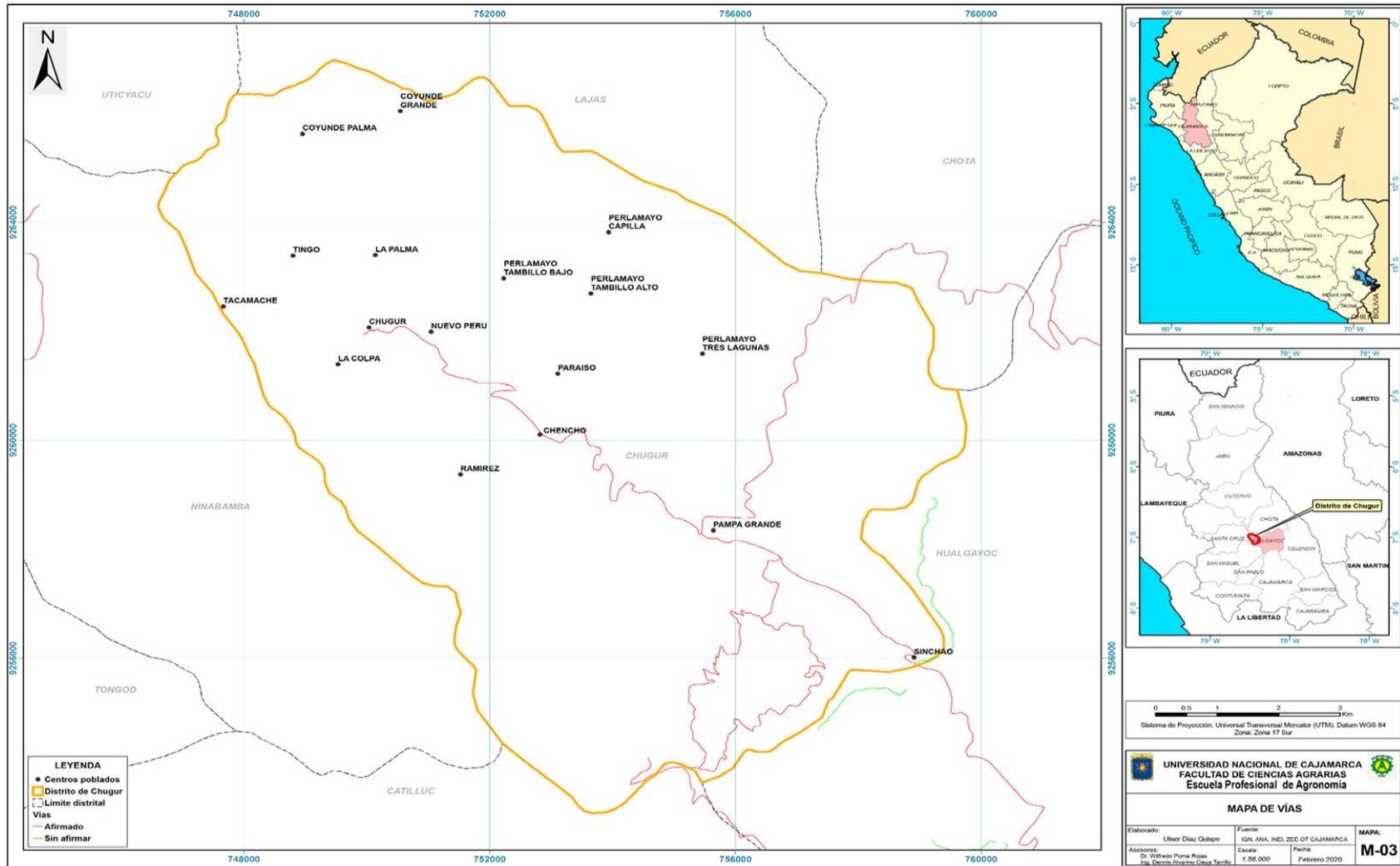


Figura 32

Mapa de cobertura vegetal del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc

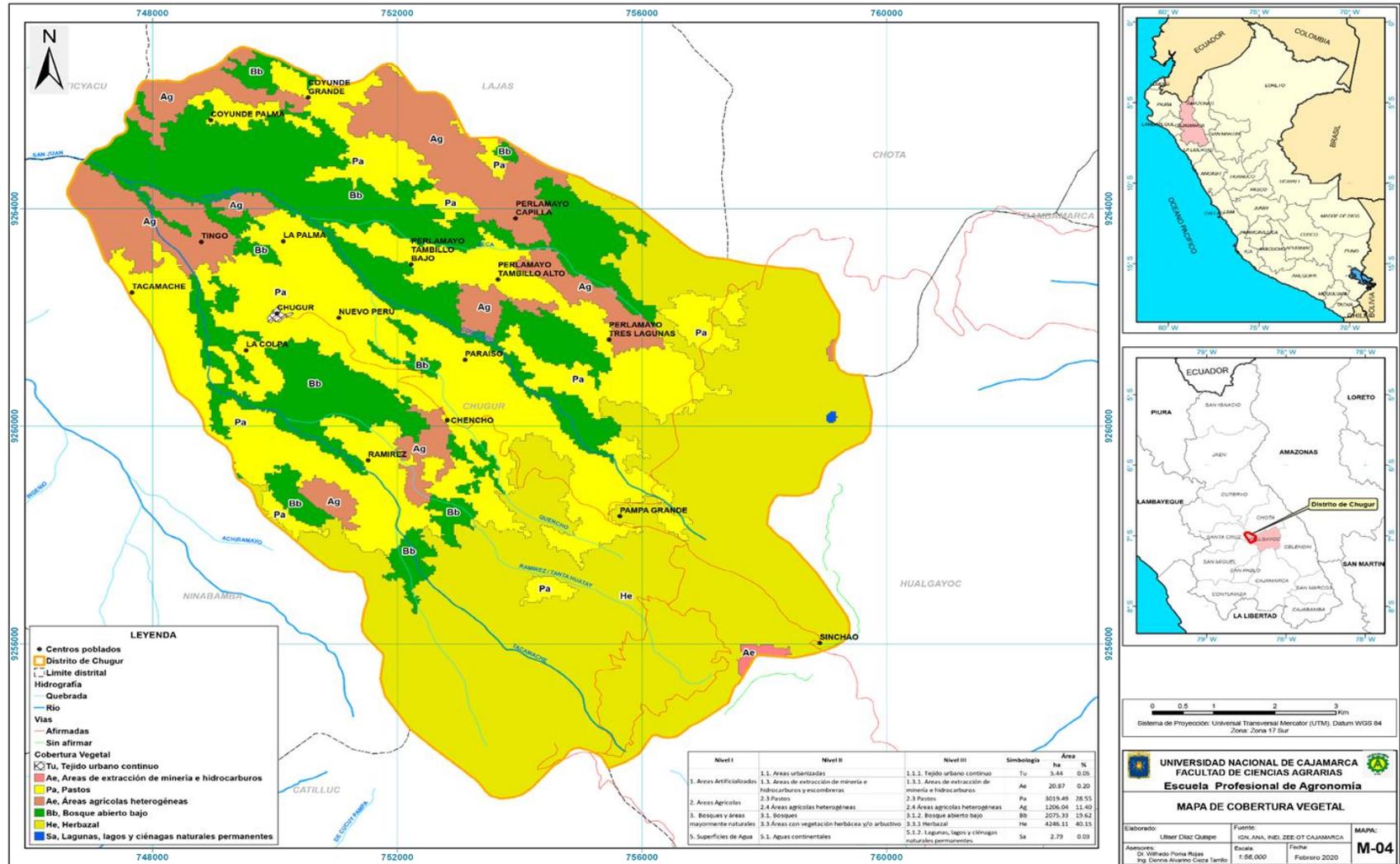


Figura 33

Mapa de Pendientes del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc

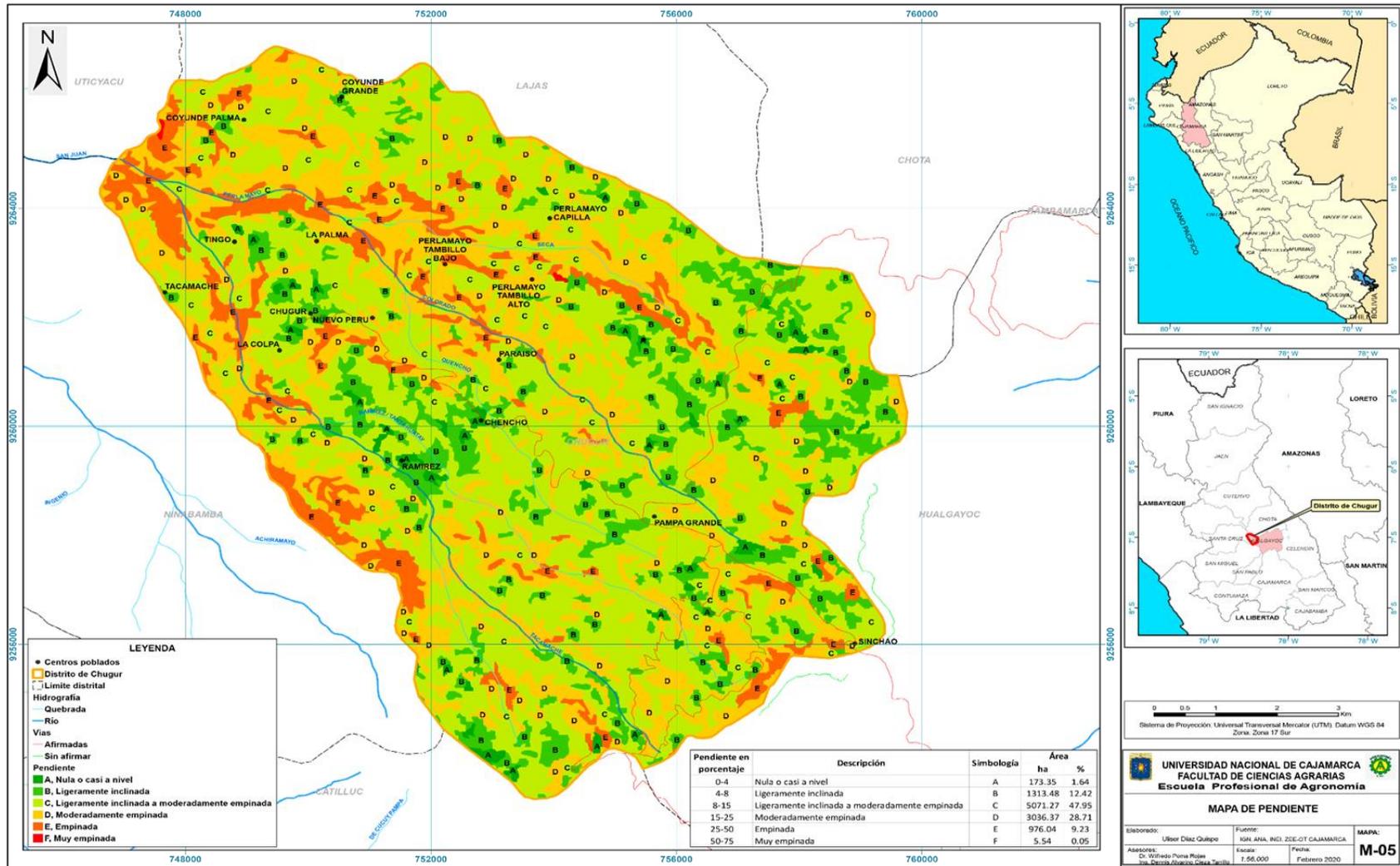


Figura 34

Mapa de Geomorfología del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc

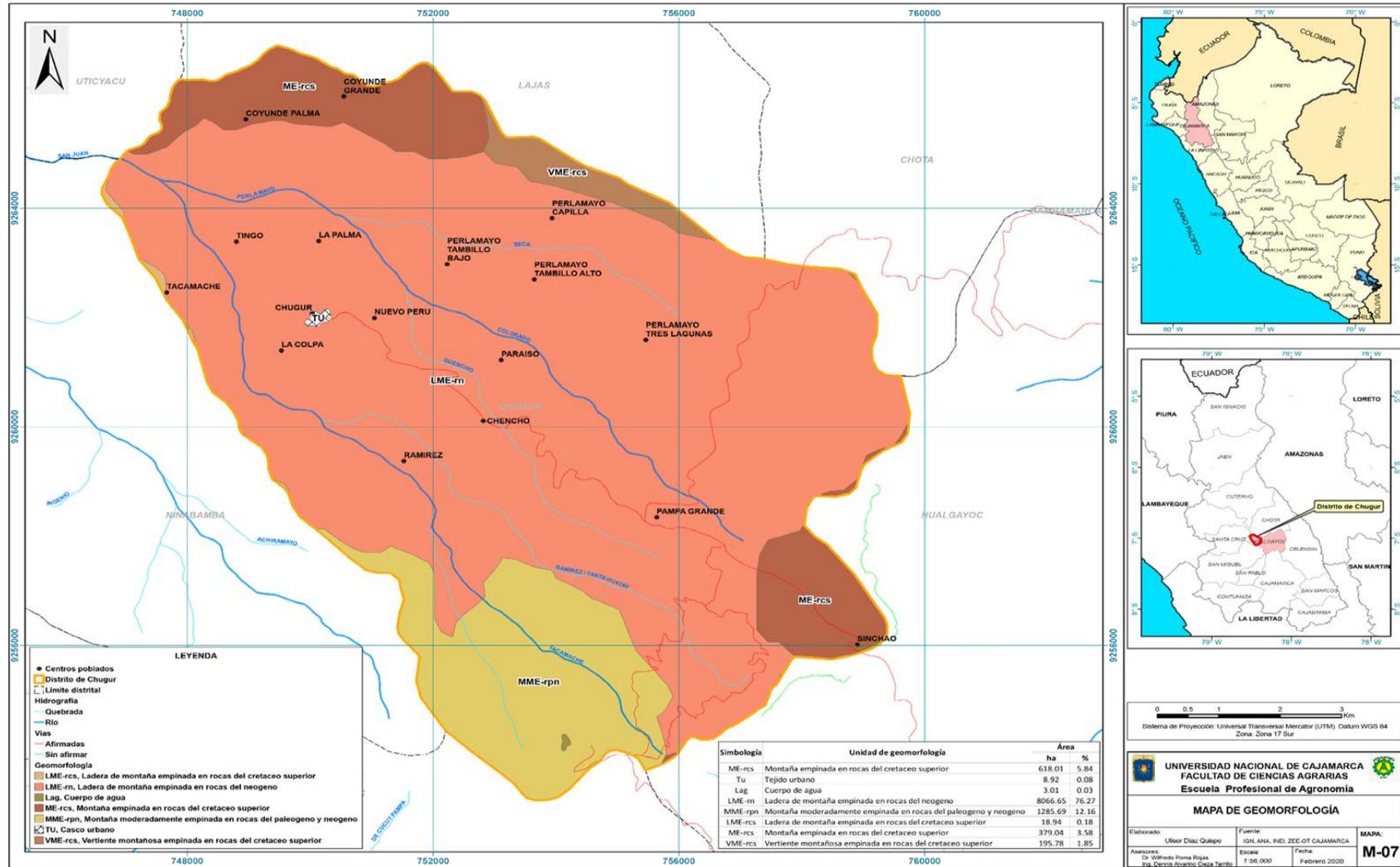


Figura 35

Mapa de Geología del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc

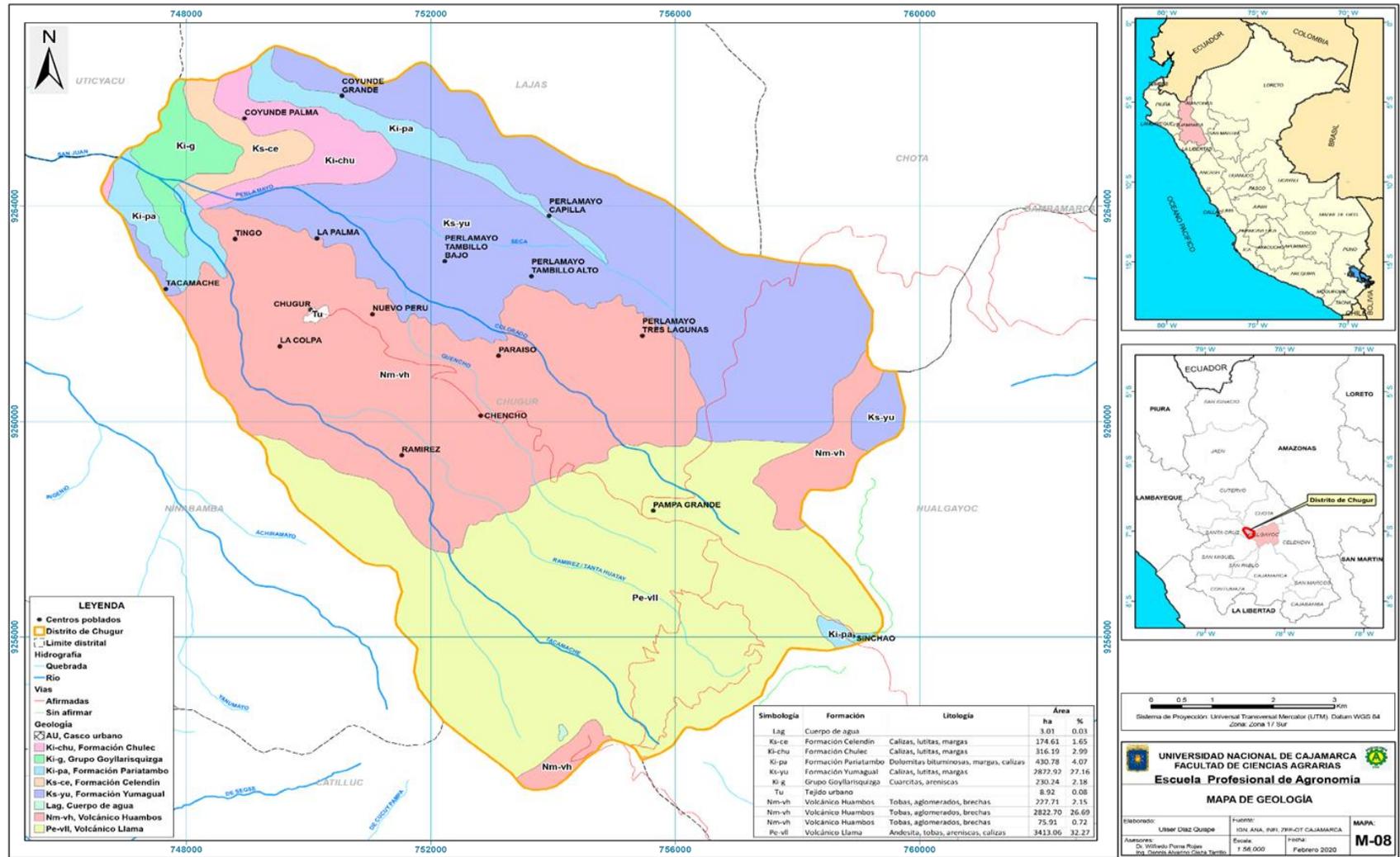


Figura 36

Mapa de precipitación del distrito de Chugur provincia de Hualgayoc

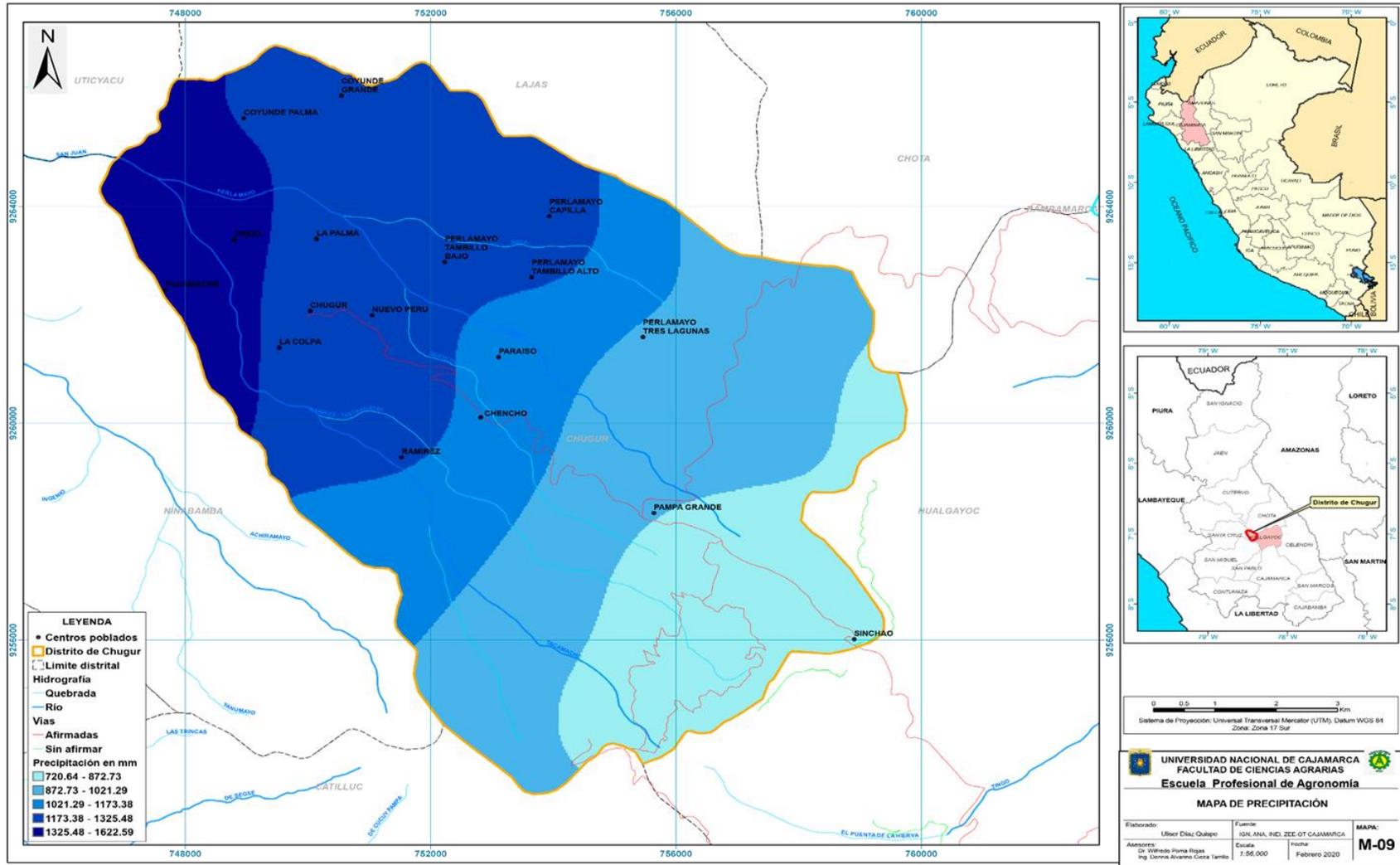


Figura 37

Mapa de puntos de fotografías tomadas del distrito Chugur provincia de Hualgayoc

