



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y**  
**METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA A NIVEL**  
**MICROZONIFICACIÓN PARA LA ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA**  
**Y ECONÓMICA DEL DISTRITO DE CABANA - PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ALEJANDRO LOPEZ RAMIREZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO - PERU**

**2018**



## DEDICATORIA

*A mi Padre Gervacio que me apoya y comprende en todos los momentos difíciles de mi vida.*

*A mi Madre Teodora por la paciencia y sus buenos consejos para perseverar en mis metas y objetivos de mi vida.*

*A mis hermanos por su apoyo incondicional.*



## AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater de la Universidad Nacional del Altiplano como máxima casa de estudios y formadora de excelentes profesionales

A la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, a los ingenieros instructores (docentes) por haberme brindado su enseñanza, apoyo y formación moral, que hoy dan grandes logros y éxitos en mi vida profesional.

A mis padres por su apoyo, paciencia, cariño y confianza, para poder realizar estos estudios.

A mi director de tesis el Ing. Luis Ortiz Gallegos, por la paciencia y el gran apoyo durante la elaboración de tesis y mi formación profesional.

Al Msc. Roger Gonzales Aliaga, por el gran apoyo en mi formación profesional en el área de geología de la Zonificación Ecológica y Económica, un eterno agradecimiento.

A mis grandes amigos y colegas de los diferentes proyectos donde labore por haber compartido sus experiencias profesionales y así contribuir con el desarrollo de esta actividad.

A todas las personas que de alguna manera apoyaron con la ejecución de este trabajo.



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE TABLAS**

**INDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE ACRONIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17**

1.1.1. Hipótesis General. .... 17

1.1.2. Hipótesis Específica. .... 17

**1.2. OBJETIVOS..... 17**

1.2.1. Objetivo General. .... 17

1.2.2. Objetivos Específicos..... 18

**1.3. JUSTIFICACIÓN..... 18**

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. LA GEOLOGÍA EN LOS PROCESOS DE ZEE..... 20**

**2.2. GEOLOGÍA REGIONAL ..... 21**

2.2.1. Paleozoico ..... 22

2.2.2. Mesozoico ..... 23

2.2.3. Cenozoico..... 25

**2.3. TECTÓNICA REGIONAL ..... 26**

2.3.1. Rasgos Estructurales ..... 28

2.3.2. Plegamientos: Sinclinorio de Putina ..... 29

2.3.3. Fallas y sobre-escurrimientos..... 30

**2.4. LA GEOMORFOLOGÍA EN LOS PROCESOS DE ZEE. .... 30**

2.4.1. Procesos morfodinámicos ..... 30

2.4.2. Formas de Relieve ..... 31

2.4.3. Grandes unidades morfoestructurales ..... 31



2.4.4.	Provincia geomorfológica y fisiográfica.....	32
2.4.5.	Clasificación de unidades geomorfológicas.....	32
2.4.6.	Mapa de pendientes.....	33
2.4.7.	Superficie por cada rango de pendientes.....	34
<b>2.5.</b>	<b>UTILIZACIÓN DEL SIG EN MICROZONIFICACIÓN. ....</b>	<b>34</b>
2.5.1.	Modelo de elevación digital (DEM). ....	34
2.5.2.	Imágenes satelitales RapidEye.....	35
<b>CAPITULO III</b>		
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		
<b>3.1.</b>	<b>PRIMERA ETAPA GABINETE 1. ....</b>	<b>37</b>
3.1.1.	Teledetección y sensores remotos.....	38
3.1.2.	Generación del modelo digital de elevación (DEM).....	41
3.1.3.	Construcción digital del mapa geomorfológico.....	46
<b>3.2.</b>	<b>SEGUNDA ETAPA CAMPO.....</b>	<b>48</b>
3.2.1.	Reconocimiento, análisis y corroboración de contactos litológicos y unidades geomorfológicas.....	49
<b>3.3.</b>	<b>ETAPA DE LABORATORIO.....</b>	<b>49</b>
<b>3.4.</b>	<b>TERCERA ETAPA GABINETE.....</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
<b>4.1.</b>	<b>CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION.....</b>	<b>52</b>
4.1.1.	Ubicación.....	52
4.1.2.	Superficie.....	52
4.1.3.	Limites Políticos.....	52
<b>4.2.</b>	<b>GEOLOGÍA.....</b>	<b>54</b>
4.2.1.	Paleozoico.....	54
4.2.2.	Mesozoico.....	59
4.2.3.	Cenozoico.....	67
4.2.4.	Intrusivos.....	76
<b>4.3.</b>	<b>GEOMORFOLÓGICA.....</b>	<b>84</b>
4.3.1.	Grandes unidades morfoestructurales.....	84
4.3.2.	Unidades Geomorfológicas.....	84
<b>4.4.</b>	<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>110</b>
<b>4.5.</b>	<b>GEOLOGÍA ECONÓMICA.....</b>	<b>117</b>
4.5.1.	Ocurrencias Mineras.....	117



4.5.2. Concesiones Mineras .....	121
4.5.3. Geoquímica .....	123
<b>4.6. DETERMINACIÓN DE UNIDADES GEOESPACIALES PARA EL POTENCIAL MINERO. ....</b>	<b>124</b>
4.6.1. Potencial Minero Metálico .....	125
4.6.2. Potencial Minero No Metálico .....	130
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>134</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>136</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>140</b>

**Área:** Geología Regional.

**Tema:** Microzonificación

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 16 de mayo del 2018



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla Nro. 1:</b> Clases de pendientes según el reglamento de clasificación de tierras del MINAGRI. ....	34
<b>Tabla Nro. 2:</b> Especificaciones técnicas de las imágenes RapidEye. ....	36
<b>Tabla Nro. 3:</b> Comparación de una imagen RapidEye con una ortofoto ....	38
<b>Tabla Nro. 4:</b> Rangos de pendientes clasificados. ....	47
<b>Tabla Nro. 5:</b> Parámetros morfométricos del distrito de Cabana. ....	48
<b>Tabla Nro. 6:</b> Descripción de muestras enviadas al laboratorio. ....	50
<b>Tabla Nro. 7:</b> Descripción de Lutita gris del miembro 3 muestra analizada en laboratorio. ....	56
<b>Tabla Nro. 8:</b> Descripción de Lutita gris del miembro 2 muestra analizada en laboratorio. ....	57
<b>Tabla Nro. 9:</b> Descripción de Lutita gris del miembro 3 muestra analizada en laboratorio. ....	58
<b>Tabla Nro. 10:</b> Descripción de conglomerado analizada en laboratorio. ....	59
<b>Tabla Nro. 11:</b> Descripción de arenisca arcósica analizada en laboratorio. ....	61
<b>Tabla Nro. 12:</b> Descripción de roca caliza analizada en laboratorio. ....	63
<b>Tabla Nro. 13:</b> Descripción de Caliza margosa analizada en laboratorio. ....	64
<b>Tabla Nro. 14:</b> Descripción de Arenisca cuarzosa analizada en laboratorio. ....	65
<b>Tabla Nro. 15:</b> Descripción de Areniscas Muñani analizada en laboratorio. ....	67
<b>Tabla Nro. 16:</b> Descripción de Andesita basáltica analizada en laboratorio. ....	69
<b>Tabla Nro. 17:</b> Descripción de intrusivo Diorítico analizada en laboratorio. ....	77
<b>Tabla Nro. 18:</b> Descripción de pórfido analizada en laboratorio. ....	79
<b>Tabla Nro. 19:</b> Unidades litológicas del distrito de Cabana. ....	80
<b>Tabla Nro. 20:</b> Resumen De Las Unidades Geomorfológicas del distrito de Cabana. ....	108



<b>Tabla Nro. 21:</b> Datos de medición microestructural muestra 1.....	111
<b>Tabla Nro. 22:</b> Datos de medición microestructural muestra 2.....	112
<b>Tabla Nro. 23:</b> Datos de medición microestructural muestra 3.....	112
<b>Tabla Nro. 24:</b> Datos de medición microestructural muestra 4.....	113
<b>Tabla Nro. 25:</b> Datos de medición microestructural muestra 5.....	114
<b>Tabla Nro. 26:</b> Datos de medición microestructural muestra 6.....	114
<b>Tabla Nro. 27:</b> Representación de las ocurrencias mineras metálicas en el distrito de Cabana. ....	117
<b>Tabla Nro. 28:</b> Representación de las ocurrencias mineras no metálicas en el distrito de Cabana. ....	119
<b>Tabla Nro. 29:</b> Representación de las áreas concesionadas del distrito de Cabana. ...	121
<b>Tabla Nro. 30:</b> Relación de muestras enviadas para el análisis de laboratorio. ....	123
<b>Tabla Nro. 31:</b> Resultados de las muestras enviadas al laboratorio. ....	124
<b>Tabla Nro. 32:</b> Pesos asignados a cada variable.....	127
<b>Tabla Nro. 33:</b> Pesos asignados a cada variable.....	131





## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura Nro. 1:</b> Columna estratigrafía de la Región del Altiplano. ....	22
<b>Figura Nro. 2:</b> Actividad espacial de la actividad sísmica en el Perú Fuente: (IGP) ...	28
<b>Figura Nro. 3:</b> Combinación de banda RapidEye 3-2-1.....	39
<b>Figura Nro. 4:</b> Combinación de banda RapidEye 5-3-1.....	39
<b>Figura Nro. 5:</b> Combinación de banda RapidEye 1-3-5.....	40
<b>Figura Nro. 6:</b> Modelo De Elevación Digital del Distrito de Cabana.....	42
<b>Figura Nro. 7:</b> Modelo De Elevación en 3D del distrito de Cabana. ....	43
<b>Figura Nro. 8:</b> Modelo De Elevación Digital en HillShade del Distrito de Cabana. ....	45
<b>Figura Nro. 9:</b> Modelo de microscopio EUROMEX acromáticos con oculares WF10X .....	50
<b>Figura Nro. 10:</b> Grupo Cabanillas conformada de areniscas cuarzosas. N: 8266995 E: 359372. ....	55
<b>Figura Nro. 11:</b> Estratificación ondulada del Grupo Cabanillas. N: 8269362 E: 358048.27 .....	56
<b>Figura Nro. 12:</b> Estratos de la Formación Huancané. N: 8267325 E: 358124. ....	60
<b>Figura Nro. 13:</b> Contacto de Calizas Ayabacas tipo (a) con las calizas tipo (b). N: 8265699 E: 358251.38.....	62
<b>Figura Nro. 14:</b> Calizas Ayabacas con impurezas de Yeso. ....	63
<b>Figura Nro. 15:</b> Formación Vilquechico con intercalaciones lutitas, arenisca y caliza. N: 8261846 E: 356234.....	65
<b>Figura Nro. 16:</b> Contacto de la fm. Muñani con el intrusivo Diorítico. N: 8260722 E: 354574. ....	66
<b>Figura Nro. 17:</b> Intercalación de arenisca y conglomerado del gpo. Puno. N: 8271693 E: 364539.....	68
<b>Figura Nro. 18:</b> Grupo Barroso con relieve de meseta de lava. ....	69
<b>Figura Nro. 19:</b> Afloramiento de la formación Azángaro (a). N: 8272310 E: 364990. 70	
<b>Figura Nro. 20:</b> Afloramiento de la formación Azángaro (b). ....	71
<b>Figura Nro. 21:</b> Depósitos aluviales limoarenosa con matriz calcárea. N: 8265254 E: 358936 .....	72
<b>Figura Nro. 22:</b> Depósito aluvial limo-arcilloso oscuro de la comunidad campesina de Tiracoma.....	72



<b>Figura Nro. 23:</b> Depósitos aluviales tipo 3 del distrito de Cabana. ....	73
<b>Figura Nro. 24:</b> Depósitos aluviales que describen gravas subangulosas en matriz arenosa. ....	74
<b>Figura Nro. 25:</b> Depósitos Coluviales de gravas en matriz arena guijarrosa. N: 8268551 E: 357312.....	74
<b>Figura Nro. 26:</b> Depósitos de bofedal del distrito de Cabana. ....	75
<b>Figura Nro. 27:</b> Depósitos Fluvioaluviales del rio Cabanillas.....	76
<b>Figura Nro. 28:</b> Intrusivo Diorítico del distrito de Cabana. ....	77
<b>Figura Nro. 29:</b> Pórfido de Pórfido de plagioclasas y cuarzo. N: 8260729 E: 354794.	78
<b>Figura Nro. 30:</b> Columna Litoestratigráficas para el distrito de Cabana. ....	81
<b>Figura Nro. 31:</b> Sección geológica del distrito de Cabana (Ver anexo 3). ....	83
<b>Figura Nro. 32:</b> Área urbana del distrito de Cabana. N: 8269279 E: 358111.....	85
<b>Figura Nro. 33:</b> Colina alta estructural de la formación Vilquechico. N: 8262203 E: 356757. ....	86
<b>Figura Nro. 34:</b> Colina baja estructural del distrito de Cabana. ....	88
<b>Figura Nro. 35:</b> Colina media estructural en el distrito de Cabana. N: 8261844 E: 356234. ....	89
<b>Figura Nro. 36:</b> Ladera de colina baja del distrito de Cabana.....	90
<b>Figura Nro. 37:</b> Laguna temporal del distrito de Cabana. N: 8271203 E: 370910. ....	91
<b>Figura Nro. 38:</b> Lecho Fluvial del distrito de Cabana.....	92
<b>Figura Nro. 39:</b> Llanura aluvial del distrito de Cabana. N: 8268216 E: 358703. ....	93
<b>Figura Nro. 40:</b> Llanura aluvial eventualmente inundable del distrito de Cabana. N: 8274887 E: 367191.....	94
<b>Figura Nro. 41:</b> Llanura fluvio aluvial del distrito de Cabana. N: 8275188 E: 359988. ....	95
<b>Figura Nro. 42:</b> Llanura inundable del distrito de Cabana. N: 8269656 E: 369336. ....	96
<b>Figura Nro. 43:</b> Lomada estructural del Distrito de Cabana. N: 8273072 E: 368634. .	97
<b>Figura Nro. 44:</b> Meseta de colina alta estructural del Grupo Barroso en el distrito de Cabana. N: 8262277 E: 354308.....	98
<b>Figura Nro. 45:</b> Montaña baja estructural en el distrito de Cabana. N: 8260704 E: 354635. ....	99
<b>Figura Nro. 46:</b> Montaña media estructural en el distrito de Cabana. N: 8262491 E: 353657. ....	100
<b>Figura Nro. 47:</b> Pie de colina baja en el distrito de Cabana.....	101



<b>Figura Nro. 48:</b> Rio Cabanillas. N: 8272784 E: 357634.....	102
<b>Figura Nro. 49:</b> Terrazas onduladas del distrito de Cabana. N: 8272811 E: 358293.	103
<b>Figura Nro. 50:</b> Terrazas bajas onduladas de la formación Azángaro. N: 8274539 E: 366301.....	104
<b>Figura Nro. 51:</b> Terrazas bajas onduladas de depósitos fluvio-aluviales. N: 8278871 E: 365206.....	105
<b>Figura Nro. 52:</b> Terrazas medias onduladas del distrito de Cabana. N: 8268710 E: 361571.....	106
<b>Figura Nro. 53:</b> Valle coluvial con vista al distrito de Cabana. N: 8268385 E: 356765. .....	107
<b>Figura Nro. 54:</b> Valle Coluvial intramontañosa. N: 8263085 E: 354334. ....	108
<b>Figura Nro. 55:</b> Pliegues Anticlinales tumbado con dirección NE – SO.....	110
<b>Figura Nro. 56:</b> Labores mineras abandonadas al SW del distrito de Cabana.....	118
<b>Figura Nro. 57:</b> Variables temáticas que conformara el Sub modelo del potencial minero metálico.....	125
<b>Figura Nro. 58</b> Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Minero Metálico .....	128
<b>Figura Nro. 59.</b> Variables temáticas que conformara el Sub modelo del potencial minero no metálico .....	130
<b>Figura Nro. 60 .</b> Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Minero No Metálico .....	132



## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa Nro. 1: Ubicación y localización del distrito de Cabana. ....	53
Mapa Nro. 2: Mapa Geológico del distrito de Cabana (Ver anexo 1). ....	82
Mapa Nro. 3: Mapa Geomorfológico del distrito de Cabana (Ver anexo 2). ....	109
Mapa Nro. 4: Mapa de estructuras geológicas del distrito de Cabana (Ver anexo 3). .	116
Mapa Nro. 5: Mapa de las ocurrencias mineras del distrito de Cabana. ....	120
Mapa Nro. 6: Mapa de las concesiones mineras en el distrito de Cabana .....	122
Mapa Nro. 7: Mapa Sub modelo potencial minero metálico del distrito de Cabana ....	129
Mapa Nro. 8: Mapa Sub modelo potencial minero metálico del distrito de Cabana. ...	133



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>MINAM:</b>	Ministerio del Ambiente
<b>O.T.:</b>	Ordenamiento Territorial
<b>S.I.G.:</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>Z.E.E.:</b>	Zonificación Ecológica y Económica
<b>P.M.N.M.:</b>	Potencial Minero No Metálico
<b>P.M.M.:</b>	Potencial Minero Metálico
<b>S.M.:</b>	Sub Modelo
<b>INGEMMET:</b>	Instituto Geológico Minero Metalúrgico
<b>DRME:</b>	Dirección de Recursos Minerales y Energéticos
<b>D.E.M.:</b>	Modelo de Elevación Digital.
<b>I.G.N.:</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>I.G.P.:</b>	Instituto Geofísico del Perú.
<b>D.R.E.M.:</b>	Dirección Regional de Energía y Minas.
<b>U.S.G.S.:</b>	United States Geological Survey



## RESUMEN

Los estudios para la generación de información temática geoespacial referida a la geología y geomorfología contemplan un gran interés en los estudios base de los procesos de Zonificación Ecológica y Económica. (ZEE), la misma que comprende tres tipos de escalas; la macrozonificación, mesozonificación y microzonificación. Esta información temática, es utilizada por las especialidades de; fisiografía, biología, área socioeconómica, sociocultural, etc. Que intervienen en esta primera etapa del Ordenamiento Territorial (OT), como dice la normatividad nacional. El Distrito de Cabana, está ubicado en la provincia de San Román del departamento de Puno, perteneciente a la Región Puno, Perú, siendo uno de los 04 distritos que contempla esta provincia. Su capital es el poblado de Cabana. Para la elaboración de este proceso, se ha utilizado una metodología que consiste en tres (3) etapas, mencionadas a continuación: Primera etapa o etapa de gabinete 1, que consiste en la recopilación de información de carácter geológico que involucre al área de estudio, Segunda etapa o etapa de campo, que consiste en la verificación de las características geológicas, estructurales y geomorfológicas INSITU y por último la Tercera etapa o etapa de gabinete 3, que consiste en la sistematización y corrección de los estudios referidos. Las características geológicas y geomorfológicas que contempla el distrito de Cabana son muy peculiares debido a que se han registrado diecisiete (17) unidades litoestratigráficas y veinte y uno (21) unidades geomorfológicas que fueron clasificadas y descritas en el siguiente informe. Así mismo el área de estudio, presenta áreas restringidas en un 0.87% de área del territorio con nivel alto, con lo que respecta al potencial minero metálico y 5.8% del territorio con nivel muy alto de área favorable para la evaluación y exploración del potencial minero no metálico.

**Palabras claves (Keywords)** Microzonificación, Geología, Geomorfología. Zonificación Ecológica Económica (ZEE). Cabana.



## ABSTRACT

The studies for the generation of geospatial thematic information related to geology and geomorphology contemplate a great interest in the basic studies of the processes of Ecological and Economic Zoning. (ZEE), which includes three types of scales; macrozonification, mesozonification and microzonation. This thematic information is used by the specialties of; physiography, biology, socioeconomic area, sociocultural, etc. That they intervene in this first stage of the Territorial Planning (OT), as the national regulations say The District of Cabana, is located in the province of San Román of the department of Puno, belonging to the Puno Region, Peru, being one of the 04 districts that this province contemplates. Its capital is the town of Cabana. For the elaboration of this process, a methodology has been used that consists of three (3) stages, mentioned below: First stage or cabinet stage 1, which consists of the collection of geological information that involves the study area, Second stage or field stage, which consists in the verification of the INSITU geological, structural and geomorphological characteristics and finally the Third stage or cabinet stage 3, which consists in the systematization and correction of the referred studies. The geological and geomorphological characteristics contemplated by the district of Cabana are very peculiar because seventeen (17) lithostratigraphic units and twenty-one (21) geomorphological units have been registered that were classified and described in the following report. Likewise, the study area has restricted areas in a 0.87% area of the territory with a high level, with respect to the metallic mining potential and 5.8% of the territory with a very high level of favorable area for the evaluation and exploration of the mining potential not metallic

**Keywords (Palabras claves)** Microzonification, Geology, Geomorphology. Ecological Economic Zoning (ZEE). Cabana.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

Las nuevas tendencias de conservación del medio ambiente hacen que los estos estudios de ZEE prioricen y mejoren las escalas de trabajo para obtener un mayor detalle del medio físico y biológico, como se realizó para el distrito de Cabana a escala 1/25,000 (nivel micro-zonificación); esto con la finalidad de identificar los recursos naturales renovables (RNR) y no renovables (RNNR), la misma que aportaran ideas a nuevas para el desarrollo sostenible del área estudiada.

El proceso y política de OT a nivel nacional implica varios estudios primordiales con la consiguiente generación de información temática, en el cual la geología y la geomorfología forman la parte fundamental en los estudios de ZEE.

Los estudios del medio físico a nivel microzonificación conllevan a representar con mayor detalle un área determinada; los estudios de caracterización geológica y geomorfológica son básicos y se hacen en la primera etapa, luego le siguen los estudios y análisis de potencialidades tanto de recursos naturales renovables y no renovables, para luego llegar a las unidades ecológicas económicas.

La utilización de imágenes satelitales son herramientas muy indispensables para el cartografiado de un área de intervención, por la cual se usara aquellas cuyas imágenes nos brinde combinación de bandas y mayor información resolutive, en este proceso se utilizara imágenes satelitales con pixeles de 5m<sup>2</sup>, resolución que poseen las imágenes RapidEye, también se apoyara con otras imágenes satelitales que nos puedan brindar una





mayor resolución para realizar una mejor vectorización en el cartografiado de carácter geológico, con imagen resolutive de hasta 30cm<sup>2</sup> por pixel, la cual aporta a analizar e identificar contactos litológicos, geomorfológicos y estructurales, la misma que no podrían ser reconocidas con facilidad.

## **1.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.1.1. Hipótesis General.**

Los estudios de caracterización geológica son sumamente importantes para el conocimiento del medio físico del territorio, las cuales conllevan a que se encuentren áreas específicas de interés económico, social y/o cultural, es por eso que el distrito de Cabana por su potencialidad agrícola fue escogido por el programa de apoyo presupuestario EUROECOTRADE.

### **1.1.2. Hipótesis Específica.**

- El cartografiado geológico se realiza para la generación de información temática, que es base para los estudios en los procesos de la ZEE.
- La caracterización geomorfológica se realiza para mostrar las diferentes formas que tiene un ámbito de estudio y que a su vez esta sirva de base para otros estudios como el área suelos, biología, fauna, antropología y turismo.

## **1.2. OBJETIVOS.**

### **1.2.1. Objetivo General.**

Realizar el levantamiento de información temática con carácter geológico y geomorfológico para estudios base, en los procesos a nivel “micro”-zonificación para el distrito de Cabana, Provincia de San Román del departamento de Puno.



### 1.2.2. Objetivos Específicos.

- Generar información sobre las características geológicas para el proceso de microzonificación del distrito de Cabana.
- Generar información geomorfológica para el proceso de microzonificación para el distrito de Cabana.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN.

La ZEE realiza estudios para identificar las potencialidades naturales de un país, departamento y/o distritos, las cuales conllevan a determinar alternativas de uso para la facilitación en el desarrollo sostenible que pueda generar un área determinada, en el caso de la geología se evalúan los recursos no renovables que se refieren a sus potencialidades minero metálica, minero no metálica e hidrocarburos.

Estos estudios vienen siendo fiscalizados por el Ministerio del Ambiente (MINAM), de acuerdo a ello se tienen parámetros porcentuales de avances, categorizados en cuatro etapas que representan el estado de avance de la ZEE de cada departamento a nivel nacional.

Hasta el momento de la escritura de este trabajo cinco departamentos se encuentran en la etapa inicial de formulación y organización, el cual representa un 10% de avance; en otros cinco departamentos se encuentran en la etapa de formulación y ejecución que está representado del 11% al 50% de avance, en dos departamentos están en la etapa final representados del 51% al 99% y finalmente trece departamentos ya cuentan con la propuesta final de la ZEE concluida al 100%, cabe recalcar que estos estudios están en un nivel entre la macrozonificación y la mesozonificación.



Los estudios de microzonificación se realizan de acuerdo al marco del convenio EURO-ECO-TRADE que es fiscalizado por el MINAM. Cabe mencionar que el departamento de Puno cuenta con la propuesta final de la (ZEE) que fue concluido el 2014 y publicado el 2016, de acuerdo a esto se impulsa los estudios para la caracterización de información temática de geología y geomorfología a nivel microzonificación que está enfocado a la identificación de depósitos cuaternarios y áreas favorables que tengan relevancia para la producción de quinua, en donde han tomado como zonas de interés a los distritos de Cabana y Samán.

Estos estudios aportaran en el desarrollo de los distintos proyectos debido al mal uso que se ha estado impartiendo en el territorio a nivel nacional, esto para evitar futuros conflictos sociales referidos a la minería ilegal e informal y otros procesos la cual produzcan un impacto en los recursos naturales.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. LA GEOLOGÍA EN LOS PROCESOS DE ZEE.

La geología forma parte importante del proceso Microzonificación para el área de intervención, las cuales se realizan por etapas de análisis y evaluación del territorio, ya que dicho estudio es fundamental y base para la generación de información temática para el análisis de sus características físicas; estos estudios son tomados en cuenta por las diferentes especialidades multidisciplinarias que trabajan en un proceso de ZEE (fisiografía, biología, sociocultural, socioeconómica, etc).

Como la geológica se encarga de estudiar científicamente el desarrollo de la naturaleza inorgánica, para entender estos fenómenos es necesario recurrir a las obras de quienes la formularon y desarrollaron las bases de este conocimiento Rivera (2011).

Las primeras investigaciones geológicas que conciernen en algo al tema de trabajo es la de RAIMONDI (1902), quien examinó las aguas termales alrededor de Ocuwiri, al norte de la zona de estudio. Más tarde DOUGLAS (1941) y JAWORSKI (1915) dieron a conocer la presencia de rocas jurásicas en el área.

Los principales trabajos que dieron el conocimiento y establecieron la estratigrafía en la Cordillera y en el Altiplano fueron los de JENKS (1946) y NEWELL (1949). Más tarde se hizo la caracterización geológica por parte de la comisión de la Carta Geológica Nacional por MENDIVIL (1965) y WILSON y GARCIA (1962) los cuales establecieron la estratigrafía Cenozoica la que fue subsecuentemente aplicada en todo el sur del Perú incluyendo los cuadrángulos adyacentes al Sur del área del Proyecto y que son descritos por MAROCCO y DEL PINO (1966), GARCIA (1978) y VARGAS (1970).



Trabajos de JONG (1974) y PORTUGAL (1974) dieron nuevos lineamientos estructurales y estratigráficos, LAUBACHER (1978) redefine la estratigrafía del Paleozoico. También se han hecho síntesis regionales basadas en los trabajos en detalle al N del área del Proyecto por AUDEBAUD y otros (1973; 1976). (Boletín N° 42<sup>a</sup>, O. Palacios et. al. 1993 -INGEMMET)

## **1.2. GEOLOGÍA REGIONAL**

Uno de los últimos estudios de investigación denominada: Proyecto Geológico Integrado del Sur fue realizada entre 1983 y 1986 bajo un programa de Cooperación Técnica entre los Gobiernos del Reino Unido y del Perú. Los organismos encargados de ejecutarlo fueron el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) del Ministerio de Energía y Minas y el British Geological Survey (BGS) bajo los auspicios de The Overseas Development Administración (ODA).

### COLUMNA ESTRATIGRAFICA REGION DEL ALTIPLANO

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	GROSOR (m.)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	Fm. Azángaro			Limolitas y areniscas limosas beige Disc. eros.	
		NEOGENO	PLIOCENO	Gpo. Barroso	±500		Derrames andesíticos, piroclastos y brechas volcánicas. angularidad
	MIOCENO		SUPERIOR	Gpo. Sillapaca	50 500		Tobas, brechas volcánicas, lavas.
			MEDIO	Fm. Palca			Tobas riolíticas riolíticas. Disc. ang.
	PALEOGENO	PALEOCENO	Fm. Tinajani	±1000		Conglomerados polimícticos Flujos andesíticos, tobas, brechas y areniscas vulcanodásticas. Disc. ang.	
			Gpo. Tacaza	±3600			
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Fm. Muñani	300 800		Areniscas y limoarcillitas marrón rojas de grano fino a grueso.
				Fm. Ausangate			Areniscas roja con niveles de lodolitas.
				Fm. Vilquechico	480 680		Limoarcillitas gris oscuras con niveles de areniscas.
			INFERIOR	Gpo. Mollo	Fm. Ayavacas	±1,200	
Fm. Huancané				100 500		Areniscas cuarzosas blanco rosáceas Calizas laminadas ligeramente espáticas	
Fm. Muñi				Mbo. Sipim	60-140		Areniscas, limoarcillitas rojas.
JURASICO		SUPERIOR				Limolitas y areniscas cuarzosas claras	
		MEDIO	Gpo. Lagumillas	Gpo. Yura	100 2600		Calizas gris oscuras intercaladas con pelitas negras y areniscas calcáreas.
		INFERIOR	Gpo. Iscay	250		Lavas andesíticas, tobas y brechas conglomerados y areniscas rojas	
			Gpo. Mito	3000		Areniscas calcáreas y limolitas rojas con intercalaciones calcáreas	
PALEOZOICO	SUPERIOR	PERMIANO	Gpo. Copacabana	100 1000		Calizas gris clara con nodulos de chert en estratos tabulares	
			Gpo. Tarma	50-750		Areniscas cuarzosas verdes y limolitas grises	
		CARBONIFERO	SUPERIOR	Gpo. Ambo	200 1000		Conglomerados polimícticos, areniscas y limolitas rojas con niveles pelíticos grises Disc. ang.
			INFERIOR				Capas delgadas de areniscas y limolitas con lutitas nodulares
	DEVONIANO	SUPERIOR				Lutitas grises intercaladas con capas delgadas de areniscas, con facies turbidíticas, con presencia de fósiles.	
		MEDIO	Gpo. Cabanillas	±3000			
	INFERIOR	ORDOVICIANO	SILURIANO				
			Fm. Calapuja	±3500		Lutitas grises con intercalaciones de areniscas y cuarcitas blancas de grano fino.	

Figura Nro. 1: Columna estratigrafía de la Región del Altiplano.

Fuente: Elaboración en base a INGEMMET y IUSG (Internacional Unión Geological Survey).

#### 1.2.1. Paleozoico

##### Grupo Cabanillas. (D-c)

La sección fue definida por NEWELL (1949) en el área de Cabanillas 40 km. Al SO de Juliaca. Este grupo consiste de una gruesa secuencia de lutitas fisibles de color pardo a gris oscuro, intercaladas con limolitas y areniscas grises o verdosas de grano fino,



que cuando se intemperizan adquieren un color marrón amarillento. En su sección intermedia, ocurren paquetes de pizarras negras muy duras y competentes. En general, el grupo se presenta en capas delgadas, con buzamientos desde moderados hasta casi verticales. Por su litología mayormente blanda, estas capas conforman una dominante morfología suave y monótona, salvo en las áreas donde afloran las pizarras que por su dureza dan lugar a acantilados verticales VALENCIA, M. & ROSELL, W (2001).

Por su contenido fosilífero, se considera que la edad de este grupo corresponde al devoniano medio a superior, pero algunos autores la consideran más antigua, hasta el siluriano superior. Se estima que su espesor alcanza los 1200 m.

### **1.2.2. Mesozoico**

#### **Formación Gramadal (Ji-gr)**

La Formación Gramadal aflora en la Quebrada Seraj (1798, 82485), donde se observan pequeños afloramientos de calizas gris oscuro, lajasas, cubiertas por una caliza nodular masiva que suma en total cerca de 200 m. de grosor. No se coleccionó fósiles, pero la fauna de corales y gasterópodos de la sección tipo es considerada como de edad barremiana (VICENTE 1981).

#### **Formación Huancané (K-hn)**

Consiste de areniscas rosadas, masivas, localmente cuarcíferas y feldespáticas con pequeños horizontes de lutitas y a veces conglomerados violáceo conformando delgados y sucesivos paquetes de sinclinales y anticlinales invertidos. Se le considera de ambiente de deposición subcontinental a continental, en profundidad parece estar solapada por las formaciones Moho y arenisca Cotacucho (NEWEL, 1949).

Sus afloramientos más característicos se hallan en la localidad homónima, comprendida por el presente estudio, donde alcanza un espesor de 500 m, aunque a veces



se le encuentra fallada y cubierta por depósitos recientes. Su edad es asignada al Cretáceo inferior.

### **Formación Ayabacas (Kis-ay)**

Asignada como formación por PALACIOS et. al, (1993) pero descrita por NEWELL (1949). Esta formación estratigráfica tiene cuerpos de roca con formas alargadas disgregados en el sector central de la región (entre las cordilleras Occidental y Oriental) con orientación noroeste-sureste, la litología tipo deriva de la localidad de Ayabacas en el cuadrángulo de Juliaca en la carretera Juliaca – Taraco.

Esta formación se halla constituida esencialmente por calizas masivas de color gris, con numerosas oquedades tabulares, a veces rellenas con caliza arcillosa; algunas capas consisten de calizas brechoides con intercalaciones de lutitas limolíticas. Localmente contienen nódulos y lentes de chert negro. También ocurren capas de areniscas de grano fino y de color rojo ladrillo oscuro. En general las capas están sujetas a la intemperización con una superficie muy áspera. PALACIOS et. al, (1993)

### **Formación Vilquechico (Ks-vi)**

Consiste de una secuencia de lutitas silíceas de coloraciones grises, rojas, verde olivo y negras, que se suceden en delgados horizontes en los pliegues del sinclinorio de Putina, subordinadamente ocurren areniscas cuarzosas de grano fino a grueso de colores grises, anaranjados y rosadas. Casi toda la secuencia de lutitas tiene una laminación muy fina, las que intemperizadas se presentan como bloques sub-cuboidales, apreciándose también oquedades tubulares (PALACIOS et. al, 1993).

Al no contener fósiles en sus estratos, se le asigna una edad cretácica superior. Su espesor es estimado en 700 a 800 m. Sus mejores y más característicos afloramientos ocurren al Norte de la localidad de Huancané.





### **Formación Muñani (P-mu)**

La sección tipo de esta formación, mapeada por primera vez por NEWELL, (1945-1949) se encuentra cerca al pueblo de Muñani, aproximadamente a 30 km al N del cuadrángulo de Huancané. NEWELL (1949), también ha mapeado las Areniscas Muñani, en el núcleo del Sinclinal de Vilquechico, el cual ha sido seguido en el presente trabajo aunque no hay una correlación directa con el área típica. La formación también aflora en el sector NE del cuadrángulo de Moho.

La base de la secuencia ha sido ubicada por un rasgo topográfico prominente formado por areniscas que descansan en concordancia sobre la Formación Vilquechico, usualmente conocida por cambios abruptos en la pendiente. La potencia en el Sinclinal de Vilquechico es de 350 m. y 450 m. en el N del cuadrángulo de Moho. La parte superior no existe debido a erosión. Esta formación siempre tiene buena expresión fotogeológica, formando rasgos positivos que son de tono más claro que la formación Vilquechico NEWELL (1949).

### **1.2.3. Cenozoico**

#### **Depósitos Cuaternarios (Qh-al)**

Los depósitos cuaternarios en el altiplano se manifiestan en toda la altiplanicie regional abarcando una extensión considerable. Los depósitos cuaternarios también se encuentran distribuidos en el área de estudio.

Estos depósitos se encuentran relacionados a fondos de valle, depresiones, llanuras y laderas de montaña, aquí se observan litologías como: arcillas y limos, arenas y gravas no consolidadas depositadas por la corriente de los ríos flujos de agua y corriente laminares todas ellas incluyen sedimentos fluviales y coluviales (PALACIOS et. al, 1993). La mayor parte de las áreas de afloramientos rocosos en las cordilleras y en el



altiplano Puneño delimitado en el plano geológico, contiene una cubierta relativamente variable desde espesores delgados (menor que 1 m de espesor) hasta grandes potencias (mayores a 1 metro de espesor) de material eólico, coluvial, aluvial.

### **1.3. TECTÓNICA REGIONAL**

Dentro de un marco regional, el territorio peruano se ubica en una zona de alta actividad sísmica, por formar parte del cinturón de fuego circumpacífico y por hallarse frente a la fosa peruano-chilena, lugar donde ocurre la subducción de bajo ángulo de la placa oceánica de Nazca, que se hunde por debajo de la placa continental Sudamericana; subducción que se produce con un desplazamiento del orden de 10 centímetros por año.

La enorme fricción producida por el roce de las dos placas en el llamado plano de Benioff, da lugar a una constante acumulación de energía, la que al liberarse produce violentos sismos en la zona litoral peruana, los cuales son en general tanto más violentos cuanto menos profundos en su origen. Por esta razón, a igualdad de condiciones, los sismos resultan más intensos en las regiones costeras, decreciendo hacia el Este en las regiones de sierra y selva, donde la subducción y fricción cortical es gradualmente más profunda.

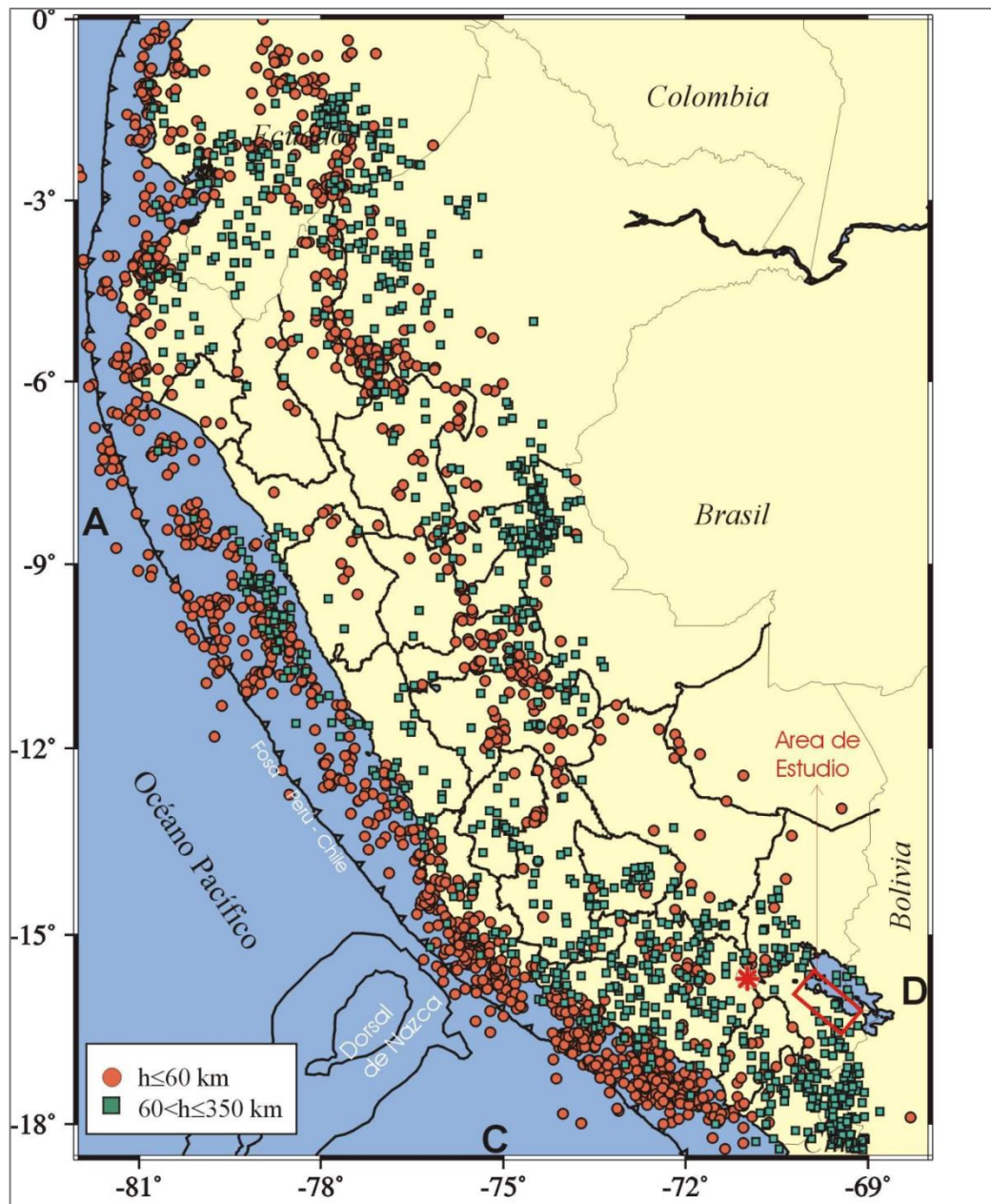
En el Altiplano y la Cordillera Occidental, donde se emplaza el área de estudio, se producen sismos con foco intermedio, siendo su distribución más densa que en las zonas Norte y Centro del país. En profundidad, los focos siguen una pendiente de 25° a 30° hasta alcanzar los 300 km de profundidad. Además, debe considerarse la sismicidad producida por reactivación de algunas fallas regionales, entre las que destacan las fallas inversas que ocurre en forma dispersa en el altiplano y más frecuentemente entre la fosa marina Perú-Chile y la costa. También la sismicidad producida por las erupciones



volcánicas que se producen en regiones relativamente cercanas al área TAVERA & BUFORN 1998.

Asimismo, el carácter sísmico de nuestro territorio, obliga a tener en cuenta variadas consideraciones para efectuar alguna actividad que va a alterar el medio geológico, entre las que se tienen: magnitud de relieve, tipo de roca, grado de alteración, fisuramiento, etc. En tal sentido, es conveniente precisar que las áreas donde se efectuarán labores de sísmica, se hallan conformadas predominantemente por sedimentos arcillo-limosos, que se caracterizan por su escasa consolidación y competencia; siendo por lo tanto proclives a sufrir deformación por las ondas sísmicas y de sobre escurrimiento que afectan la región cordillerana, como la falla Atuncolla localizada al Norte de la laguna Umayo y que se orienta con dirección N 160° E, presentando un buzamiento vertical ZUÑIGA - (2015).

Por otro lado la sismicidad histórica desde 1513 y 1959 ( $I_{max} > 7$  en la escala Mercalli Modificada), siendo mayor el número de sismos en la región centro-sur del Perú. Es necesario indicar que, al margen de los posibles errores en la localización epicentral, la profundidad focal de los sismos históricos no ha sido determinada con precisión; sin embargo, debido a los daños que ellos produjeron es posible considerar que los sismos ocurrieron a profundidades superficiales ( $h < 60\text{km}$ ); según la (Zonificación sísmica Puno-Ilave). TAVERA, 2008



**Figura Nro. 2:** Actividad espacial de la actividad sísmica en el Perú Fuente: (IGP)

Distribución espacial de la actividad sísmica en el Perú para el periodo 1960 a 2007 ( $m_b > 4.5$ ). Los sismos indican los rangos de profundidad de los sismos. El recuadro indica la ubicación del área de estudios. La estrella indica la ubicación del sismo ocurrido el 29/06/2001 (5.0M) y que afectó a las ciudades de Puno e Ilave con intensidades de IV (MM).

### 1.3.1. Rasgos Estructurales

El área de estudio presenta una fuerte disturbación tectónica que se manifiesta principalmente por la ocurrencia de significativos rasgos morfoestructurales, más o menos contrastantes, como son: la zona de la depresión central, de continuidad con el área



del lago Titicaca; el denominado sinclinorio de Putina y la zona correspondiente a la Cordillera Occidental.

Estos rasgos estructurales, obviamente vienen a ser el resultado de los diferentes procesos tectónicos que afectaron la región, de allí como se puede apreciar en los mapas geológicos, la formación de numerosos sistemas de plegamientos y fallamientos, que en cierta manera caracterizan y condicionan la configuración del relieve y modelado del área.

### **1.3.2. Plegamientos: Sinclinorio de Putina**

Básicamente, los sistemas de pliegues están representados por un conjunto de anticlinales y sinclinales alargados, más o menos sucesivos, desarrollados mayormente en formaciones mesozoicas, cuya máxima expresión lo constituye el “Sinclinorio de Putina”, correspondiente a un paquete sedimentario plegado que pertenece a la Fase tectónica del Eoceno terminal que se alinea al Este y Noreste del Lago Titicaca, en dirección longitudinal al alineamiento regional Sur andino SE-NO. En este caso, está representado por una sucesión de cerros bajos y colinas de crestas alargadas, que siguen el control estructural regional. Uno de los pliegues sinclinales más resaltantes de este sinclinorio, es el que ocurre al norte de Vilquechico en dirección a Putina. ZUÑIGA - (2015).

Otros sistemas de pliegues pueden localizarse asimismo, en la parte central y occidental del área, donde se tiene la configuración de la Cordillera Occidental, que es un sistema orográfico de carácter regional, resultante del plegamiento y levantamiento general andino, que evidencia del mismo modo el nivel de disturbamiento de esta región altiplánica.



### **1.3.3. Fallas y sobre-escurrimientos**

En el área se tiene numerosos sistemas de fallas que afectan mayormente terrenos paleozoicos y mesozoicos, destacando dos sistemas de fallas más o menos definidas. Una de rumbo semejante al alineamiento regional, que viene a ser el de mayor proporción, y el otro, transversal y de corto recorrido, de rumbo S-N a SO-NE, que mayormente conforma sistemas de bloques fallados. Dentro del segundo, destaca una falla de rumbo S-N que pasa cerca de Huancané. ZUÑIGA – (2015).

Asimismo, ocurren algunos sobre escurrimientos de carácter regional y local que ponen en contacto formaciones jurásico-cretácicas u otras más antiguas, con formaciones mesozoicas más recientes, como las que ocurren al Norte y Sur del área de estudio.

## **1.4. LA GEOMORFOLOGÍA EN LOS PROCESOS DE ZEE.**

La geomorfología como ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se preocupa de las interacciones entre varios tipos de materiales y procesos, implicando los sólidos, líquidos y gaseosos. GUTIERREZ (2008).

El área de estudio forma parte de la morfoestructura de la cordillera occidental de los Andes Centrales, específicamente en la cadena volcánica del sur del Perú y conforma el límite de la divisoria de aguas de las cuencas endorreica del Lago Titicaca e Hidrográfica del Pacífico (Palacios, 1993).

### **1.4.1. Procesos morfodinámicos**

Los procesos morfodinámicos corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultáneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre. Los procesos morfodinámicos están asociados a una secuencia conformada por la erosión de las rocas, el transporte de los materiales removidos y la sedimentación de dichos detritos.



En consecuencia, los procesos morfodinámicos dependen de una serie de factores externos relacionados con la energía del agente morfogenético. Posición geomorfológica, factores internos tales como la composición mineralógica de las rocas, su textura y grado de cohesión. (Universidad Católica de Chile 2010).

#### **1.4.2. Formas de Relieve**

Como se indicó anteriormente, las formas del relieve son el resultado de la historia evolutiva de la región, condicionado por dos factores (substrato rocoso y erosión). Por lo tanto, en la diferenciación de las unidades geomorfológicas interviene esencialmente como elemento de clasificación y jerarquización, a fin de crear unidades lo más homogéneas posibles para los objetivos del estudio, (LOAYZA, 2009).

#### **1.4.3. Grandes unidades morfoestructurales**

Las grandes unidades morfoestructurales son producto de los acontecimientos tectónicos que engloban a la Tierra, dentro de ella se tiene una variedad clasificada según su propiedad morfoestructural. En el Perú se tiene 13 grandes unidades morfoestructurales, la misma que comprende en el área continental a la cordillera de la costa, llanura pre-andina, cordillera occidental, (faja de conos volcánicos), zona de Depresiones Interandinas, cuenca Titicaca, Cordillera Oriental, Faja Subandina, Llanura Amazonica y en el dominio Marino está comprendida por la plataforma continental, Talud continental, Fosas marinas, Dorsal de Nazca, y las fosas abisales del Pacífico. ZAVALA - 2010, de las cuales 6 de estas unidades conectan con el departamento de Puno. Estos estudios fueron presentado como los resultados de la acreción de bloques en el sur del Perú. CARLOTTO et al (2010) publicado por el INGEMMET; las mismas que están representadas por la llanura amazónica, cordillera oriental, cordillera occidental, zona sub-andina, el altiplano oriental y el altiplano occidental.



#### **1.4.4. Provincia geomorfológica y fisiográfica**

Las conclusiones de diferentes autores confunden en algunos casos la clasificación de la provincia fisiográfica y la provincia geomorfológica, debido a esto, algunos autores que investigan esta especialidad dicen que; El diferente enfoque dado al estudio de las formas y rasgos del terreno por ciencias como la geología, geomorfología y pedología, ha determinado el desarrollo de procedimientos de interpretación de imágenes. Clasificación de rasgos topográficos y representación cartográfica también diferentes. Y de aquí el nacimiento de técnicas como la fotogeología. El análisis geomorfológico y el análisis fisiográfico (VILLOTA, 1997).

Basándonos en los aspectos geomorfológicos; este es el nivel superior o de más alta generalización del sistema. Esta categoría corresponde a una región natural hoy denominada región morfológica, en la que puede prevalecer una o más unidades climáticas; está constituida por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de afinidad de tipo geológico, topográfico y espacial (VILLOTA, 1997).

#### **1.4.5. Clasificación de unidades geomorfológicas**

Para el distrito de Cabana, se ha realizado la clasificación de las unidades geomorfológicas mediante las características morfológicas de relieve que presenta el área de estudio, siendo indispensable el uso del mapa geológico, base topográfica, mapa de pendientes, el modelo de elevación digital (DEM), visitas de campo y los criterios morfométricos; esta información ayuda a la identificación de las unidades geomorfológicas en el ámbito priorizado, también se ha basado en los paisajes dominantes que circunscriben el área de estudios, esto según al estricto control de la tabla de criterios, que denota los parámetros de altitud según la cota base local para el distrito de Cabana, para la cual se realiza una tabla de parámetros morfométricos que faciliten la caracterización geomorfológica para el área de intervención.



#### 1.4.6. Mapa de pendientes

Es la representación cartográfica de los diferentes accidentes geográficos que presenta los suelos del distrito de Cabana, cuyas unidades cartográficas que representan a los rangos de pendiente, están simbolizadas a través de diferentes colores; así el color verde oscuro simboliza la pendiente plana o casi a nivel; el color verde turquesa simboliza la pendiente ligeramente inclinada; el color verde limón simboliza la pendiente moderadamente inclinada; el color amarillo simboliza la pendiente fuertemente inclinada; el color naranja simboliza la pendiente moderadamente empinada; el color anaranjado oscuro simboliza la pendiente empinado y el color rojo simboliza la pendiente fuertemente empinada, Esto según el reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor con DS N° 017-2009-AG. Elaborado por el Ministerio de Agricultura y Riego.

El mapa de pendientes forma parte importante para la caracterización del mapa geomorfológico, debido a que esta, realiza el estudio de pendientes de los diferentes relieves que presenta el área de estudios. Para ello se realiza un procesamiento en el software Gis, en la cual se usa como herramienta principal el modelo de elevación digital, para luego realizar el procesamiento de reclasificación de rangos (Ver Tabla Nro.1), esto según el reglamento CUM del MINAGRI y generar el mapa de pendientes. Una vez terminado este proceso; se procede a realizar la digitalización en la vectorización de polígonos.

Los criterios que se toman para la generación del mapa de pendientes, se basa estrictamente bajo el reglamento de clasificación de tierras (CUM), elaboradas por el Ministerio de Agricultura (MINAGRI), se clasifican como pendiente o ladera corta con 7 parámetros porcentuales de inclinación en pendiente, debido a que son estudios de mayor detalle y que son indispensables para procesos de microzonificación.

#### 1.4.7. Superficie por cada rango de pendientes

Con la finalidad de conocer la superficie y el porcentaje que cubre cada rango de pendiente a nivel del distrito de Cabana, se calcularon sus respectivas áreas, los cuales se muestran en la tabla de pendientes. (Ver Tabla Nro. 1)

**Tabla Nro. 1:** Clases de pendientes según el reglamento de clasificación de tierras del MINAGRI.

RANGO (%)	DESCRIPCION
0-2	Plano a ligeramente inclinado
2-4	Ligeramente inclinado
4-8	Moderadamente inclinado
8-15	Fuertemente inclinado
15-25	Moderadamente empinado
25-50	Empinado
50-75	Fuertemente empinado
>75	Extremadamente empinado

Fuente: MINAGRI.

#### 1.5. UTILIZACIÓN DEL SIG EN MICROZONIFICACIÓN.

##### 1.5.1. Modelo de elevación digital (DEM).

Los Modelos Digitales de Elevación (DEM) permiten obtener información de altitud en cualquier punto de un área específica. Esta propiedad los diferencia de un conjunto de datos de elevación, como por ejemplo, las curvas de nivel. Los DEM pueden ser representados en formato regular o irregular; el primero es el más extensamente utilizado y consiste en una malla de celdas de igual tamaño (píxeles) denominada raster (Hengl y Reuter 2009).

Para este estudio se utilizó el modelo generado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) que fue construido a partir de las imágenes satelitales Rapideye donadas por Japón de escala 1:25.000; así mismo esta donación incluía las imágenes DEM que son



indispensables para la elaboración de la base topográfica, siendo su resolución por pixel 13m<sup>2</sup>.

### **1.5.2. Imágenes satelitales RapidEye.**

RapidEye es una constelación formada por 5 satélites alemanes idénticos. Esto permite una fuente de información sin precedentes con amplia cobertura, intervalos de revisita frecuentes, alta resolución y capacidades multiespectrales.

La constelación RapidEye está conformada por 5 mini satélites de teledetección que operan en forma sincrónica, obteniendo imágenes en 5 bandas espectrales a 6.5 mts de resolución espacial, barren una franja de 77kms de ancho y 1,500 kms de barrido continuo. La constelación puede adquirir 4 millones de kilómetros cuadrados al día con capacidades de revisita diaria, constituyendo un sistema único en su tipo.

La constelación RapidEye fue lanzada el 29 de agosto del 2008 desde la base de Baikonur en Kazahistan, los satélites están diseñado para operar durante 7 años. La información satelital es descargada cada 10 minutos desde la estación de KSAT (Konsberg Satellite Services) en Svalbard en Noruega y es re-direccionada en tiempo real vía cable de por fibra óptica a la base ubicada en Bradenburgo en Alemania, desde donde la información es distribuida a sus clientes en todo el mundo.

La capacidad de las imágenes RapidEYE permitirá aplicaciones muy avanzadas en campos como la agricultura en donde la fecha de la toma es un elemento importante para el análisis. Así mismo permitirá aprovechar las ventanas climáticas tan estrechas que tenemos en nuestra región tropical. Otras aplicaciones de estas imágenes son orientadas principalmente al monitoreo de cultivos, pronóstico de cosechas, inteligencia comercial, seguros agrícolas, monitoreo forestal, cartografía, desastres naturales entre otras aplicaciones.

**Tabla Nro. 2:** Especificaciones técnicas de las imágenes RapidEye.

<b>Parámetros</b>	<b>RapidEye</b>	
Bandas espectrales	Azul	0.440 - 0.510 $\mu$ m
	Verde	0.520 - 0.590 $\mu$ m
	Rojo	0.630 - 0.635 $\mu$ m
	Borde del rojo	0.690 - 0.730 $\mu$ m
	Infrarrojo cercano	0.760 - 0.850 $\mu$ m
Distancia de muestreo sobre el terreno (nadir)	6.5 m	
Tamaño de pixel (ortorectificado)	5 m	
Ancho de observación	77 km	
Tiempo de revisita	Diario	
Hora de cruce por el ecuador	11:00 a.m. (aproximadamente)	
Capacidad de adquisición de imágenes	4 millones de Km <sup>2</sup> a diario	

<b>CARACTERISTICAS RAPIDEYE</b>	
Fechas de lanzamiento	AGOSTO 29, 2008
Vehículo de Lanzamiento	Cohete DNEFR -1 (un misil ICBM remodelado)
Ubicación de lanzamiento	Baikanour Cosmodrome, Kazahstan
Altitud de la órbita	630 Km
Inclinación de la Orbita	97.8 grados, sincronia solar
Velocidad	7.1 km/segundo
Hora de pase por el ecuador	11: a.m. (modo descendente)
Duración de órbita	96.7 minutos
Tiempo de revisita	1 día (off nadir)/5.5 días (nadir)
Ancho de Barrido	77 Km en Nadir
Precisión métrica	127 metros horizontal (CE90%) Orthorectificado
Digitación	16 bits
Resolución	MS: 5m (nadir) a 2.88 m (25° off-nadir)



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación tiene una metodología descriptiva y de caracterización que se ha basado principalmente en la interpretación manejo y análisis de imágenes satelitales, entre otras. En dicho estudio se utilizó un mapa topográfico a escala 1:25,000, así mismo se utilizó información que fue elaborada por el Ministerio de Agricultura en la década del 70 y 80, a partir de fotointerpretación esta información delimita la zona de estudio. Esta investigación se ha realizado en tres etapas que se mencionan a continuación.

#### **3.1. PRIMERA ETAPA GABINETE 1.**

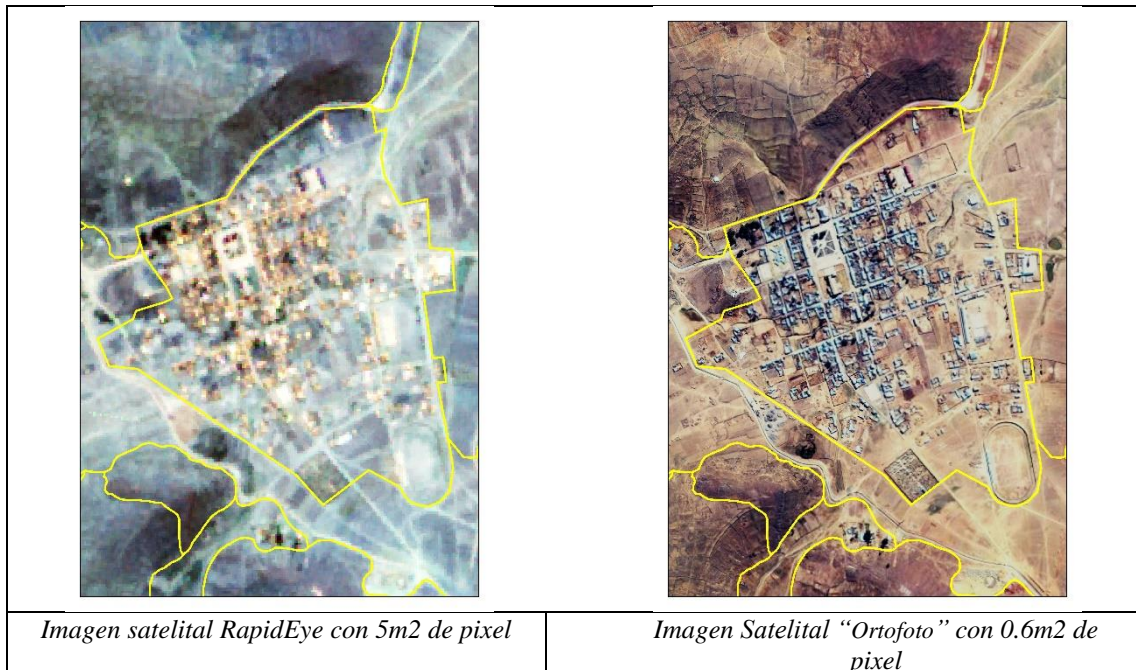
En esta etapa se ha realizado la recopilación de información de las diferentes fuentes que permite obtener información al respecto a la geología y geomorfología por ejemplo estudios hechos por el INGEMMET, DREM, MINAM, Universidad Nacional del Altiplano, IGN, etc. También se recopilaron mapas, modelos de elevación digital (DEM), base topográfica a escala 1:25,000 y estudios realizados por la Meso ZEE del departamento de Puno.

También se ha elaborado los mapas temáticos preliminares en el software ARCGis de la geología y geomorfología.

### 3.1.1. Teledetección y sensores remotos.

#### Imágenes satelitales RapidEye.

**Tabla Nro. 3:** Comparación de una imagen RapidEye con una ortofoto

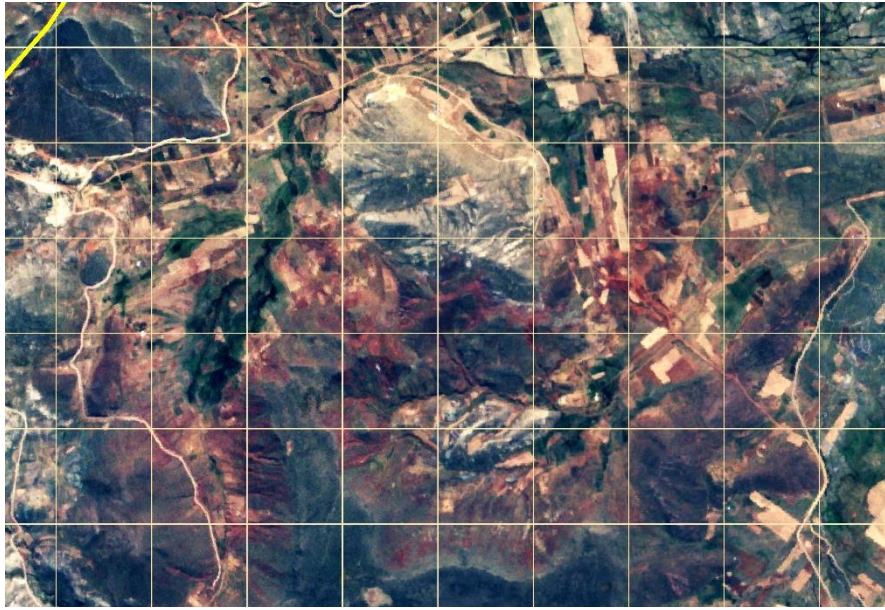


#### Combinación de Bandas

Para el análisis geológico y geomorfológico con las imágenes satelitales RapidEye se tienen 3 combinaciones de bandas de gran importancia para realizar la diferenciación de rocas y depósitos no consolidados (depósitos cuaternarios); la misma que está sujeta a la supervisión de campo para la afirmación de sus contactos; entre las que se identifican claramente rocas ígneas, sedimentarias y depósitos no consolidados recientes. Estas bandas son combinaciones (3.2.1), (5.3.1) y (1.3.5).

Cabe decir que las imágenes RapidEye están orientadas principalmente para el manejo agrícola y aspectos biológicos (cultivos, cosechas, monitoreo forestal, etc.), también tiene aporte para los estudios geológicos, dichas combinaciones de banda se muestra a continuación.

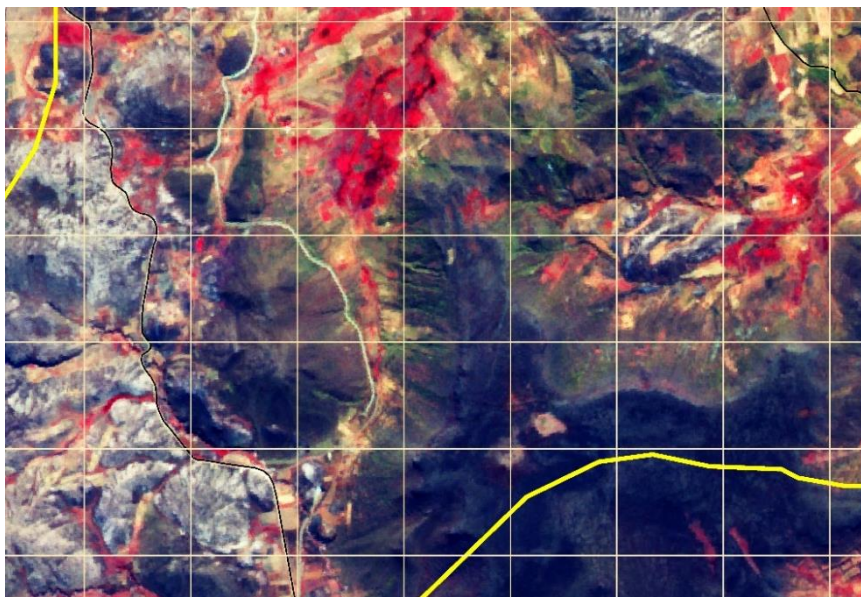
### Banda 3-2-1



**Figura Nro. 3:** Combinación de banda RapidEye 3-2-1

Esta banda nos proporciona el color natural que contiene el área de estudios, basado en que las imágenes RapidEye no necesariamente son especializadas para el manejo de caracterización geológica, así mismo, igual es una gran herramienta por el nivel de resolución que tiene, además su banda 5 es la más importante para los estudios geológicos.

### Banda 5-3-1

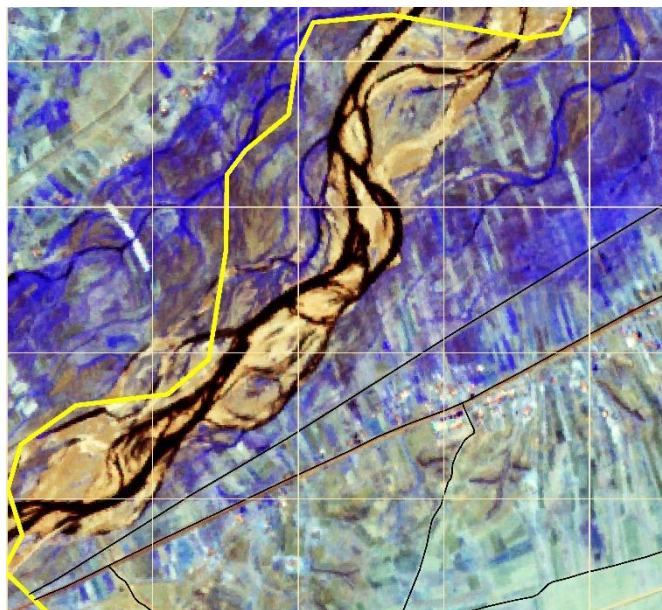


**Figura Nro. 4:** Combinación de banda RapidEye 5-3-1

La combinación de esta banda es únicamente para la identificación de unidades litológicas de color natural, entre las cuales, se aprecia las tonalidades verdes y marrones que representa la formación Vilquechico y las tonalidades pardo blanquecina que corresponden al intrusivo porfirítico de Tonalita – diorítica, claramente las tonalidades pardo amarillento y rojizos, son representadas en su mayoría por la saturación de suelo o presencia de materia orgánica que enmarca a los depósitos aluviales, coluviales y bofedales.

Cabe aclarar que esta combinación de banda se torna más rojizas cuando se tiene alto contenido de agua en el suelo o alto contenido de materia orgánica, las cuales facilitan la identificación de zonas como las lagunas y bofedales.

#### **Banda 1-3-5.**



**Figura Nro. 5:** Combinación de banda RapidEye 1-3-5

La combinación 1-3-5 está enfocada para la determinación de zonas forestales o zonas con alto contenido de vegetación. Para los aspectos geológicos, esta banda ha dado muy buenos resultados para la identificación de depósitos fluviales o afloramientos





rocosos con alto grado de fisibilidad y alteración, en las cuales las rocas lutíticas son mejor caracterizadas.

Dicha combinación de bandas aporta a la ubicación de los depósitos con alto contenido de agregados (gravas y arenas), emplazados mayormente en los depósitos fluviales o lechos fluviales de los ríos principales; la importancia de esta banda aporta a la identificación de depósitos y canteras que se encuentren en el área de estudio, esto, para la identificación de canteras con material areno gravoso, información que será parte de suma importancia para la generación del mapa de potencial minero no metálico.

### **3.1.2. Generación del modelo digital de elevación (DEM).**

El uso de tecnologías geoespaciales tales como modelo de elevación digital (DEM), imágenes satelitales y uso de base de datos espaciales, son herramientas muy importantes para el procesamiento SIG, ya que esta tiene como objetivo primordial, la generación de la base cartográfica y/o curvas de nivel del área de interés; sin embargo también es una herramienta muy importante para extraer información geológica, ya sea para la generación de los mapas de pendientes y para estudios relacionados con la geología estructural, la cual es necesaria para posteriores etapas de generación de información temática para la (ZEE).

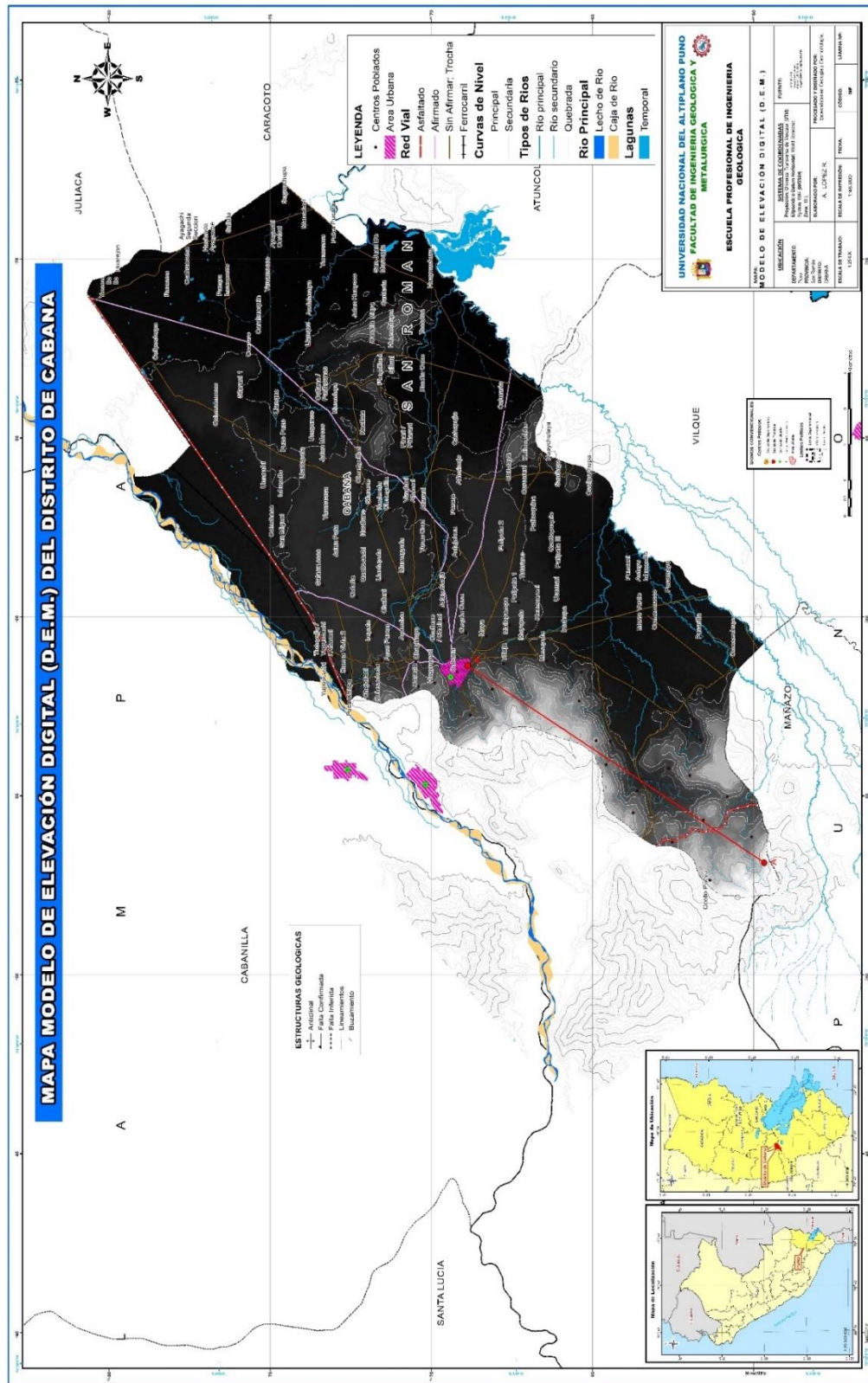
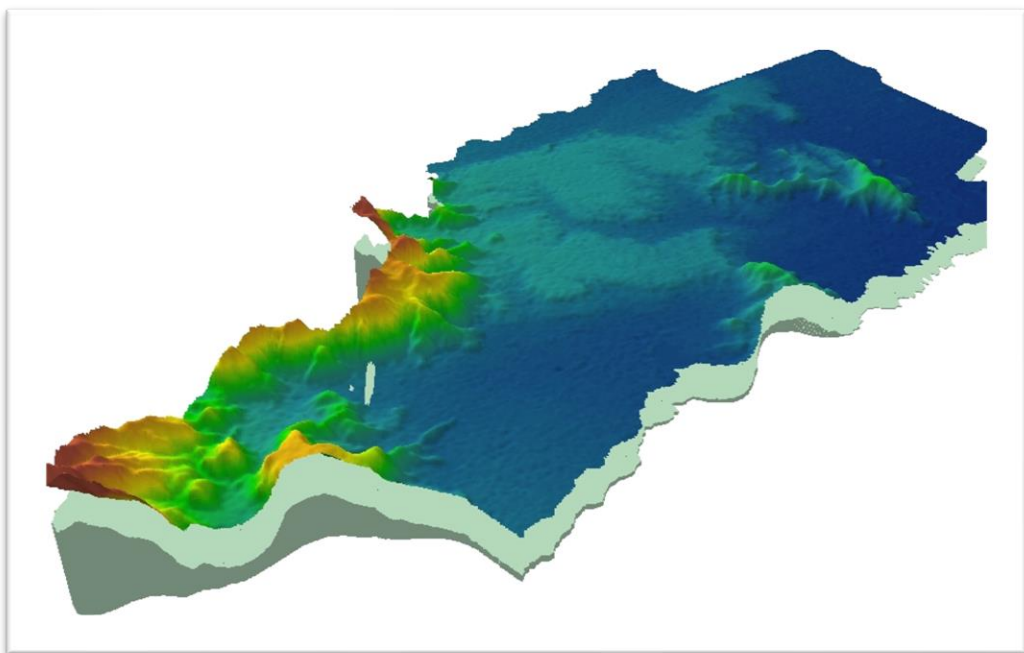


Figura Nro. 6: Modelo De Elevación Digital del Distrito de Cabana

### **Aspectos geomorfológicos**

Los modelos de elevación digital cumplen una gran tarea en la interpretación de los relieves superficiales, curvas de nivel, pendientes y formas pseudo interpretativas que uno puedan apreciar, esto con un adecuado procesamiento del (DEM); parte de dicho procesamiento obtiene un estudio previo para la generación del mapa geomorfológico para luego realizar su respectiva supervisión en campo, las cuales son indispensables para la confirmación, corrección y sistematización de la información.



**Figura Nro. 7:** Modelo De Elevación en 3D del distrito de Cabana.

### **Aspectos de geología estructural.**

Para realizar los estudios en geología estructural, también se requieren los (DEM) a partir de esta se creara un HillShade; esta es una herramienta que nos brinda el software ArcGis en la cual se puede realizar superficies pronunciadas que puedan mostrar relieves en 3D, en las cuales podemos realizar una manipulación visual solar de 360 grados azimutales que iluminan la superficie del área de intervención, esto debido a que la geología estructural es muy incierta y dinámica; esta herramienta conlleva a realizar



estudios de gran interés en estudios regionales, pero pueden ayudar mucho en trabajos a menor escala para un mayor detalle.

El HillShade permite generar relieves al área de intervención. Esta herramienta es utilizada para generar información no supervisada de geología estructural, geomorfología, fisiografía, etc; entre las cuales se puede determinar las tendencias principales de las familias de diaclasas, lineamientos, fallas geológicas y relieves superficiales que pudiesen existir en el área de intervención.

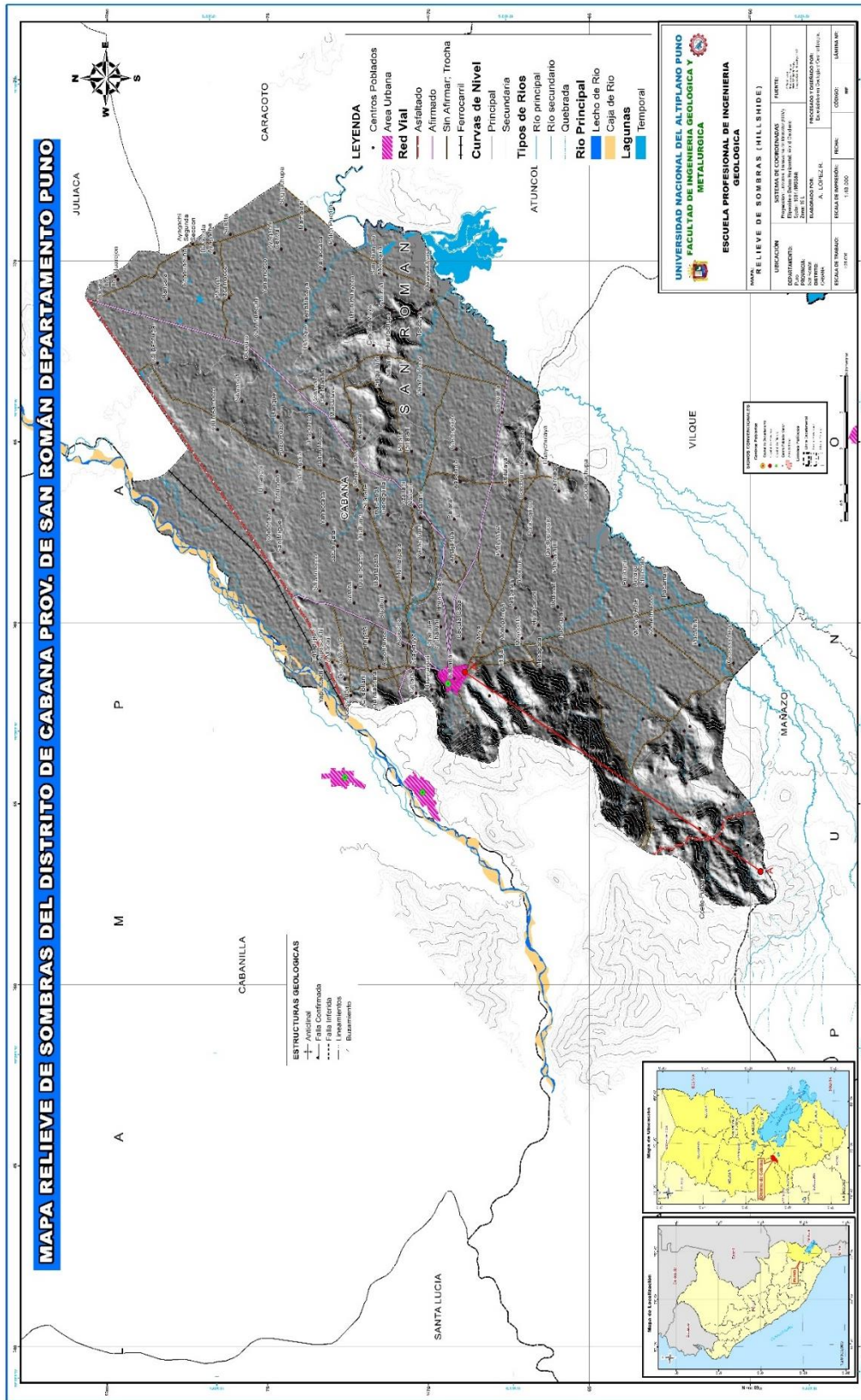


Figura Nro. 8: Modelo De Elevación Digital en HillShade del Distrito de Cabana.



### **3.1.3. Construcción digital del mapa geomorfológico.**

Debido a que los estudios geomorfológicos hoy en día son más complejos para su evaluación y su exactitud, se debe mantener algunas reglas; algunas de ellas es la evaluación de pendientes, sus aspectos morfodinámicos, relieve y su morfometría, la cuales son características para diferenciar entre las unidades geomorfológicas como: lecho fluvial, terrazas, llanuras aluviales, lomadas, colinas, montañas entre otros.

Así mismo para realizar esta cartografía de información temática se ha realizado mapa de pendiente, relieves y la generación de la morfometría de acuerdo a la cota base local, que se refiere a la cota más baja y que se emplaza en llanuras y terrazas del área de estudio, esto con el fin de realizar una mejor caracterización de las unidades geomorfológicas.

#### **Rangos de pendientes**

La clasificación de las pendientes se realizó en ocho rangos, tomando como referencia la Guía de Clasificación de los Parámetros Edáficos, del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, aprobado por D.S. N° 017-2009/AG, cuya distribución espacial se aprecia en el mapa respectivo, simbolizado por colores característicos. La siguiente tabla detalla los rangos de pendiente. (Ver Tabla 4)

**Tabla Nro. 4:** Rangos de pendientes clasificados

RANGO (%)	SIMBOLO	DESCRIPCION	AREA(ha)	AREA (%)
0-2	A	Plano o casi a nivel	4,678.67	24.22%
2-4	B	Ligeramente inclinado	7,028.88	36.39%
4-8	C	Moderadamente inclinado	3,219.00	16.67%
8-15	D	Fuertemente inclinado	1,615.38	8.36%
15-25	E	Moderadamente empinado	1,379.29	7.14%
25-50	F	Empinado	1,278.06	6.62%
50-75	G	Fuertemente empinado	46.35	0.24%
Laguna	Lg	Laguna	27.5	0.14%
Río	Río	Río	42.56	0.22%
Total			19,315.71	100%

Fuente: Micro ZEE Puno

### **Morfometría para la geomorfología.**

La morfometría según Pedraza Gilsanz (1996), es el Conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para determinar atributos configuracionales del relieve y, en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno.

Debido que para este tipo de estudios a nivel Micro y a escalas menores a la de 1:25000, no se tiene información elaborada por las diferentes instituciones del estado u otros, se realizó una tabla auxiliar como un aporte tentativo a los futuros estudios en procesos geomorfológicos.

Para la aplicación de los parámetros morfométricos, se considera como cota cero “0” la altitud 3860 m.s.n.m. la misma que circunscribe lechos de ríos, llanuras aluviales y llanuras fluvioaluviales en la zona de estudio, de acuerdo a este criterio se establece los parámetros para determinar cada tipo de morfología, la misma que se muestra en el siguiente cuadro. (Ver Cuadro 5)

**Tabla Nro. 5:** Parámetros morfométricos del distrito de Cabana

Unidades Geomorfológicas Principales	Parámetros de elevación local		Parámetros de elevación morfológica		Elevación de morfologías
Lechos y llanuras	0	10	3850	<3860	3850
Llanuras planas o llanuras onduladas	10	<20	>3860	<3870	3860
llanuras y Lomadas	>20	<50	>3870	<3900	3870
Colina baja	>50	<133	>3900	<3983	3900
Colina media	>133	<216	>3983	<4066	3983
Colina alta	>216	<300	>4066	<4150	4066
Montaña baja	>300	<433	>4150	<4283	4150
Montaña media	>433	<566	>4283	<4416	4283
Montaña alta	>566	700	>4416		4416

### 3.2. SEGUNDA ETAPA CAMPO.

En esta etapa, se ha realizado la visita técnica al área de intervención para la toma de datos y muestreo de rocas y sedimentos para el ajuste correspondiente en la caracterización geológica y geomorfológica que repercute dicha investigación.

Para ello se ha requerido de equipos y materiales indispensables para su mejor determinación. Aquí mencionamos en una relación:

- Mapa preliminar de la caracterización geológica.
- Mapa preliminar de la caracterización geomorfológica.
- Mapa de Accesos para vías.
- Base topográfica a 25m del área de estudio.
- Tablero Geológico.
- Colores
- Libreta de Campo geológico.
- Chaleco y sombrero.
- Cámara fotográfica





- Martillo geológico (Pixa)
- Brújula azimutal.
- Lápiz de dureza.
- Larga vista-
- Bolsas de muestreo.
- GPS.
- Camioneta 4x4

### **3.2.1. Reconocimiento, análisis y corroboración de contactos litológicos y unidades geomorfológicas.**

Se ha realizado la visita técnica al distrito de Cabana mediante una organización preliminar hecho en la etapa de gabinete 1 en el cual se implantaron puntos de visita obligatorios para muestreo y su respectivo análisis en laboratorio, además de la verificación en campo de contactos litológicos de la caracterización geológica y geomorfológica.

### **3.3. ETAPA DE LABORATORIO.**

#### **Análisis Microscópico**

Para la etapa de laboratorio, se ha realizado el análisis y descripción de 12 muestras de roca de las unidades litológicas que se encontraron en la zona de estudios, se utilizó estéreo-microscopio marca EUROMEX con par de objetivo acromáticos (con doble factor de aumento) oculares WF10X de gran campo.



**Figura Nro. 9:** Modelo de microscopio EUROMEX acromáticos con oculares WF10X

### **Análisis de roca mediante el método ICP de multielementos**

Se ha realizado análisis de 6 muestras de roca mediante ICP multielemental, esto con la finalidad de identificar posibles anomalías geoquímicas e indicios de presencia de mineralización en el área de intervención, dicha información servirá para realizar el mapa geoquímico que aportara a la generación del potencial minero metálico. Las muestras se han analizado en el Centro Tecnológico Minero - Cetemin S.A.C.

**Tabla Nro. 6:** Descripción de muestras enviadas al laboratorio.

<b>Punto</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Código de Campo</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	369621	8277953	MGC-002	Muestra de Roca ígnea intrusiva - Granodiorita
<b>2</b>	353617	8262937	MGC-003	Muestra de Roca subvolcánica - Dacita
<b>3</b>	368527	8273019	MGC-005	Muestra de Roca Ígnea intrusiva -tonalita
<b>4</b>	356467	8262187	MGC-006	Muestra de Roca Volcánica - andesita
<b>5</b>	356304	8261876	MGC-007	Muestra de Roca subvolcanica - Pórfido Dacítico
<b>6</b>	355776	8261526	MGC-008	Muestra de Roca Volcánica - andesita basáltica



### **3.4. TERCERA ETAPA GABINETE.**

Para esta etapa final se realiza la sistematización y corrección de información corroborada en campo y, se procede a la caracterización de información temática de la geología y geomorfología; la misma que son el resultado del levantamiento de dicha información.

Culminado esto, se procede a realizar el informe de tesis, que contiene el argumento sustentatorio sobre la investigación del distrito de Cabana, con la finalidad de identificar potencial minero y facilitar el uso de esta información para las demás especialidades que competen a la ZEE, así como, biología, fisiografía, edafología, socioeconómico, sociocultural, etc.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION.

##### 4.1.1. Ubicación

El Distrito de Cabana es uno de los 04 distritos de la Provincia de San Román, ubicado en el Departamento de Puno, perteneciente a la Región Puno, Perú. Su capital es el poblado de Cabana. Con Clima frígido. Constituida geográficamente por 08 Comunidades Campesinas (Cabana, Tiracoma, Yanarico, Visallani, Yapuscachi, Cieneguilla, Cuinchaca, Collana).

Sus coordenadas de ubicación son:

Latitud sur : 15° 38' 54"

Longitud Oeste : 70° 19' 11"

Altitud : 3901 m.s.n.m.

##### 4.1.2. Superficie

Tiene una Extensión superficial aproximada de 193.1571 Km<sup>2</sup> que constituye el 8.29 % de la superficie total de la Provincia de San Román. (Fuente: ZEE Puno. 2014).

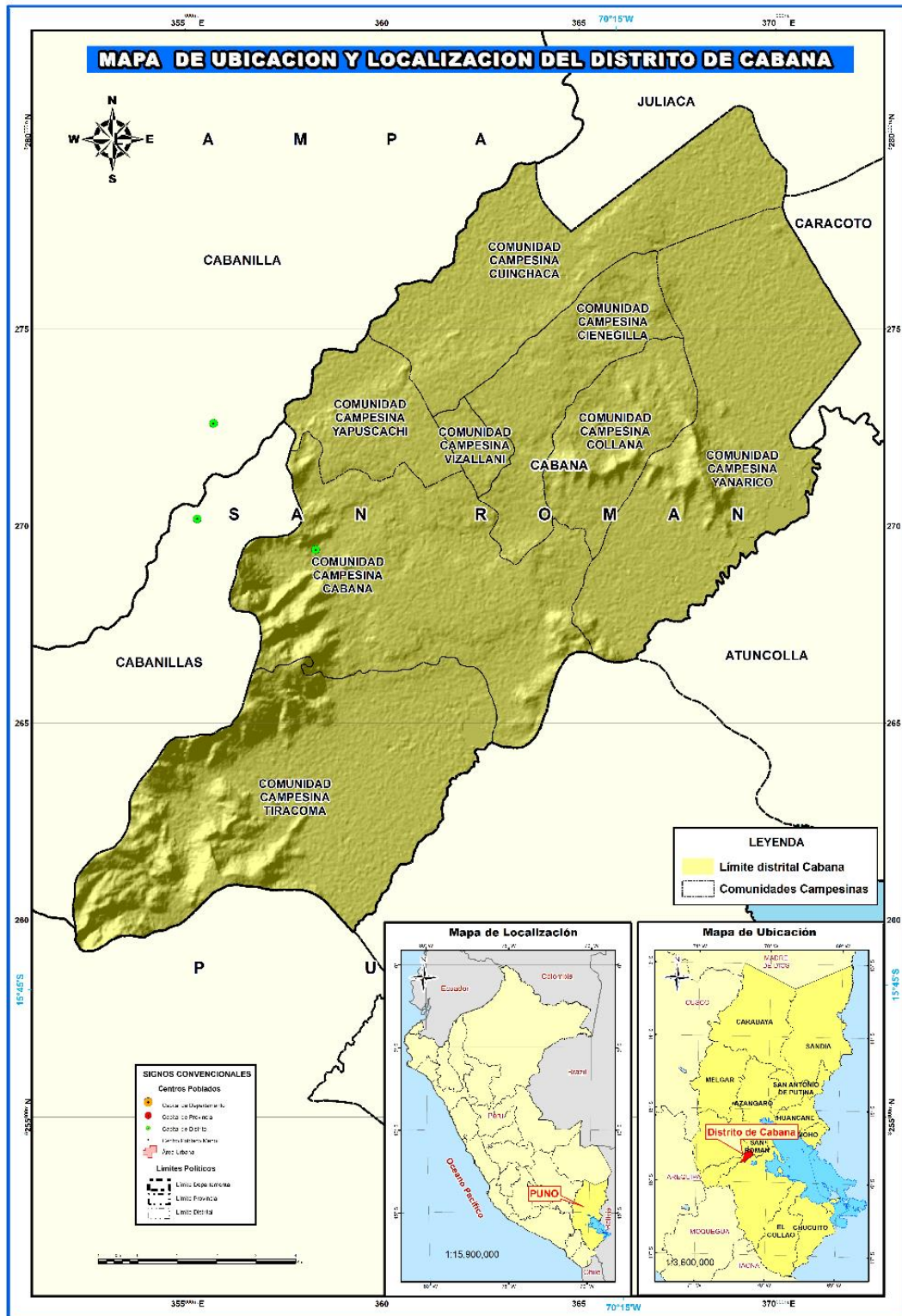
##### 4.1.3. Limites Políticos

Por el Norte: Con el distrito de Juliaca de la provincia de San Román

Por el Sur: Con el distrito de Mañazo de la provincia de Puno.

Por el Este: Con el distrito de Cabanilla de la provincia de Lampa.

Por el Oeste: Con el distrito de Atuncolla de la provincia de Puno.



Fuente: Micro ZEE Puno.

Mapa Nro. 1: Ubicación y localización del distrito de Cabana.



## **4.2. GEOLOGÍA.**

La geología en el distrito de Cabana, comprende características peculiares basadas en las unidades litológicas, estructuras geológicas, estratigrafía, paleontología entre otros; las mismas que son de edades diferentes que van desde el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.

Para la caracterización geológica se ha utilizado bibliografías pre-existentes del INGEMMET y la Meso-ZEE de Puno, análisis de imágenes satelitales y visitas técnicas a la zona de estudios para la delimitación de contactos identificados en gabinete.

El área de intervención contempla 17 unidades litoestratigráficas entre ellas se identifican a 21 tipos litológicos entre rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas y rocas no consolidadas, esta última tiene un porcentaje aproximado del 82.76% de unidades no consolidadas (depósitos cuaternarios, ríos, lagos y lagunas) y el 17.01% de material rocoso, las que se muestran a continuación.

### **4.2.1. Paleozoico**

#### **Grupo Cabanillas (D-cm/2)/ (D-c/m3).**

La unidad litológica del grupo Cabanillas circunscribe 2 miembros litológicos, las cuales ambas son característica por la presencia abundante de rocas pelíticas o lutáceas así como las rocas lutitas de coloraciones grises a pardo amarillo con presencia reducida de fósiles, estas unidades se emplazan entre los cerros de Sinucachi y Japiza, las mismas que se encuentran al noreste de la ciudad de Cabana.

#### **Miembro 2 - (D-cm/2)**

El miembro 2 del Grupo Cabanillas es la que abarca mayor área superficial de esta unidad, la cual se extiende en 359.95ha que representa el 1.86% aproximado del ámbito de intervención. Esta unidad litológica es característica por presentar Lutitas pardo

blanquecinas a café con laminación paralela e intercalada con areniscas cuarzosas de grano fino a medio.

Miembro 3 - (D-c/m3)

El miembro 3 del Grupo Cabanillas contiene áreas más restringidas con respecto al miembro 2, la cual presente 57.16ha que representa el 0.3% aproximado del ámbito de intervención. Esta unidad litológica es característica por presentar Lutitas gris oscuras con laminación paralela e intercalada con areniscas cuarzosas de grano fino con poca presencia de fósiles.



**Figura Nro. 10:** Grupo Cabanillas conformada de areniscas cuarzosas. N: 8266995 E: 359372.

**Tabla Nro. 7:** Descripción de Lutita gris del miembro 3 muestra analizada en laboratorio.

 <p>Muestra macroscópica</p>	<b>Muestra 01</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>				
	<b>Color</b>	Gris pardusco a gris blanquecino				
	<b>Textura</b>	Clástica Pelítica				
	<b>Estructura</b>	Ordinaria				
	<b>Origen</b>	Clástico Sedimentario				
	<b>Ambiente</b>	Marino				
	<b>Tamaño de grano</b>	Fino a medio				
 <p>Muestra microscópica</p>	<b>Composición Mineralógica</b>					
	<b>Limos</b>	20%	<b>Arcillas</b>	40%	<b>Micas</b>	40%
	<b>Calcita</b>	-	<b>Cuarzo</b>	5%	<b>Feldespatos</b>	3%
	<b>Otros</b>	2%	Óxidos de hierro			
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	Lutita negra				
	<b>Unidad Litológica</b>	Grupo Cabanillas				
	<b>OBSERVACIONES</b>	Presenta patinas de óxido de manganeso				
	<b>USOS</b>					

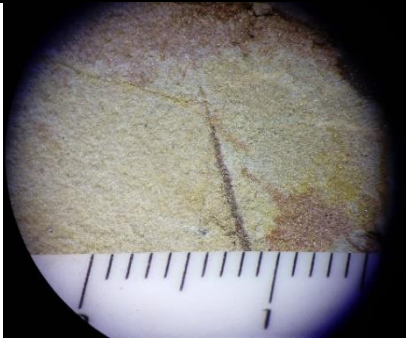
Fuente: Elaboración propia



**Figura Nro. 11:** Estratificación ondulada del Grupo Cabanillas. N: 8269362 E: 358048.27


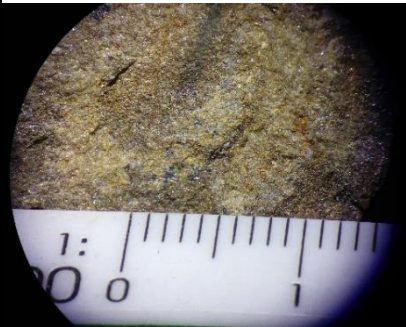


**Tabla Nro. 8:** Descripción de Lutita gris del miembro 2 muestra analizada en laboratorio.

	<b>Muestra 02</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>			
	<b>Color</b>	Pardo blanquecino a pardo café			
<b>Textura</b>	Clástica Pelítica con micas				
<b>Estructura</b>	Ordinaria				
<b>Origen</b>	Clástico Sedimentario				
<b>Ambiente</b>	Marino				
<b>Tamaño de grano</b>	Fino a medio				
Muestra macroscópica	<b>Composición Mineralógica</b>				
	<b>Limos</b>	5%	<b>Arcillas</b>	50%	<b>Micas</b> 40%
	<b>Calcita</b>	-	<b>Cuarzo</b>	-	<b>Feldespatos</b> 5%
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		Lutita		
	<b>Unidad Litológica</b>		Grupo Cabanillas		
	<b>OBSERVACIONES</b>		Presenta ralladuras tipo venillas con presencia de micas de flogopita		
	<b>USOS</b>				
	Muestra microscópica				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla Nro. 9:** Descripción de Lutita gris del miembro 3 muestra analizada en laboratorio.

 <p>Muestra macroscópica</p>	<b>Muestra 03</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>				
	<b>Color</b>	Pardo rosaceo a pardo amarillo				
	<b>Textura</b>	Clástica Pelítica				
	<b>Estructura</b>	Ordinaria				
	<b>Origen</b>	Clástico Sedimentario				
	<b>Ambiente</b>	Marino				
	<b>Tamaño de grano</b>	Fino a medio				
 <p>Muestra microscópica</p>	<b>Composición Mineralógica</b>					
	<b>Limos</b>					
	5%	<b>Arcillas</b>	10%	<b>Micas</b>	5%	
	<b>Calcita</b>					
	<b>Otros</b>	-	<b>Cuarzo</b>	80%	<b>Feldespato</b>	-
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>					
	<b>Unidad Litológica</b>		Lutita Silíceo con presencia de cuarzo			
	<b>OBSERVACIONES</b>		Grupo Cabanillas			
	<b>OBSERVACIONES USOS</b>					
	<b>USOS</b>					


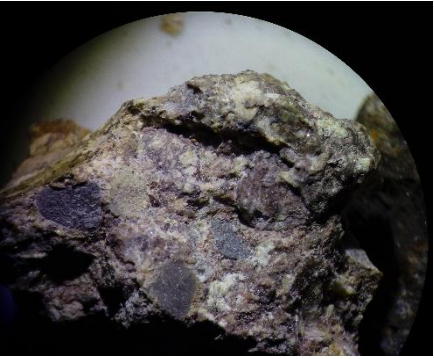
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.2. Mesozoico

##### Formación Gramadal (Ji-gr/mu)

La formación Gramadal en el distrito de Cabana, aflora a unos 3 km. Al suroeste del pueblo de Cabana, emplazado en el cerro Layuni, el cual está cubriendo un área aproximada de 34.80 hectáreas que representa el 0.18% del área total; esta unidad es característica por presentar conglomerados polimícticos con clastos redondeados en matriz arcósica rojiza, las mismas que contienen contaminación de las litologías en contacto adyacente que pertenecen al grupo Cabanillas y a la formación Ayabacas.

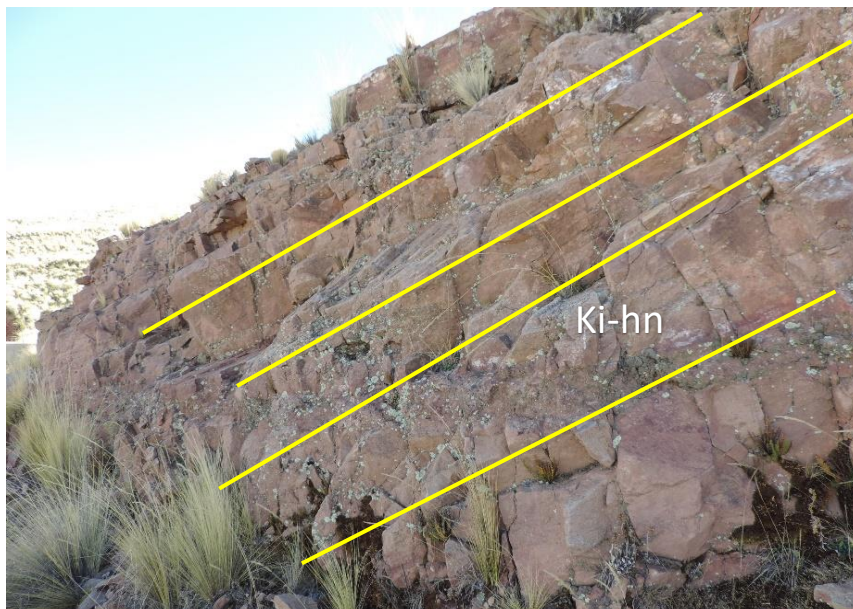
**Tabla Nro. 10:** Descripción de conglomerado analizada en laboratorio.

	<b>Muestra 04</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>				
	<b>Color</b>	Pardo rojizo a pardo amarillo				
	<b>Textura</b>	Clástica rutácea psefitica				
	<b>Estructura</b>	Ordinaria				
	<b>Origen</b>	Clástico Sedimentario				
	<b>Ambiente</b>	Continental				
	<b>Tamaño de grano</b>	Grueso				
Muestra macroscópica	<b>Composición Mineralógica</b>					
	<b>Fragmentos</b>		<b>Ígneos</b>	10%	<b>Químicos</b>	-
	<b>Silex</b>	30%	<b>Clásticos</b>	20%	<b>Metamórficos</b>	5%
	<b>Matriz</b>	Arenisca arcósica y arenisca cuarcita 35%				
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	Conglomerado polimictico				
	<b>Unidad Litológica</b>	Formación Gramadal				
	<b>OBSERVACIONES</b>	Contiene fragmentos de guijas y guijarros redondeados a subredondeados de andesitas cuarcitas y sílex				
	<b>USOS</b>					
Muestra microscópica						

Fuente: Elaboración propia


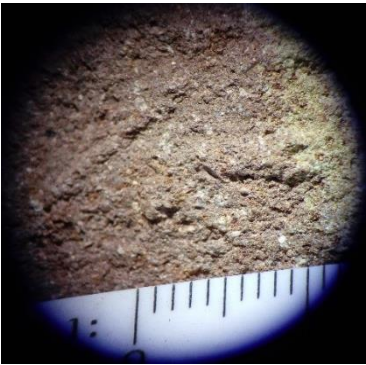
## Formación Huancané (Ki-hn)

Esta unidad estratigráfica aflora en el sector central del distrito emplazada en una forma irregular en la cumbre de los cerros Layune, Ccello y loma, esta unidad es la continuación de la unidad litológica colindante con orientaciones noroeste-sureste. La misma que fue descrita por NEWELL (1945), abarca una área superficial de 27.14ha, que representa el 0.14% del área total de distrito de Cabana. Esta unidad es característica por presentar areniscas cuarzosas de grano fino a medio con estratificación sesgada y paralela.



**Figura Nro. 12:** Estratos de la Formación Huancané. N: 8267325 E: 358124.

**Tabla Nro. 11:** Descripción de arenisca arcósica analizada en laboratorio.

	<b>Muestra 05</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>				
	<b>Color</b>	Pardo Rosáceo a rojizo				
	<b>Textura</b>	Clástica arenácea Psámitica				
	<b>Estructura</b>	Ordinaria				
	<b>Origen</b>	Clástico Sedimentario				
	<b>Ambiente</b>	Continental				
	<b>Tamaño de grano</b>	medio				
Muestra macroscópica	<b>Composición Mineralógica</b>					
	<b>Limos</b>	5%	<b>Arcillas</b>	-	<b>Micas</b>	-
	<b>Calcita</b>	-	<b>Cuarzo</b>	20%	<b>Feldespatos</b>	70%
	<b>Otros</b>	5%				
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	Arenisca Arcósica				
	<b>Unidad Litológica</b>	Formación Huancané				
	<b>OBSERVACIONES</b>	Se aprecia fragmentos blanquecinos con apariencia de plagioclasas.				
	<b>USOS</b>					
Muestra microscópica						

Fuente: Elaboración propia

### Formación Ayabacas Kis-ay (a)/ Kis-ay (b)

En el distrito de Cabana, la formación Ayabacas se ha categorizado en 2 tipos debido a su variedad litológica, las cuales se han categorizado como Kis-ay (a) Y Kis-ay (b), las mismas que se encuentra a 4km. al suroeste de la ciudad de Cabana; están emplazadas entre los cerros de Corcorune, en los sectores de Kellocancha, Huaychulaya y Santiago

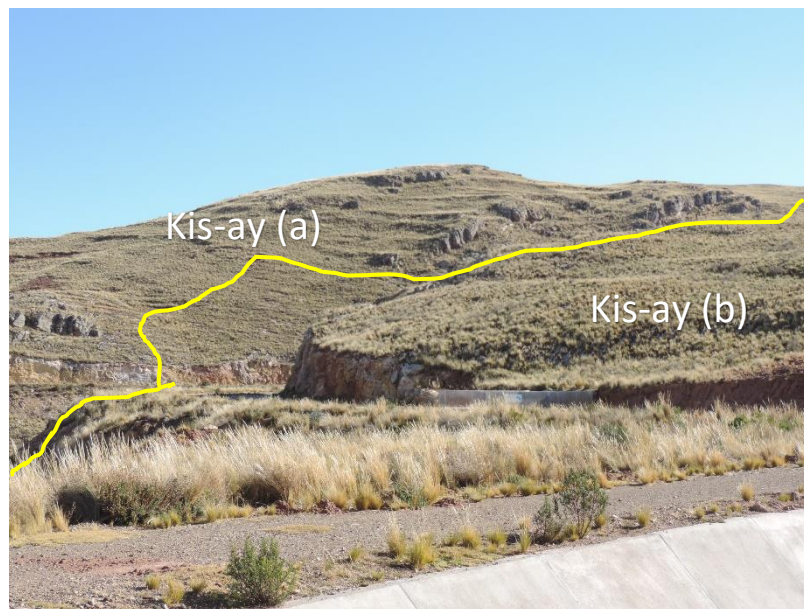
### Calizas Kis-ay (a)

Las calizas tipo (a) de la formación Ayabacas es la que tiene mayor interés, contiene un área superficial de 699.03 hectareas que representa el 3.62% del ámbito

priorizado. Esta unidad litológica comprende Calizas micríticas masivas laminares, lentes de chert, dolomitas, e intercalaciones con margas y cretas

### Calizas Kis-ay (b)

Las calizas tipo (b) de la formación Ayabacas abarca áreas más restringidas de esta unidad, se extiende en un área superficial de 201.21 hectáreas que representa el 1.04% del ámbito priorizado. Esta unidad litológica es característica por presentar Limolitas y lutitas laminares de color blanco, amarillo y rojo ladrillo, intercaladas con calizas margosas, cretas y areniscas cuarcíticas finas.



**Figura Nro. 13:** Contacto de Calizas Ayabacas tipo (a) con las calizas tipo (b). N: 8265699 E: 358251.38.

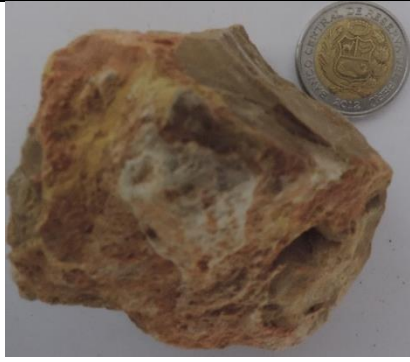
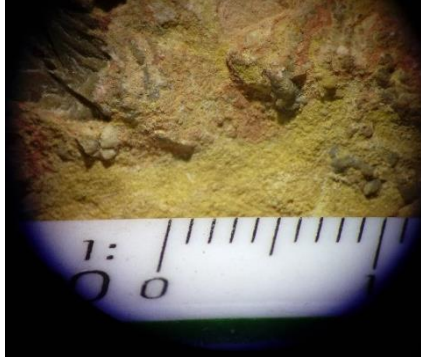
**Tabla Nro. 12:** Descripción de roca caliza analizada en laboratorio.

	<b>Muestra 06</b>		<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>			
	<b>Color</b>		Gris pardusco			
	<b>Textura</b>		Sacaraoide			
	<b>Estructura</b>		Química calcárea			
	<b>Origen</b>		No Clástico Sedimentario - Químico			
	<b>Ambiente</b>		Marino			
	<b>Tamaño de grano</b>		medio			
Muestra macroscópica	<b>Composición Mineralógica</b>					
	<b>Calcita</b>	45%	<b>Dolomita</b>	40%	<b>Siderita</b>	5%
	<b>Limo</b>	7%	<b>Chert</b>	3%	<b>Arcilla</b>	-
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		Caliza dolomítica			
	<b>Unidad Litológica</b>		Formación Ayavacas			
	<b>OBSERVACIONES</b>		Tiene áreas terrosas con contenido de marga y creta			
Muestra microscópica	<b>USOS</b>		Industrias para la fabricación de cemento			



**Figura Nro. 14:** Calizas Ayabacas con impurezas de Yeso.

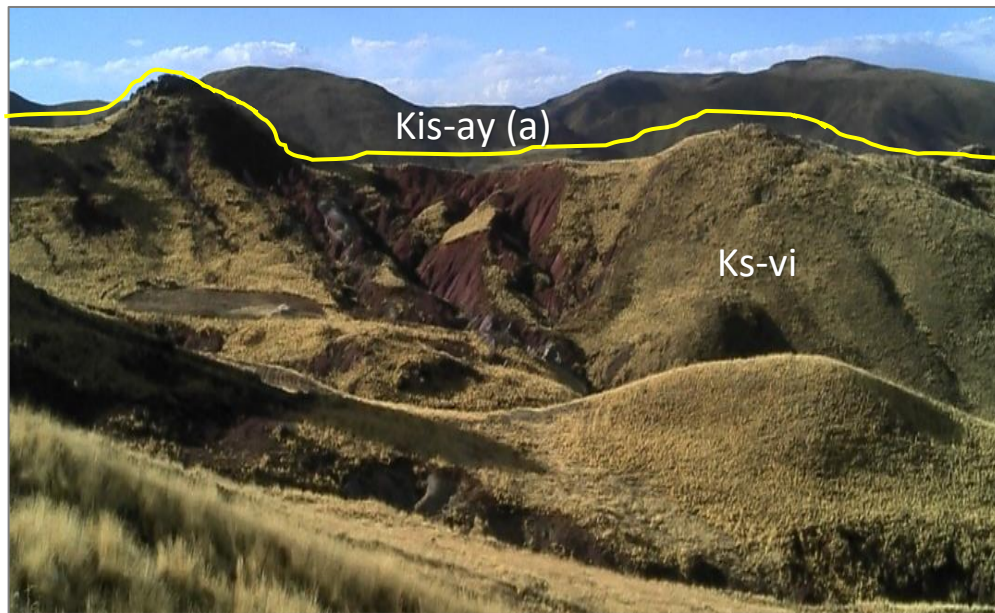
**Tabla Nro. 13:** Descripción de Caliza margosa analizada en laboratorio.

	<b>Muestra a 07</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>				
	<b>Color</b>	Amarillo - rojizo - Pardo grisáceo y blanco				
	<b>Textura</b>	Sacaroideo - terrosa				
	<b>Estructura</b>	Química calcárea				
	<b>Origen</b>	No Clástico Sedimentario - Químico				
	<b>Ambiente</b>	Marino				
	<b>Tamaño de grano</b>	fino - medio				
<b>Muestra macroscópica</b>	<b>Composición Mineralógica</b>					
	<b>Calcita</b>	35%	<b>Dolomita</b>	10%	<b>Siderita</b>	10%
	<b>Limo</b>	25%	<b>Chert</b>	-	<b>Arcilla</b>	20%
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	Caliza margosa ferruginosa				
	<b>Unidad Litológica</b>	Formación Ayavacas				
	<b>OBSERVACIONES</b>	Contienen zonas contaminadas con areniscas cuarzosas y arcosas				
	<b>USOS</b>	Industrias para la fabricación de cemento				
<b>Muestra microscópica</b>						

### Formación Vilquechico (Ks-vi)

La formación Vilquechico aflora al S-SO de la ciudad de cabana, entre los sectores de Mollepunco, Huancarani y Volcán Chupa, así mismo aflora al suroeste de Cabana en el cerro Accopata, de la misma forma al sur este de Cabana en la zonas de Huaychulaya y Ccollpachupa, cubriendo un área aproximada de 635.86 hectáreas que representa el 3.29% del área total, con una litología representada por las areniscas cuarzosas y arcosas gris blanquecinas intercaladas con limoarcillitas laminares gris verdosas, violáceas y oscuras.





**Figura Nro. 15:** Formación Vilquechico con intercalaciones lutitas, arenisca y caliza. N: 8261846 E: 356234

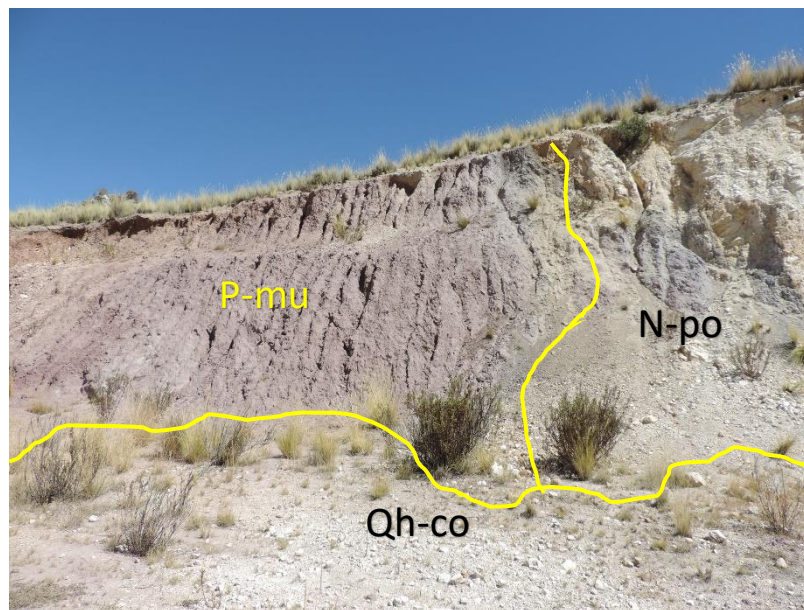
**Tabla Nro. 14:** Descripción de Arenisca cuarzosa analizada en laboratorio.

	<b>Muestra 08</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>				
	<b>Color</b>	Pardo blanquecino a rojizo				
	<b>Textura</b>	Clástica arenácea Psámitica				
	<b>Estructura</b>	Ordinaria				
	<b>Origen</b>	Clástico Sedimentario				
	<b>Ambiente</b>	Continental				
	<b>Tamaño de grano</b>	medio				
Muestra macroscópica	<b>Composición Mineralógica</b>					
	<b>Limos</b>	20%	<b>Arcillas</b>	10%	<b>Micas</b>	-
	<b>Calcita</b>	-	<b>Cuarzo</b>	60%	<b>Feldespatos</b>	10%
	<b>Otros</b>					
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	Arenisca cuarzosa y arenisca arcósica				
	<b>Unidad Litológica</b>	Formación Vilquechico				
	<b>OBSERVACIONES</b>	Presenta óxidos de hierro.				
Muestra microscópica	<b>USOS</b>	Rocas ornamentales para enchapados				

Fuente: Elaboración propia

### Formación Muñani (P-mu)

La formación Muñani aflora en el distrito de Cabana, a 10 km. al suroeste y a 7 km. al noreste de la ciudad de Cabana, en el cerro Queallata, en las zonas de Piñarani y Canteria, en el sector de San Julian, cubriendo un área aproximada de 556.89 hectáreas que representa el 2.88% del área total; esta unidad litológica está constituida por presentar areniscas arcósicas, lodolitas, limoarcillitas rojizas, conglomerados polimícticos.



**Figura Nro. 16:** Contacto de la fm. Muñani con el intrusivo Diorítico. N: 8260722 E: 354574.

**Tabla Nro. 15:** Descripción de Areniscas Muñani analizada en laboratorio.

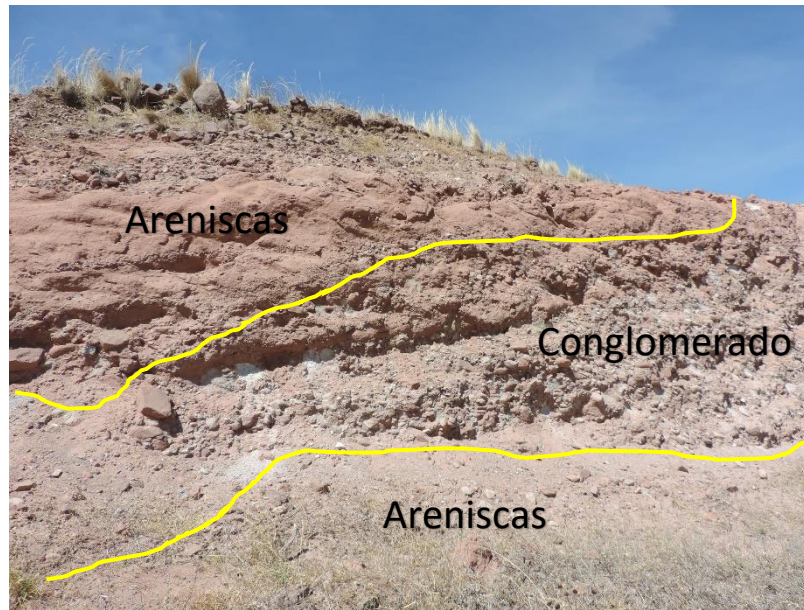
	<b>Muestra 09</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>				
	<b>Color</b>	Pardo café				
	<b>Textura</b>	Clástica arenácea Psámitica				
	<b>Estructura</b>	Ordinaria con buzamiento				
	<b>Origen</b>	Clástico Sedimentario				
	<b>Ambiente</b>	Continental				
	<b>Tamaño de grano</b>	medio				
<b>Muestra macroscópica</b>	<b>Composición Mineralógica</b>					
	<b>Limos</b>	5%	<b>Arcillas</b>	5%	<b>Micas</b>	-
	<b>Calcita</b>	-	<b>Cuarzo</b>	10%	<b>Feldespato</b>	80%
	<b>Otros</b>					
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	Arenisca cuarzosa y arenisca arcósica				
	<b>Unidad Litológica</b>	Formación Muñani				
	<b>OBSERVACIONES</b>	Presenta bandeamientos oscuros por presencia de materia orgánica.				
<b>Muestra microscópica</b>	<b>USOS</b>	Rocas ornamentales para enchapados y usos para la construcción civil.				

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.3. Cenozoico

##### Grupo Puno (P-pu)

El grupo Puno aflora en el distrito de Cabana, a 7 km. al noreste del pueblo de Cabana, en el cerro Queallata, en las zonas de Piñarani y Canteria, cubriendo un área aproximada de 480.72 hectáreas que representa el 2.49% del área total, con una litología de areniscas feldespáticas y líticas interestratificadas con conglomerados polimícticos de clastos subredondeados de calizas, cuarcitas y areniscas rojizas calcáreas como matriz; intercalados con areniscas conglomerádicas, vulcarenitas.



**Figura Nro. 17:** Intercalación de arenisca y conglomerado del gpo. Puno. N: 8271693 E: 364539.

### **Grupo Barroso (NQ-um/ab – NP-ba/ab/a)**

El volcánico Barroso aflora en el distrito de Cabana, a 8 km al suroeste del pueblo de Cabana, en el cerro Tola Pata, y una pequeña parte en la zona de Laquinuyo, cubriendo un área aproximada de 202.11 hectáreas que representa el 1.05% del área total, con una litología de andesitas basálticas afaníticas.



**Figura Nro. 18:** Grupo Barroso con relieve de meseta de lava.

**Tabla Nro. 16:** Descripción de Andesita basáltica analizada en laboratorio.

	<b>Muestra 10</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>			
	<b>Color</b>	Gris plomizo a oscuro			
	<b>Textura</b>	Microlítica			
	<b>Estructura</b>	Disyunción columnar			
	<b>Origen</b>	Ígneo volcánico			
	<b>Ambiente</b>	Continental			
	<b>Tamaño de grano</b>	Afanítico			
<b>Muestra macroscópica</b>	<b>Composición Mineralógica</b>				
	<b>Plg Andesina</b>	60%	<b>Plg Ca</b>	20%	<b>Micas</b> 2%
	<b>Plg - Na</b>	18%	<b>Cuarzo</b>	-	<b>Feldespato</b> -
	<b>Otros</b>				
	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	Andesita basáltica			
	<b>Unidad Litológica</b>	Grupo barroso			
	<b>OBSERVACIONES</b>	Presenta minerales de óxidos de hierro			
<b>Muestra microscópica</b>	<b>USOS</b>	Rocas ornamentales y usos para la construcción civil.			

**Fuente:** Elaboración propia

## CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios en la zona de estudio se encuentran dispersos, estos depósitos recientes están rellenando valles, depresiones y planicies. Los depósitos cuaternarios en el distrito de Cabana están distribuidos en buena parte de la superficie del territorio del distrito, cubren un área aproximada de 8998.48 hectáreas que representa el 46.59% aproximado del área total, las cuales se clasifican a continuación como:

### **Formación Azángaro (NQ-az) (a)**

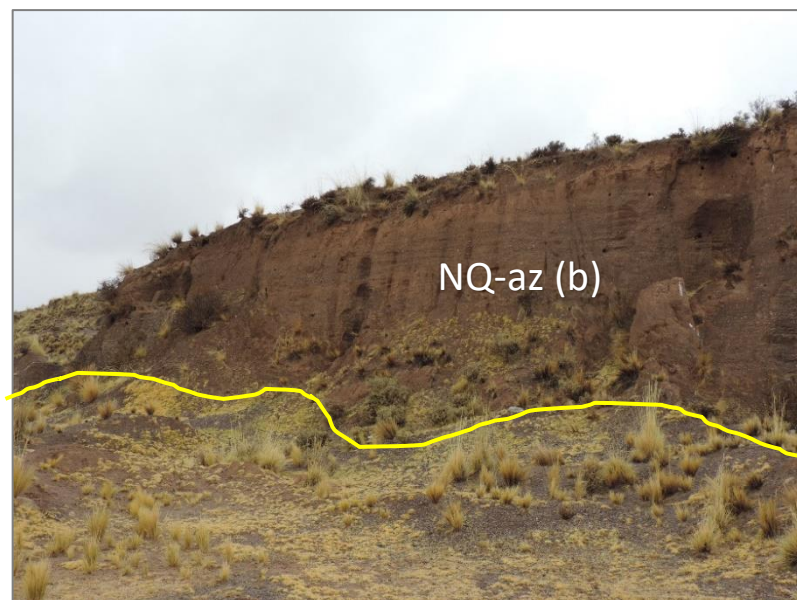
La formación Azángaro de tipo “a” aflora en su mayor parte en el distrito de Cabana, contorneando el pueblo de Cabana principalmente en los cerros Patipata, Chillin, Japiza y Gericachi, teniendo una dirección de suroeste a noreste, cubriendo un área aproximada de 5077.67 hectáreas que representa el 26.29% del área total, su unidad litológica comprende Arenas y limos poco consolidados con laminación paralela y sesgada, conglomerados de origen lacustre.



**Figura Nro. 19:** Afloramiento de la formación Azángaro (a). N: 8272310 E: 364990.

### **Formación Azángaro (NQ-az) (b)**

La formación Azángaro de tipo “b” aflora en las cercanías de la carretera panamericana de Juliaca – Arequipa teniendo una dirección de noreste a suroeste, su extensión superficial de esta unidad son más restringidas abarcando aproximadamente 130.54 hectáreas que representa el 0.68% del área total; esta unidad litológica se caracteriza por presentar Intercalación de Gravas, arenas fina con limos y limos poco consolidados de origen lacustre.



**Figura Nro. 20:** Afloramiento de la formación Azángaro (b).

### **Depósitos Aluviales (Qh-a11).**

Estos depósitos aluviales contiene áreas moderadamente extensas que se extienden desde las comunidades campesinas de Tiracoma, Cabana y Yanarico, esta unidad está representada por contener depósitos limoarenoso con matriz calcárea, esta unidad abarca un área de 692.91 hectáreas que representa un 3.59% del área de intervención.



**Figura Nro. 21:** Depósitos aluviales limoarenosa con matriz calcárea. N: 8265254 E: 358936

### **Depósitos Aluviales (Qh-al2)**

Estos depósitos aluviales se encuentran dispersos con grandes extensiones en el área de intervención, Esta unidad litológica describe como Deposito limoarcilloso oscuro con presencia de materia orgánica, abarca una extensión superficial de 2920.22 hectáreas que representa el 15.11 % del distrito de Cabana.



**Figura Nro. 22:** Depósito aluvial limo-arcilloso oscuro de la comunidad campesina de Tiracoma.



### **Depósitos Aluviales (Qh-al3).**

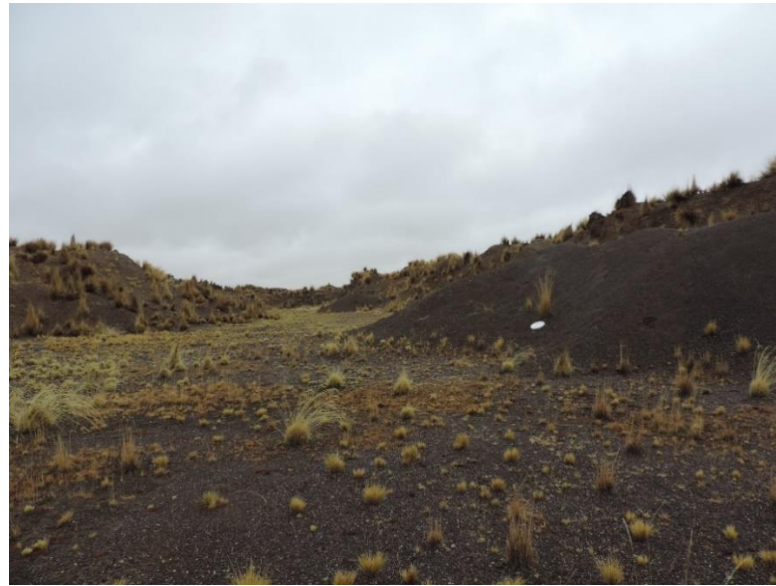
Este tipo de depósitos aluviales contienen áreas restringidas dispersas en todo el ámbito de intervención; esta unidad litológica está representada por contener depósitos de limos y arenas en matriz limo-arcillosa, abarca una extensión superficial de 3576.42 hectáreas que representa el 18.52 % del distrito de Cabana.



**Figura Nro. 23:** Depósitos aluviales tipo 3 del distrito de Cabana.

### **Depósitos Aluviales (Qh-4).**

Este depósito aluvial está ubicado al NE de la ciudad de la ciudad de Cabana, en la zona lateral del río Cabanillas con el límite del distrito de Juliaca, esta unidad esta descrita por contener Gravas subangulosas mal clasificadas en matriz arenosa, esta unidad abarca un área de 338.85 hectáreas que representa el 1.75% del área de intervención.



**Figura Nro. 24:** Depósitos aluviales que describen gravas subangulosas en matriz arenosa.

### **Depósitos Coluviales (Qh-co)**

Los depósitos coluviales del ámbito de intervención están constituidas por Clastos dispersos en conjuntos polimícticos con matriz de arenosa, intercalada con arenas y limos, se encuentran dispersas en los pie de monte de los afloramientos rocosos, su extensión superficial abarca 559.40 hectáreas que representa el 2.9% del distrito de Cabana.



**Figura Nro. 25:** Depósitos Coluviales de gravas en matriz arena guijarrosa. N: 8268551 E:

357312.

### **Depósitos de bofedal (Qh-bo)**

Los depósitos de bofedal contienen áreas restringidas en la mayoría del superficie del área de intervención, su unidad litológica es característica por presentar depósitos recientes constituidos por arenas y limoarcillas con presencia de materia orgánica, su área superficial se extiende en 1767.73 hectáreas que representa el 9.15% del área total.



**Figura Nro. 26:** Depósitos de bofedal del distrito de Cabana.

### **Depósitos Fluviales (Qh-flv)**

Los depósitos fluviales afloran en el distrito de Cabana, a 3.5 km. con dirección de suroeste a noreste localizándose en los codos internos del río Cabanillas, cubriendo un área de 102.04 hectáreas que representa el 0.53 % del área total; su unidad litológica está constituido por depósitos restringidos a lechos de río, gravas en matriz arenosa y limoarcillitas lenticulares.

### **Depósitos Fluvio aluviales (Qh-fa)**

Los depósitos fluvio aluviales se localizan a cercanías de la ciudad de Cabana, a 3.5 km. que van con dirección de suroeste a noreste en el margen derecho del río Cabanillas, cubriendo un área de 744.22 hectáreas que representa el 3.85% del área total, su unidad litológica es característica por presentar gravas de río y materiales de corriente con contenido de bloques en matriz areno limosa.



**Figura Nro. 27:** Depósitos Fluvioaluviales del río Cabanillas.

#### **4.2.4. Intrusivos**

##### **Intrusivo Diorítico.**

El intrusivo Diorítico se encuentra en la parte NE del distrito de Cabana, en las cercanías de las pampas de chalcamayo y silarane, estas unidades fueron descritas macroscópicamente y microscópicamente como intrusivos Diorítico, las mismas que tienen una ocupación superficial de 37.59 hectáreas, que representa el 0.19% del distrito de Cabana.



**Figura Nro. 28:** Intrusivo Diorítico del distrito de Cabana.

**Tabla Nro. 17:** Descripción de intrusivo Diorítico analizada en laboratorio.

 Muestra macroscópica	<b>Muestra 12</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>			
	<b>Color</b>	Pardo blanquecino con zonas oscuras			
	<b>Textura</b>	Granular			
	<b>Estructura</b>	Stock			
	<b>Origen</b>	Ígneo plutónico			
	<b>Ambiente</b>	Continental			
	<b>Grado de cristalización / Tamaño de grano</b>	Roca holocristalina / Fanerítico			
	<b>Granularidad</b>	Equigranular			
	<b>Forma de los cristales</b>	Euhedral			
	<b>Composición Mineralógica</b>				
<b>Plg - Na</b>	60%	<b>Plg Ca</b>	10%	<b>Piroxenos</b>	25%
<b>Anfíboles</b>	-	<b>Cuarzo</b>	1%	<b>Feldespato - K</b>	4%
<b>Otros</b>					
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>		Diorita			
<b>Unidad Litológica</b>		Intrusivo Diorítico			
<b>OBSERVACIONES</b>					
<b>USOS</b>		Rocas ornamentales y para la construcción civil			
 Muestra microscópica					

Fuente: Elaboración propia

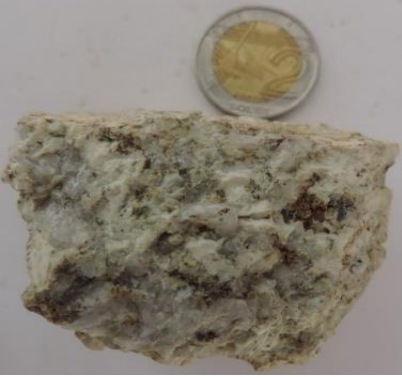

### **Pórfido de plagioclasas y cuarzo.**

El pórfido Tonalita Diorítica se encuentra ubicado al SW del distrito de Cabana, esta unidad está ubicada cerca al cerro Accopata, su descripción macroscópica está representado como Andesitas sub-volcánicas tipo pórfido con fenocristales de plagioclasas y presencia de cuarzo, esta unidad abarca un área superficial de 475 hectáreas que representa el 2.46% del distrito de Cabana.



**Figura Nro. 29:** Pórfido de Pórfido de plagioclasas y cuarzo. N: 8260729 E: 354794

**Tabla Nro. 18:** Descripción de pórfido analizada en laboratorio.

 <p>Muestra macroscópica</p>	<b>Muestra 11</b>	<b>Análisis de muestras macroscópicas y microscópicas</b>			
	<b>Color</b>	Blanco translucido a opaco			
	<b>Textura</b>	Granular			
	<b>Estructura</b>	Stock			
	<b>Origen</b>	Ígneo hipabisal			
	<b>Ambiente</b>	Continental			
	Grado de cristalización / Tamaño de grano	Roca holocristalina / Fanerítico			
	<b>Granularidad</b>	Inequigranular			
	<b>Forma de los cristales</b>	Euhedral			
	<b>Composición Mineralógica</b>				
<b>Plg - Na</b>	75%	<b>Plg Ca</b>	20%	<b>Piroxenos</b>	-
<b>Anfíboles</b>	-	<b>Cuarzo</b>	2%	<b>Feldespato - K</b>	3%
<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>	Pórfido de Andesita sub-volcánica con cuarzo				
<b>Unidad Litológica</b>	Pórfido de plagioclasas y cuarzo				
<b>OBSERVACIONES</b>					
<b>USOS</b>	Construcción civil.				
 <p>Muestra microscópica</p>					

Fuente: Elaboración propia

**Tabla Nro. 19:** Unidades litológicas del distrito de Cabana

LITOESTRATIGRAFIA	Unidad Litológica	Simbología	Área	Área en Porcentaje
Cuaternario Aluvial	Depósitos Aluviales(1)	Qh-al1	692.91385	3.59%
	Depósitos Aluviales(2)	Qh-al2	2920.22307	15.12%
	Depósitos Aluviales(3)	Qh-al3	3576.41849	18.52%
	Depósitos Aluviales(4)	Qh-al4	338.852923	1.75%
Cuaternario Coluvial	Depósitos Coluviales	Qh-co	559.401856	2.90%
Cuaternario Bofedal	Depósitos de bofedal	Qh-bo	1767.73054	9.15%
Cuaternario Fluvial	Depósitos Fluviales	Qh-fl	102.035099	0.53%
Cuaternario Fluvio aluvial	Depósitos Fluvio aluvial	Qh-fa	744.219495	3.85%
Grupo Moho	Formación Ayabacas (a)	Kis-ay(b)	201.213104	1.04%
	Formación Ayabacas (b)	Kis-ay(a)	699.025653	3.62%
Formación Azángaro	Formación Azángaro (a)	NQ-az (a)	5077.66942	26.29%
	Formación Azángaro (b)	NQ-az (b)	130.541356	0.68%
Grupo Yura	Formación Gramadal	Ji-gr/mu	34.803435	0.18%
Grupo Moho	Formación Huancané	Ki-hn	27.135031	0.14%
Formación Muñani	Formación Muñani	P-mu	92.420159	0.48%
Formación Vilquechico	Formación Vilquechico	Ks-vi	635.862506	3.29%
Grupo Barroso		Np-ba/ab/a	198.188618	1.03%
		NQ-um/ab	3.922906	0.02%
Grupo Cabanillas	Miembro 2	D-c/m2	359.954504	1.86%
	Miembro 3	D-c/m3	57.16289	0.30%
Grupo Puno		P-pu	487.496627	2.52%
Intrusivos Cenozoicos	Intrusivo Diorítico	N-di	14.568151	0.08%
Laguna	Laguna	Lgn	27.504109	0.14%
Pórfidos Cenozoicos	Pórfido de plagioclasas y cuarzo	N-po	475.001753	2.46%
Rio	Rio	Rio	43.464056	0.23%
Ciudad	Centro Urbano	Ciudad	48.171338	0.25%
<b>Área Total</b>			<b>19315.9</b>	<b>100%</b>

Fuente: INGEMMET - Micro-ZEE puno

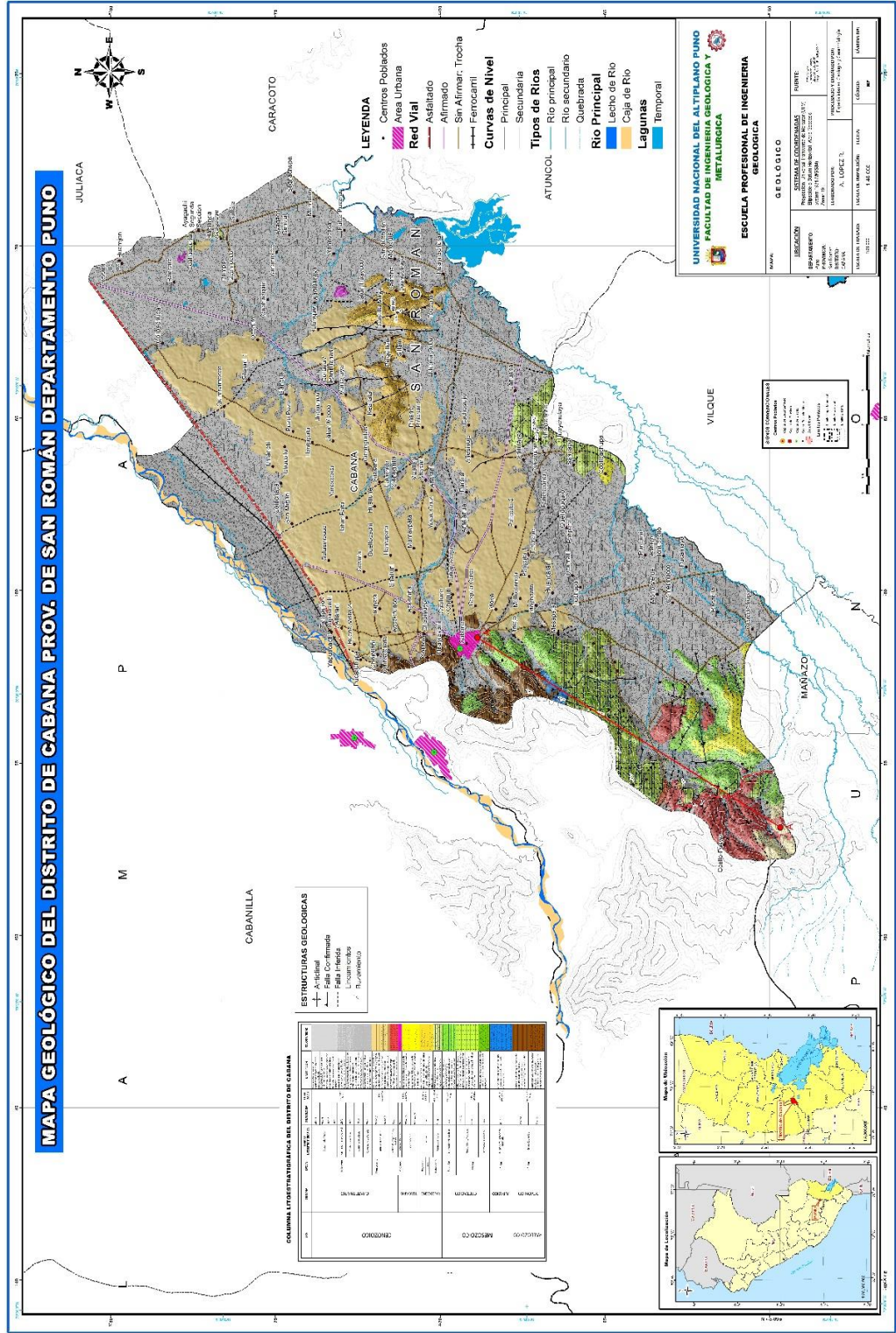


## COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA DEL DISTRITO DE CABANA

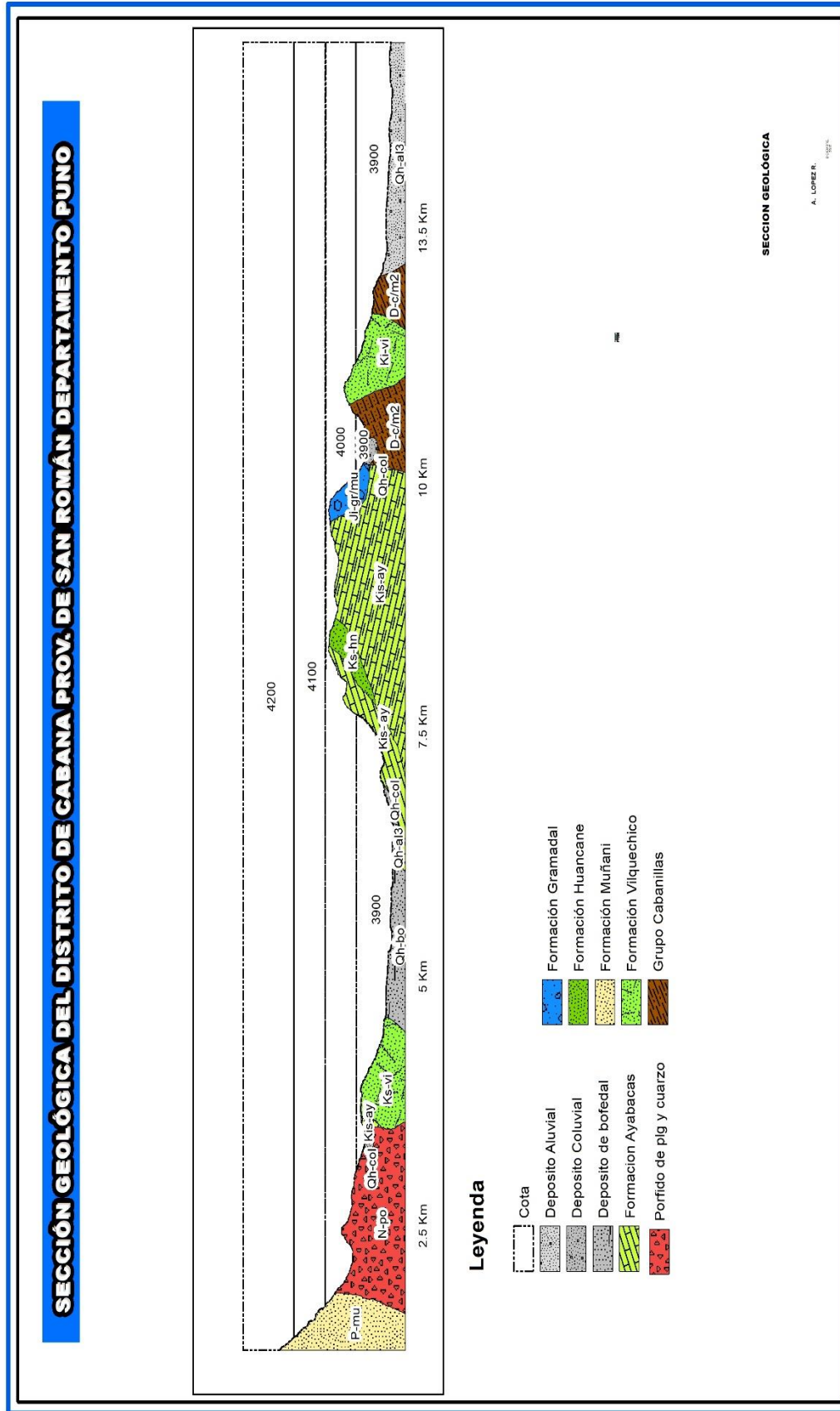
ERA	SISTEMA	EPÓCA	UNIDAD LITOSTRATIGRÁFICA	SIMBOLOGÍA	EDAD (M.A.)	DESCRIPCIÓN	COLOR UNIDAD
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Cuaternario Aluvial	Qh a4	~ a 0.0115 M.a.	Gravas subangulosas mal clasificadas en matriz arenosa semiconsolidada	
				Qh a3		Depósitos de limos y arenas en matriz limoarcillosa	
				Qh a2		Depósito limoarcilloso oscuro con presencia de materia orgánica	
				Qh a1		Depósito limoarenoso con matriz calcárea	
			Cuaternario FluvioAluvial	Qh fa		Gravas de río y materiales de corriente con contenido de bloques en matriz arena limosa	
			Cuaternario Fluvial	Qh fi		Depósitos restringidos a lechadas de río, gravas en matriz arenosa y limoarcillitas lenticulares	
			Cuaternario Coluvial	Qh co		Clastos dispersos en conjuntos polimícticos con matriz de arena, intercalada con arenas y limos	
	Cuaternario de bafedat	Qh bo	Depósitos recientes constituidos por arenas y limoarcillas con presencia de materia orgánica				
	Pleistoceno	Formación Azangaro	NQ az (a)	1,806 a 0.0115 M.a.	Arenas y limos poco consolidados con laminación paralela y sesgada, conglomerados de origen lacustre		
			NQ az (b)	Intercalación de Gravas arenas fina con limos y limos poco consolidados de origen lacustre			
		Pórfido de plagioclasa y cuarzo	N po	A ndesitas subvolcánicas tipo porfido con fenocristales de plagioclasa y presencia de cuarzo			
	Plioceno	Grupo Barroso	Intrusivo Diorítico	N di	Diorita		
			NQ um/ab	5,332 a 1,806 M.a.	A ndesitas basálticas porosas de afaníticas a porfiríticas del centro volcánico Umayo		
				NP ba/ab/a	A ndesitas basálticas porosas de afaníticas a porfiríticas del centro volcánico Umayo		
Paleogene	Grupo Puno	Oligoceno	23.03 a 55.8 M.a.	Areniscas arcóscas, cuarzosas, feldespáticas y limolitas, con poca interestratificación de conglomerados polimícticos de canto rodado			
		Eoceno					
		Paleoceno	45.5 a 55.08 M.a.	Areniscas arcóscas, lodolitas, limoarcillitas rojas, conglomerados polimícticos			
MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior	Formación Vilquechico	Ks vi	99.6 a 65.5 M.a.	Unidad superior de areniscas cuarzosas y arcóscas gris blanquecinas intercaladas con limoarcillitas laminares gris verdosas, violáceas y oscuras	
			Grupo Moja/Ayabacas	Kis ay(a)	145.5 a 99.6 M.a.	Lutitas y limolitas laminares de color rojo ladrillo, intercaladas con calizas y areniscas cuarzíticas finas	
		Kis ay(b)		Calizas micríticas laminares y bioturbadas, lentes de chert, e intercalación con lutitas y limolitas color ladrillo			
	Formación Huancané	Ki hn	Areniscas cuarzosas de grano fino a medio con estratificación sesgada y paralela				
	JURÁSICO	Inferior	Grupo Yura/Formación Gramadal	Ji gr/mu	199.6 a 175.6 M.a.	Conglomerados polimícticos con clastos redondeados en matriz arcóscica roja	
PALEOZOICO	DEVÓNICO	Inferior	Grupo Cabanillas	D c/m2	416 a 397.5 M.a.	Lutitas parda blanquecinas a café con laminación paralela e intercalada con areniscas cuarzosas de grano fino a medio	
				D c/m3		Lutitas gris oscuras con laminación paralela e intercalada con areniscas cuarzosas de grano fino con poca presencia de fósiles	

**Figura Nro. 30:** Columna Litoestratigráficas para el distrito de Cabana.

Fuente: INGEMMET – Micro – ZEE Puno



Mapa Nro. 2: Mapa Geológico del distrito de Cabana (Ver anexo 1).



**Figura Nro. 31:** Sección geológica del distrito de Cabana.



### **4.3. GEOMORFOLÓGICA.**

La caracterización geomorfológica representa la descripción cartográfica, que comprende el comportamiento de relieve superficial en el área de estudios, esto debido a los diferentes cambios causados por los procesos morfodinámicos que son los principales agentes modeladores de la superficie.

Para la elaboración del mapa geomorfológico se han tomado 6 criterios, los cuales son el mapa litológico a escala, mapa base de curvas de nivel de 25m, parámetros de medida basado en la cota mínima local de la zona, esta para la determinación de la morfometría, geodinámica y/o morfodinámica, visualización de imágenes satelitales y la supervisión al área de intervención; tomando en cuenta criterios de bibliografías existentes que aportaron para la generación de un nuevo criterio con información valiosa a escala 1/25000.

#### **4.3.1. Grandes unidades morfoestructurales.**

En el ámbito de estudios se han identificado 2 grandes unidades morfoestructurales de las 6 que contiene el departamento de Puno, las cuales están referidas a la cordillera occidental y el altiplano; las mismas que fueron determinantes para determinar las unidades geomorfológicas descritas a continuación.

#### **4.3.2. Unidades Geomorfológicas.**

- **Áreas de actividad antrópica (A-atr)**

Actividad antrópica se define como cualquier acción o intervención que el ser humano efectuó sobre la superficie terrestre, algunos ejemplos son: las áreas urbanizadas,

la agricultura, la deforestación, la pesca, minería y las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, etc.

Para el área de intervención en el distrito de Cabana, la unidad geomorfológica que esta denominada como actividad antrópica; presenta una pendiente de 4-8 % calificado como moderadamente inclinado, donde se genera el crecimiento de la población, el mismo que ha sido vectorizado en el mapa, sin embargo existen áreas de actividad antrópica como vías de comunicación, actividad agrícola, canteras y entre otros que no se han vectorizado, de manera que se tiene un área aproximada de 48.17ha de desarrollo urbano el mismo que representa un 0.25% del área total de la zona de estudio.



**Figura Nro. 32:** Área urbana del distrito de Cabana. N: 8269279 E: 358111.

- **Colina alta estructural (C-ae)**

Son geoformas originadas por periodos de disección reciente, cuya configuración se halla estrechamente vinculada a factores estructurales y litológicos del área de intervención. Estas Colinas altas tienen elevaciones topográficas que se caracterizan por

presentar pendientes de 8% a 75% que es de fuertemente inclinado a fuertemente empinado y su altura variable fluctúan entre los 150 a 300 metros desde su cota base local.

En la provincia geomorfológica del altiplano se enmarcan estas colinas altas estructurales Litológicamente está constituida por rocas ígneas de Pórfido de plagioclasas y cuarzo, rocas sedimentarias correspondientes principalmente a las formaciones geológicas del Grupo Cabanillas, Formación Ayabacas, Formación Vilquechico, Formación Huancané, de manera que la morfodinámica erosiva y degradacional efectuada sobre estas colinas, son de moderada a altamente disectadas según a la resistencia de cada litología generándose así colinas estructurales de múltiples relieves que se extienden predominantemente en las comunidades campesinas de Tiracoma y Cabana, esta unidad abarca un área de 743.30ha y representa el 3.85% del área total de la zona de estudios.



**Figura Nro. 33:** Colina alta estructural de la formación Vilquechico. N: 8262203 E: 356757.



- **Colina baja estructural (C-be)**

Son elevaciones esencialmente denudacional de 20 a 80 metros de altura sobre su nivel de la cota base local que presentan pendientes de 15 a 25%. Sus geoformas se distinguen por su ligero grado de disección porque se han desarrollado sobre afloramientos rocosos poco coherente.

Litológicamente, se han desarrollado sobre capas blandas de areniscas y arcillitas de la formación Muñani, areniscas del grupo puno, lavas volcánicas del grupo barroso y en pórfidos de plagioclasa y cuarzo. El mayor relieve se presenta en la zona suroeste del distrito cerca del río quebrada Berenguela. Estas Colinas bajas estructurales tienen elevaciones topográficas que se caracterizan por presentar pendientes de 8% a 50% que es de moderadamente inclinado a empinado.

Su Morfodinámica erosiva y degradacional sobre estas colinas resultan, de moderada a altamente disectadas según la resistencia de cada litología generándose así colinas baja estructural; estas se extienden predominantemente en las comunidades campesinas de Tiracoma, Cabana y Collana sumando estas un total de 1094.97 hectáreas de colinas que representa el 5.67% del área de intervención.



**Figura Nro. 34:** Colina baja estructural del distrito de Cabana.

- **Colina media estructural (C-me)**

Son geoformas de relieves topográficos estas unidades geomorfológicas son denominados colina media estructural y están comprendidas con alturas de 80 a 150 metros de altitud desde una base local.

Litológicamente está constituida por rocas sedimentaria Grupo Puno, Cabanillas, Formación Ayabacas, Vilquechico, volcánicas del Grupo Barroso y depósitos aluviales de la formación Azángaro; Su pendiente fluctúa en un rango de 8% a 50%, siendo de moderadamente inclinado a empinado, estas unidades enmarcadas dentro de la provincia geomorfológica del altiplano sufren constantemente una morfodinámica de erosión granular que a su vez degradacional, estas colinas medias estructurales se distribuyen en forma dispersa en el distrito de Cabana y con mayor presencia en las comunidades campesinas de Tiracoma, Yanarico y Collana, abarca un área de 611.14 hectáreas que representa el 3.16% del total del distrito antes mencionado.





**Figura Nro. 35:** Colina media estructural en el distrito de Cabana. N: 8261844 E: 356234.

- **Ladera de colina baja coluvial (L-cbdc)**

Esta unidad se enmarca en la provincia geomorfológica del altiplano, sus relieves situados al inicio de laderas de colina baja está conformado por material geológico denominados coluviales y secuencias de aluviales, estas unidades geomorfológicas denominados Ladera de colina alta coluvial, estas pueden presentar disecciones marcadas por agentes fluviales gracias la baja resistencia de su materiales geológico no consolidado.

Su morfodinámica expresa sedimentación al pie de colina baja y una baja a moderada degradación, en la parte inicial de las colinas, su pendiente dominante fluctúa en el rango de 4% al 15% siendo este de moderadamente inclinado a fuertemente inclinado, estas laderas coluviales se extienden de manera muy limitada en las colinas bajas de las comunidades campesinas de Collana y Cabana resultando así una suma de 452.02 hectáreas siendo este el 2.34% del territorio.



**Figura Nro. 36:** Ladera de colina baja del distrito de Cabana.

- **Laguna (Laguna)**

Una laguna es un depósito natural de agua que puede tener diferentes dimensiones de menor magnitud con respecto a los lagos, y puede formarse a partir de la desembocadura de un arroyo o río en periodos estacionarios y/o a partir de lluvias intensas. Un gran número de lagunas en la región son de origen fluvial que poseen una singularidad geomorfológica única que diferencia unas de otras, las lagunas pueden considerarse según su naturaleza tanto temporal como permanente.

En el distrito de Cabana se tiene un total de 130 lagunas aproximadamente entre temporales y permanentes, que están distribuidas en forma diseminada con mayor dominio al sureste y noreste del distrito, en las comunidades campesinas de Yanarico, Cuinchaca y Tiracoma. Las lagunas permanentes y temporales son zonas de sedimentación que presentan cicatrices de inundaciones eventuales; la extensión superficial de estas lagunas contienen un área aproximada de 27.6 hectáreas que representa el 0.14 % del área total.



**Figura Nro. 37:** Laguna temporal del distrito de Cabana. N: 8271203 E: 370910.

- **Lecho fluvial (L-flv)**

Los lechos fluviales como unidad geomorfológica se definen como zonas de acumulación de gravas y sedimentos los mismos que se presentan en formas de codos y meandros; conformando así morfologías de lechos fluviales en barras temporales, codos, islotes (albardones) de lechos fluviales, tanto en riberas y demás entornos del río.

Los lechos fluviales en el distrito de Cabana se localizan al norte de la capital de dicho distrito con un rumbo de suroeste a noreste (SW-NE) limitando con el distrito de Cabanillas, con pendiente cubriendo un área aproximada de 102.04 hectáreas que representa el 0.53 % del área total del distrito, estos lechos fluviales están inmersos a zonas inundables las mismas que son muy dinámicas y temporales con el paso del tiempo y en condiciones topográficas favorables van formando terrazas fluviales.



**Figura Nro. 38:** Lecho Fluvial del distrito de Cabana.

- **Llanura aluvial (Lln-al)**

Zonas geomorfológicamente planas o llanas de grandes extensiones de terreno plano con pendientes muy suaves de 0-2%, y que forma parte de una superficie producida por el depósito de aluvión, pueden presentarse adyacente a un río que se desborda periódicamente o puede estar situada en una llanura de inundación, con algunas elevaciones muy suaves, entre unos lugares y otros, no hay diferencias de alturas.

En el distrito de Cabana se caracteriza estas llanuras aluviales por ser llanuras en agradación o sedimentación que se formaron sobre un aluvión con capacidad de inundación relativamente baja a muy baja, con una morfodinámica de sedimentación, agradación y eventualmente zonas de erosión con menor presencia; estas se distribuyen con mayores extensiones entre las comunidades campesinas de Cuinchaca y Yanarico., en donde cubre un área aproximada de 3265.45 hectáreas que representa el 16.90% del área de intervención.

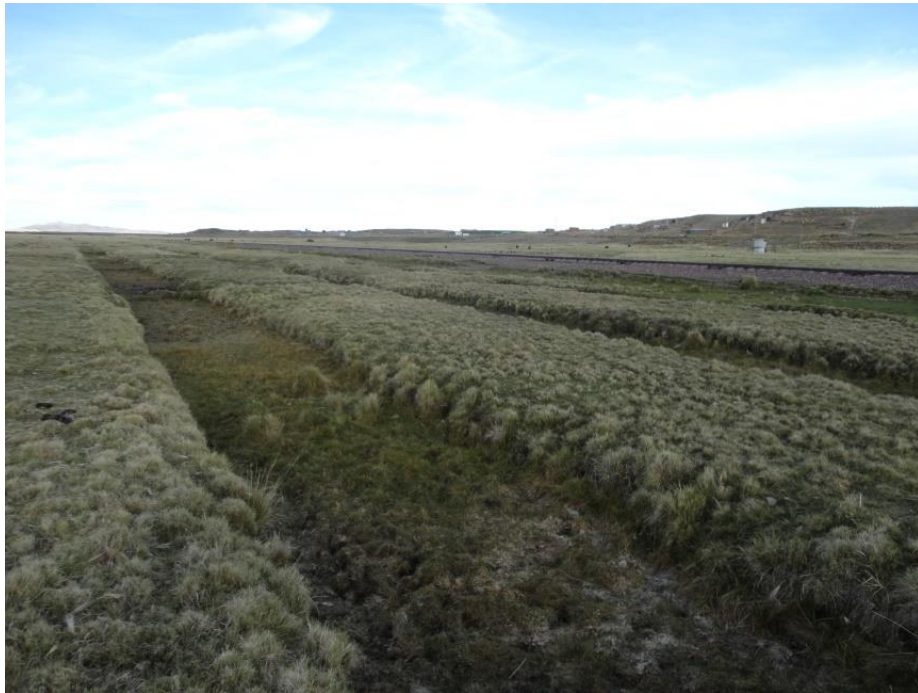


**Figura Nro. 39:** Llanura aluvial del distrito de Cabana. N: 8268216 E: 358703.

- **Llanura aluvial eventualmente inundable (LI-aei)**

Las llanuras aluviales eventualmente inundables son zonas geomorfológicas llanas con pendientes muy suaves, estas están atadas íntimamente a materiales geológicos no consolidados con capacidad de almacenar aguas de origen pluvial y fluvial, de manera que estas puedan representar zonas temporalmente inundables.

Las llanuras eventualmente inundables en el distrito de Cabana se caracteriza por estar a nivel o por encima de la llanura o planicie aluvial, presente con gran predominio de extensión en la comunidad campesina de Yanarico y seguidamente de la comunidad de Cuinchaca y otros con menor presencia, estas llanuras han sido formadas por aluviones depositados con episodios de subsidencia, mediante procesos geodinámicos de agradación y sedimentación orgánica, ocupando un área total de 4562.16 hectareas que representa el 23.62% del área de intervención, con pendientes de 0-2% originados por depósitos aluviales y fluviales del holoceno como consecuencia del transporte de sedimentos originados de proceso denudacional y erosivo en las partes altas de las colinas.



**Figura Nro. 40:** Llanura aluvial eventualmente inundable del distrito de Cabana. N: 8274887 E: 367191.

- **Llanura fluvio aluvial (Ll-fa)**

Las llanuras Fluvio aluviales como unidad geomorfológica se caracterizan por manifestar en su estructura morfológica pendientes planas o llanas constituidas por materiales Fluvio-aluviales como gravas y arenas.

Enmarcadas dentro de la provincia geomorfológica del altiplano, la Llanura fluvio aluvial del distrito de Cabana expresan una morfodinámica externa de acumulación, sedimentación y agradación de materiales geológicos generándose de esta manera llanuras particulares con materiales fluvio-aluviales, que en la actualidad se extraen agregados para la construcción, esta llanura se extiende al margen derecho del río Cabanillas a lo largo de la comunidad campesina de Cuinchaca, y presenta pendientes de 0-2% considerándose plano o casi a nivel, su extensión abarca un área de 338.85 hectáreas que representa el 1.75% del ámbito de intervención.



**Figura Nro. 41:** Llanura fluvio aluvial del distrito de Cabana. N: 8275188 E: 359988.

- **Llanura inundable (Lln-i)**

Las llanuras de inundación son superficies adyacentes a ríos, riachuelos, lagos y lagunas, sujetas a inundaciones recurrentes. Debido a su naturaleza siempre cambiante, las llanuras de inundación deben ser constantemente examinadas por ser de gran importancia con relación a evaluaciones del peligro de inundaciones.

Esta unidad geomorfológica en el distrito de Cabana se caracteriza por representar llanuras extensas formadas por depósitos carbonáticos, aluviones asociados con episodios lacustres y de subsidencia las cuales experimentan inundaciones parciales de magnitudes de moderado a alto; su morfodinámica es de carácter agradacional y de sedimentación con episodios orgánicos. Su pendiente oscila entre 0-2% casi llano, este ocupa grandes extensiones abarcando las Comunidades Campesinas de Aricoma y Yanarico con mayor alcance, resultando así un área aproximada de 938.82 hectáreas de suelo Cuaternario que representa el 4.86% del área total del distrito.



**Figura Nro. 42:** Llanura inundable del distrito de Cabana. N: 8269656 E: 369336.

- **Lomada estructural (L-es)**

Son elevaciones poco accidentadas, de relieve ondulado pero de origen estructural-denudacional, con alturas sobre su nivel de base inferiores a 20 metros y pendientes generalmente débiles del orden de 8% a 15% y con una excepción de pendiente con 25%. Estas lomadas estructurales están constituidas por material superficial correspondiente a rocas intrusivas, porfídicas, volcánicas, sedimentarias y cuaternarios; Su morfodinámica obedece a procesos de disección moderna de esta manera resultan lomadas como una sucesión monótona de pequeñas elevaciones, interrumpida sólo por sistemas de drenajes y pequeños cursos de agua.

Por la poca magnitud de sus elevaciones y escasa pendiente, estos presentan relieves considerados de buena estabilidad geomorfológica. Sus unidades se distribuyen limitadamente en el área de estudio, ocurriendo sólo 15 lomadas distribuidas en las comunidades campesinas de Tiracoma, Collana, Yanarico y Cabana, sumando así un área aproximada de 164.58 hectáreas que representa el 0.85% del área total del territorio.





**Figura Nro. 43:** Lomada estructural del Distrito de Cabana. N: 8273072 E: 368634.

- **Meseta de colina alta estructural (M-cae)**

Las mesetas son geoformas que se caracterizan por presentar formas llanas en forma de mesa en la cima de una colina y/o montaña.

En el altiplano esta unidad geomorfológica de meseta de colina alta estructural se situada en la cima de una colina alta y litológicamente está constituido por rocas volcánicas del Grupo Barroso, mientras la morfodinámica es la que más afecta los bordes de la meseta generando desprendimiento de rocas producto de una erosión por crioclastia; se contempla pendientes escarpadas que fluctúan entre 25% a 75% considerándose este de empinado a fuertemente empinado, de esta manera esta meseta abarca un área aproximada de 137.4 hectáreas que representa el 0.71% del área de intervención, esta unidad geomorfológica solamente se presenta en la comunidad campesina de Tiracoma.



**Figura Nro. 44:** Meseta de colina alta estructural del Grupo Barroso en el distrito de Cabana.

N: 8262277 E: 354308.

- **Montaña baja estructural (M-be)**

La unidad de montaña baja estructural se define como geoformas con relieves pronunciados que son mayores entre los 300m hasta los 433m de altitud en función a una base local.

Litológicamente está constituida predominantemente por un pórfido de plagioclasas y cuarzo, también en menor proporción areniscas de la formación Muñani, con una morfodinámica de baja degradación por erosión correspondiente principalmente a la degradación de origen ígneo del pórfido de plagioclasas y cuarzo y de areniscas de la formación Muñani, la pendiente dominante fluctúa en el rango de 8% a 50% que es de fuertemente inclinado a empinado, ubicada en la comunidad Tiracoma al suroeste de distrito de Cabana con una extensión de 537.46 hectáreas que es el 2.78% del área total del territorio.



**Figura Nro. 45:** Montaña baja estructural en el distrito de Cabana. N: 8260704 E: 354635.

- **Montaña media estructural (M-be)**

La unidad de montaña media estructural se define como relieves más pronunciados y con mayor pendiente que son mayores entre los 433m hasta los 566m de altitud en función a una base local.

Litológicamente está constituida por las areniscas de la formación Muñani y en menor proporción por el Pórfido de plagioclasas y cuarzo, con una morfodinámica de moderada degradación por erosión correspondiente principalmente a la degradación de origen sedimentario de las areniscas de la formación Muñani, su pendiente fluctúa con rango de 8% a 50% que es de fuertemente inclinado a empinado, ubicada en la comunidad Tiracoma al suroeste de distrito de Cabana con una extensión de 64.05 hectáreas que representa el 0.33% del ámbito de intervención.



**Figura Nro. 46:** Montaña media estructural en el distrito de Cabana. N: 8262491 E: 353657.

- **Pie de montaña baja (P-mb)**

Son relieves situados en las faldas de laderas de montaña baja, conformados principalmente por material geológico de los depósitos coluviales, las cuales forman estas unidades geomorfológicas denominados pie de montaña baja, estas pueden presentar disecciones marcadas por ser constituidas por material geológico no consolidado, las mismas que en el que también son utilizadas para las actividades agrícolas.

Esta unidad se enmarca en la provincia geomórfica del altiplano donde su morfodinámica expresa sedimentación al pie de montaña y una baja a moderada degradación granular, Litológicamente está constituida por depósitos coluviales y aluviales en la parte inicial de las montañas, su pendiente dominante fluctúa en el rango de 8% a 25% siendo este de fuertemente inclinado a moderadamente empinado, estas laderas se extienden en las colinas de la comunidad campesinas de Tiracoma resultando una área de 32.55 hectáreas que representa el 0.17% del área total.



**Figura Nro. 47:** Pie de colina baja en el distrito de Cabana

- **Rio (Rio)**

Los ríos son corrientes naturales de agua continua, que posee cierto caudal y tiene sus propias características según la época estacionaria o su fisiografía. Generalmente desemboca en lagos o el mar.

Como unidad geomorfológica en el distrito de Cabana se presenta como una zona de acumulación de sedimentos y con el pasar del tiempo adopta una forma meandriforme, así mismo se ubica en el límite con el distrito de Cabanillas en la parte noroeste, específicamente discurre entre las comunidades campesinas de Yapuscachi y Cuinchaca, así mismo cuanta con un área aproximada de 42.56 ha, que representa el 0.22 % del área total, según imágenes RPYDEYE 2012 en los meses de sequía.



**Figura Nro. 48:** Rio Cabanillas. N: 8272784 E: 357634.

- **Terraza alta ondulada (T-ao)**

Enmarcado en la provincia geomorfológica del altiplano, las terrazas altas de una parte de la formación Azángaro representan como unidades geomorfológicas, presentan un relieve altamente disectado debido a la poca resistencia que presentan los depósitos no consolidados que tiene dicha formación.

Estas terrazas están representadas por una parte de la formación Azángaro con eventos geodinámicos de muy alta degradación por la acción de erosión, abarcando áreas adyacentes a los depósitos fluvio aluviales entre las comunidades campesinas de Cuinchaca y Yapuscachi, cubren un área de 130.54 hectáreas que representa el 0.68% del área total, se caracterizan por tener una pendiente de 0-2% y conforman el sistema de terrazas altas onduladas. Se puede apreciar las variaciones de la dinámica fluvial que han originado en sus áreas de degradación.



**Figura Nro. 49:** Terrazas onduladas del distrito de Cabana. N: 8272811 E: 358293.

- **Terraza baja ondulada (T-bo)**

Constituido en la provincia geomorfológica del altiplano, las terrazas bajas onduladas son superficies de relieve plano a ondulado 2 a 5 metros de desnivel, de origen agradacional, a su vez esta constituidos por material aluvial poco consolidado.

Tienen una forma extendida y se encuentran entre las terrazas medias y llanuras de inundación en las comunidades campesinas de Cabana y Tiracoma. El grado de erosión en su superficie es mínimo denominado llanura de erosión y zonas de agradación y sedimentación, con 4 a 8% de pendiente y ocupa una área de 615.34 hectáreas siendo este el 3.19% del área total del distrito.

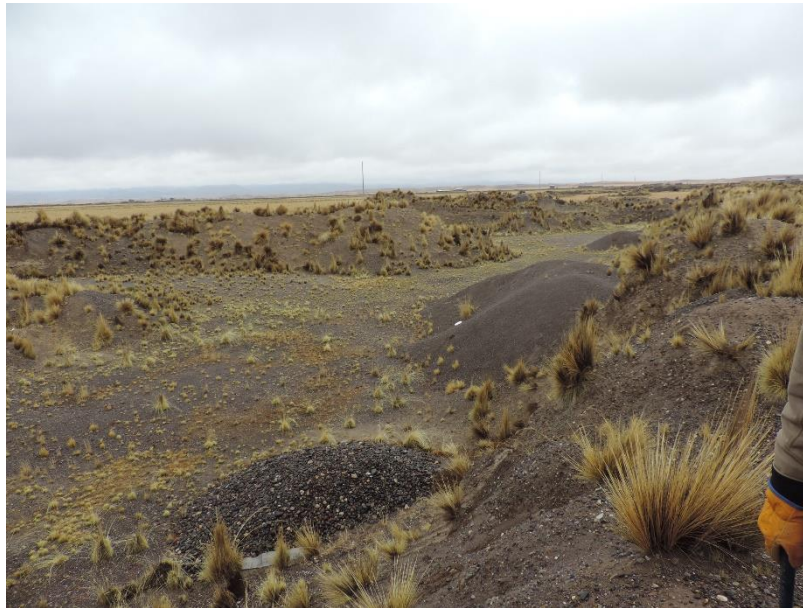


**Figura Nro. 50:** Terrazas bajas onduladas de la formación Azángaro. N: 8274539 E: 366301.

- **Terraza baja ondulada de depósito fluvio-aluvial (T-bodfa)**

Las terrazas fluvio-aluviales como unidad geomorfológica se caracterizan por manifestar en su estructura morfológica pendientes planas o llanas constituidas por materiales Fluvio-aluviales como gravas y arenas formando un sistema de lecho fluvial abandonado de paleo-meandros, lechos trenzados y abandonados con superficies de relieve plano ha ondulado de 2 a 3 metros de desnivel enmarcadas dentro de la provincia geomorfológica del altiplano, Las terrazas fluvio-aluviales del distrito de Cabana expresan una morfodinámica externa de acumulación, sedimentación y agradación de materiales geológicos, estas terrazas contienen material agregado para la construcción, esta llanura se extiende al margen derecho del río Cabanillas a lo largo de la comunidad campesina de Cunchaca y Yapuscachi, estas terrazas presentan pendientes muy llanas que oscilan de 0% a 2% considerándose plano o casi a nivel, su extensión abarca un área de 744.22hectáreas representado este el 3.85% del total.





**Figura Nro. 51:** Terrazas bajas onduladas de depósitos fluvio-aluviales. N: 8278871 E: 365206.

- **Terraza media ondulada (T-mo)**

Esta unidad presenta características morfológicas propias, donde la topografía es plana a ligeramente plana con ondulaciones en desnivel de terraza; presenta un relativo ondulado lo que hace referencia que los pendientes son variables, de 2% a 8%. Comprende el sistema de terrazas del que pertenecen a la Formación Azángaro (NQ-az), formadas a fines del plioceno y a comienzos del Pleistoceno, que se hallan entre 10 y 15 metros incluso hasta los 20 metros de paquetes de este materia geológico, estos constituyen aproximadamente 4554.42 hectáreas que representa el 23.58% del área total, ubicada en la comunidades campesinas de Cabana, Vizallane, Collana, Cienegilla, Yapuscachi y Cuinchaca del distrito de Cabana.



**Figura Nro. 52:** Terrazas medias onduladas del distrito de Cabana. N: 8268710 E: 361571.

- **Valle coluvial (V-co)**

Los valles coluviales se caracterizan por presentar depósitos aluviales a manera de depresiones con grandes extensiones de fondo de valle, que serían catalogado como valles jóvenes donde el flujo de agua es relativamente inferior con relación a otro tipo de valles, están generalmente constituidos por materiales erosionados no consolidados de edad reciente.

En el distrito de Cabana los valles coluviales se extienden en las comunidades de Tiracoma y Cabana con pendientes que oscilan entre 2-8% en la comunidad de Tiracoma y de 4-8% en la comunidad de Cabana. Los valles coluviales representan un área de 61.44 hectáreas que representa el 0.32% del área de intervención.



**Figura Nro. 53:** Valle coluvial con vista al distrito de Cabana. N: 8268385 E: 356765.

- **Valle coluvial intramontañoso (V-co)**

Los valles coluviales intramontañosa se caracterizan por presentar depósitos coluviales formados por la acción de la gravedad o desprendimiento en la base de laderas de montaña están generalmente constituidos por materiales erosionados no consolidados de edad cuaternaria.

En el distrito de Cabana los valles coluviales intramontañosa representa áreas restringidas que solo se extienden en la comunidad campesina de Tiracoma con pendientes que oscilan entre 2-8%. Los valles coluviales intramontañoso representan un área de 25.59 hectáreas siendo este el 0.13% del total del área del distrito.

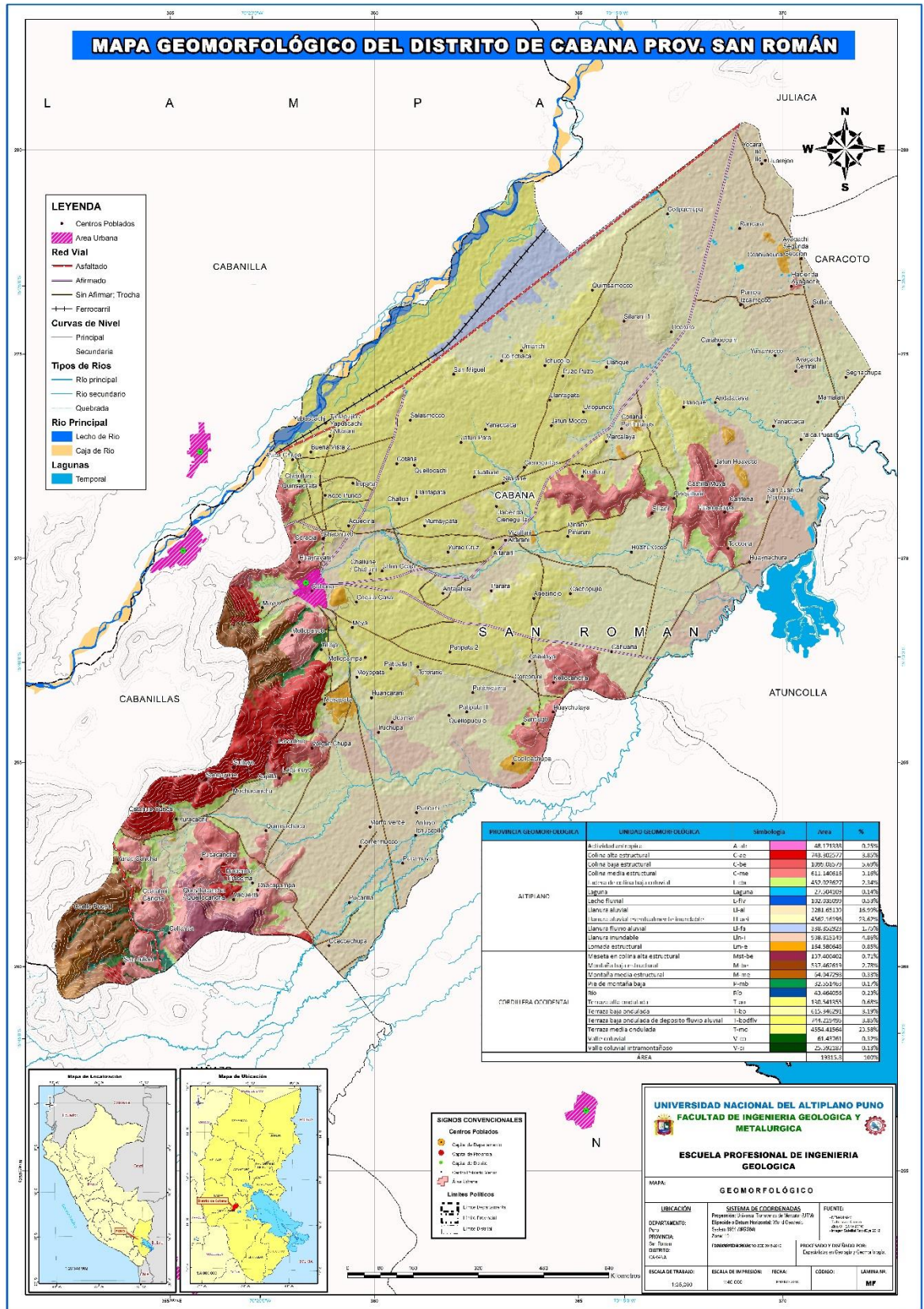


**Figura Nro. 54:** Valle Coluvial intramontañosa. N: 8263085 E: 354334.

**Tabla Nro. 20:** Resumen De Las Unidades Geomorfológicas del distrito de Cabana.

UNIDAD GEOMORFOLOGICA		SIMBOLOGIA	AREA	AREA EN PORCENTAJE
1	Actividad antrópica	A-atr	48.17	0.25%
2	Colina alta estructural	C-ae	743.30	3.85%
3	Colina baja estructural	C-be	1099.09	5.69%
4	Colina media estructural	C-me	611.14	3.16%
5	Ladera de colina baja coluvial	L-cbc	452.02	2.34%
6	Laguna	Laguna	27.50	0.14%
7	Lecho fluvial	L-flv	102.04	0.53%
8	Llanura aluvial	Ll-al	3281.65	16.99%
9	Llanura aluvial eventualmente inundable	Ll-aei	4562.16	23.62%
10	Llanura fluvio aluvial	Ll-fa	338.85	1.75%
11	Llanura inundable	Lln-i	938.82	4.86%
12	Lomada estructural	Lm-e	164.58	0.85%
13	Meseta en colina alta estructural	Mst-be	137.40	0.71%
14	Montaña baja estructural	M-be	537.46	2.78%
15	Montaña media estructural	M-me	64.05	0.33%
16	Pie de montaña baja	P-mb	32.55	0.17%
17	Río	Río	43.46	0.23%
18	Terraza alta ondulada	T-ao	130.54	0.68%
19	Terraza baja ondulada	T-bo	615.35	3.19%
20	Terraza baja ondulada de depósito fluvio aluvial	T-bodflv	744.22	3.85%
21	Terraza media ondulada	T-mo	4554.42	23.58%
22	Valle coluvial	V-co	61.44	0.32%
23	Valle coluvial intramontañoso	V-ci	25.59	0.13%
<b>Area Total</b>			<b>19315.80</b>	<b>100%</b>

Fuente: Micro-ZEE Puno



Mapa Nro. 3: Mapa Geomorfológico del distrito de Cabana (Ver anexo 2).

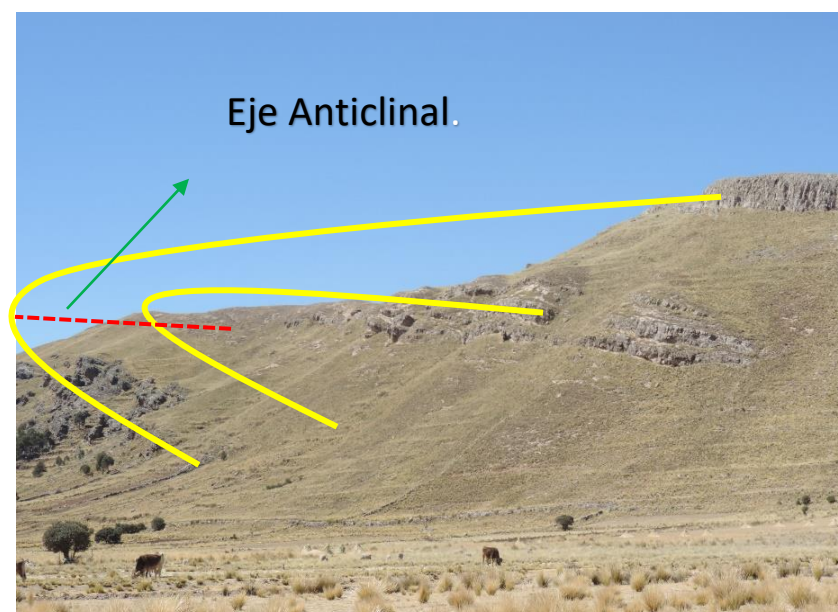
#### 4.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Debido a que los estudios geológicos estructurales son muy costosos, en este estudio se ha realizado trabajos referenciales con, mediciones en campo y aplicación de los software que involucran y que puedan brindar un aporte a la información estructural.

Las estructuras geológicas en el distrito de Cabana, tienen características muy peculiares, para ello se ha realizado la toma de datos microestructurales en algunos puntos. Así se identificó deformaciones del macizo rocoso (pliegues), fallas, y fracturamientos; las mismas que conllevan a determinar las actividades volcánicas y tectónicas de edades recientes.

- **Pliegues**

Se ha identificado plegamientos en rocas calcáreas, las cuales están emplazadas al sur-oeste de la ciudad de Cabana, la trayectoria de dicha estructura en el ámbito de estudios representa un aproximado de 4km de longitud, con dirección de buzamiento  $65^{\circ}$ NE y un buzamiento de  $20^{\circ}$  SW.



**Figura Nro. 55:** Pliegues Anticlinales tumbado con dirección NE – SO.

- **Medición y descripción de las microestructuras**

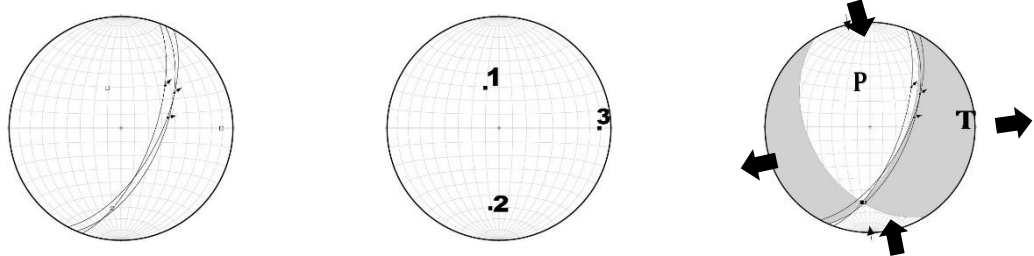
### Zona microestructural de Qz - Plg 1

Localizada en las cercanías de los sectores de Ccatahui Cancha y Ccello Pucyu. Sus coordenadas son E: 0354007 N: 8261660, el plano de falla afecta al pórfido de plagioclasas y Cuarzo de edad (Neogeno-Mioceno) del Cenozoico, los datos de los espejos de falla y estrías son:

**Tabla Nro. 21:** Datos de medición microestructural muestra 1.

Nro.	Plano de Falla	Pitch	Cinemática	
E1	N20E/66S	50 N	Normal	Sinistral
E2	N28E/62S	68 N	Normal	Sinistral
E3	N23E/59S	52 N	Normal	Sinistral

Los últimos eventos sobre esta superficie indican que tuvo movimiento normal con componente sinistral cuyo eje de esfuerzo máximo (P) tiene una dirección NO - SE



Soluciones de fallas normales con componente sinistral.

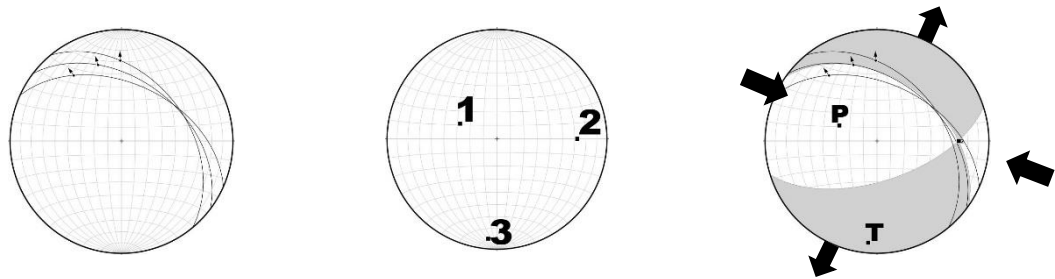
### Zona microestructural de Qz - Plg 2

Localizada en el sector de Ccello Pucyu, sus coordenadas son E: 0353931 N: 8262017: El plano de falla afecta al basamento de los pórfidos de plagioclasas y cuarzo de edad (Neógeno-Mioceno) del Cenozoico, las orientaciones de las estrías de falla son:

**Tabla Nro. 22:** Datos de medición microestructural muestra 2.

Nro.	Plano de Falla	Pitch	Cinemática	
			Normal	Sinistral
E1	N307E/44N	45 N	Normal	Sinistral
E2	N320E/41S	47 N	Normal	Sinistral
E3	N294E/47S	40 N	Normal	Sinistral

Las estrías no indican que el último movimiento sobre la superficie fue normal con componente sinistral, cuyo eje compresivo máximo (P) tiene una dirección NW-SE.



Soluciones de fallas normales con componente sinistral.

### Zona microestructural de Qz - Plg 3

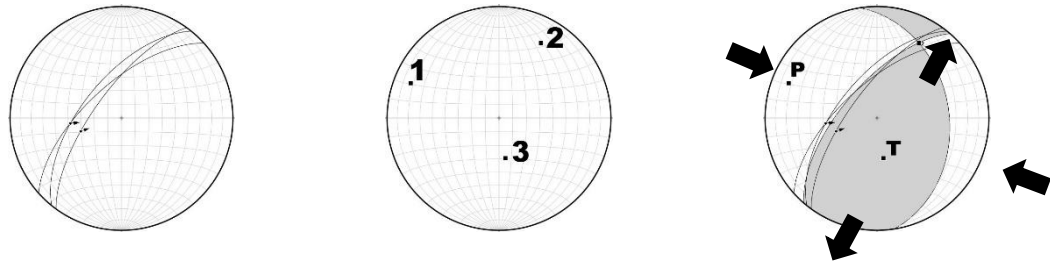
Localizada en las cercanías del sector Yurac Cancha; sus coordenadas son E: 0353817 N: 8262341; El plano de falla afecta al basamento de los pórfidos de plagioclasas y cuarzo de edad (Neógeno-Mioceno) del Cenozoico, las orientaciones de estas estrías son:

**Tabla Nro. 23:** Datos de medición microestructural muestra 3.

Nro.	Plano de Falla	Pitch	Cinemática	
			Normal	Sinistral
E1	N216E/70N	65 S	Normal	Sinistral
E2	N219E/61S	64 S	Normal	Sinistral
E3	N228E/65S	60 S	Normal	Sinistral



Las estrías no indican que el último movimiento sobre la superficie fue normal con componente sinistral, cuyo eje compresivo máximo (P) tiene una dirección NW-SE.



Soluciones de fallas normales con componente sinistral.

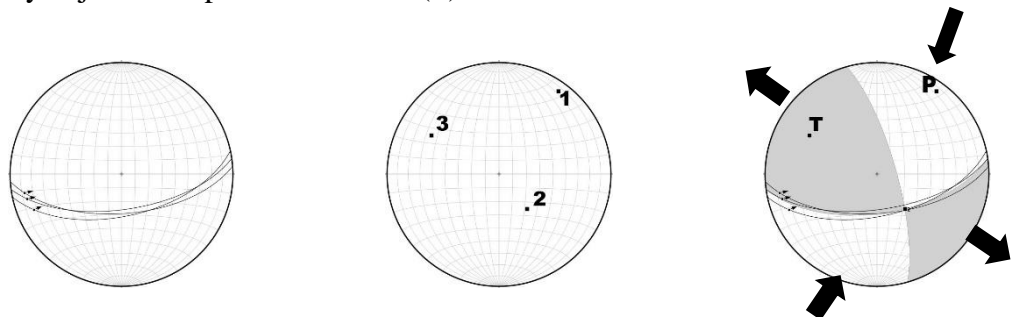
### Zona microestructural calizas margosas.

Localizada entre los sectores de Yurac Cancha y Ccatahui Cancha; sus coordenadas son: E: 0354394.0m N: 8262595.0m, dicho plano de falla afecta a las rocas cretácicas de la Formación Ayabacas, las orientaciones de estas estrías son:

Tabla Nro. 24: Datos de medición microestructural muestra 4.

Nro.	Plano de Falla	Pitch	Cinemática	
			Inversa	Sinistral
E1	N82E/70N	65 S	Inversa	Sinistral
E2	N78E/61N	59 S	Inversa	Sinistral
E3	N86E/65N	64 S	Inversa	Sinistral

El último movimiento sobre esta superficie fue de tipo sinistral con componente Inversa, cuyo eje de compresión máximo (P) tiene como dirección de NE-SW.



Soluciones de fallas sinistral con componente inversa.

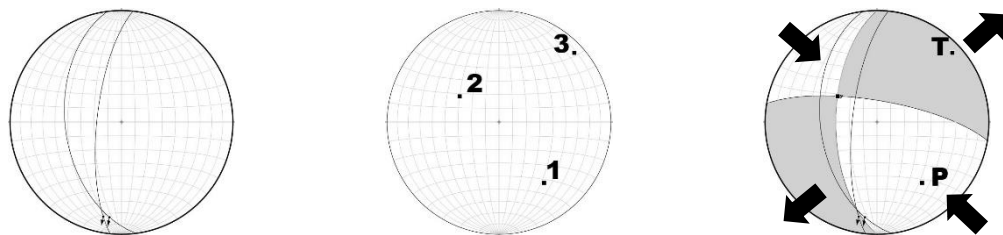
### Zona microestructural Grupo Puno (1).

Localizada a los alrededores del sector Castilla Muya; sus coordenadas son E: 0368103.0m N: 8271309.0m, dicho plano de falla afecta a las rocas del paleoceno que pertenecen al grupo Puno, las orientaciones de sus estrías son:

**Tabla Nro. 25:** Datos de medición microestructural muestra 5.

Nro.	Plano de Falla	Pitch	Cinemática	
			Normal	Sinistral
E1	N186E/72N	16 S	Normal	Sinistral
E2	N173E/48N	21 S	Normal	Sinistral

El último movimiento de la superficie de esta zona fue normal con componente sinistral, cuyo eje compresivo máximo  $\sigma_1$  (P) tiene como dirección NW-SE.



Soluciones de fallas normales con componente sinistral.

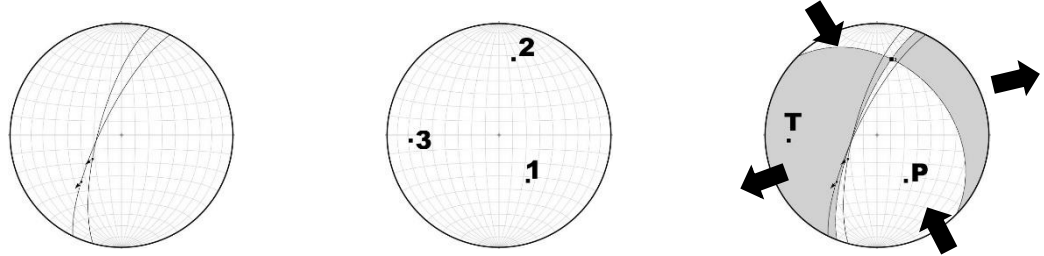
### Zona microestructural Grupo Puno (2).

Localizada a los alrededores del sector Castilla Muya; sus coordenadas son E: 0368108.0m N: 8271234.0m, dicho plano de falla afecta a las rocas del paleoceno que pertenecen al grupo Puno, las orientaciones de sus estrías son:

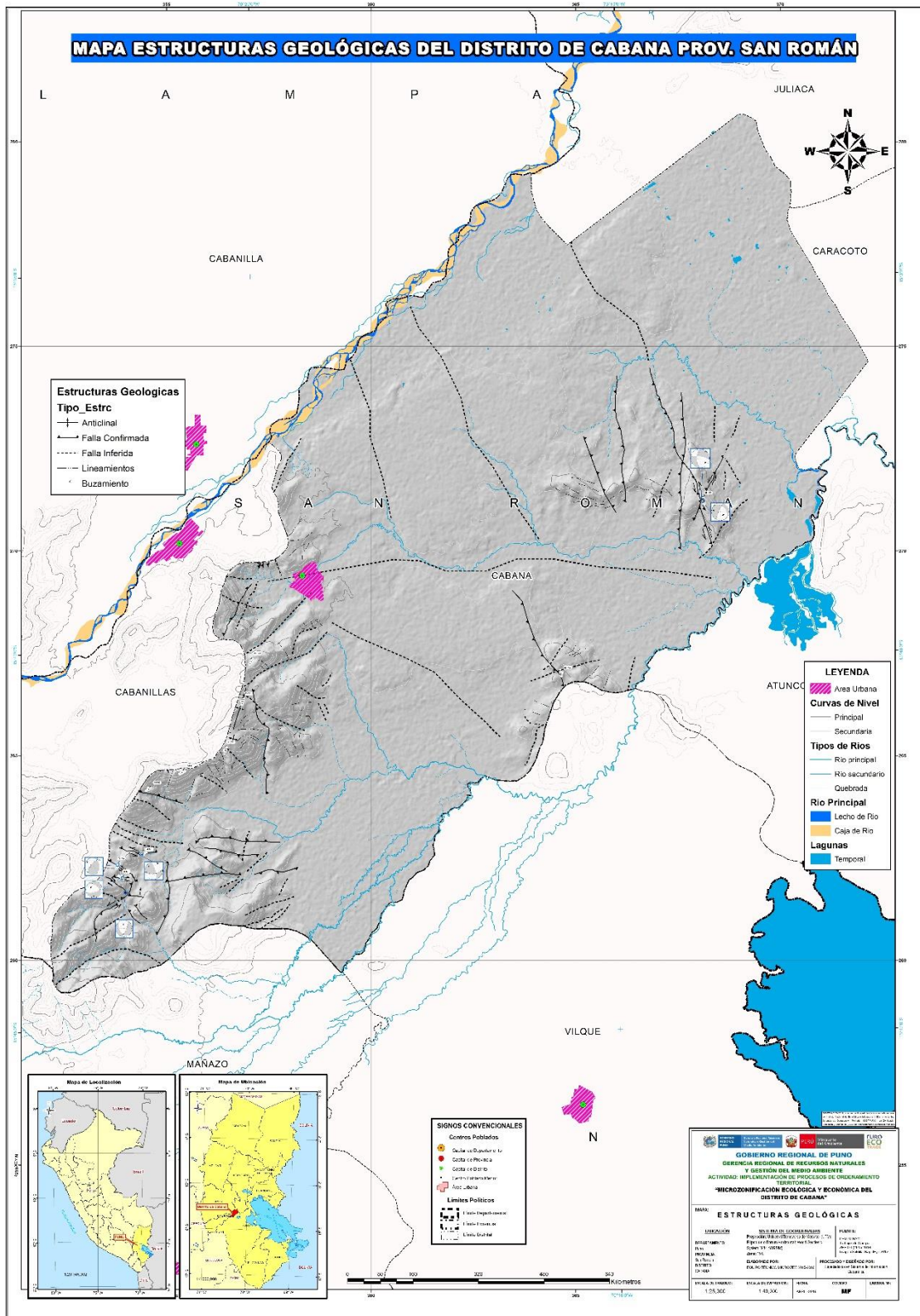
**Tabla Nro. 26:** Datos de medición microestructural muestra 6.

Nro.	Plano de Falla	Pitch	Cinemática	
			Normal	Sinistral
E1	N195E/73N	68 S	Normal	Sinistral
E2	N206E/75N	46 S	Normal	Sinistral

El último movimiento de la superficie de esta zona fue normal con componente sinistral, cuyo eje compresivo máximo  $\sigma_1$  (P) tiene como dirección NW-SE.



Soluciones de fallas sinistral con componente sinistral.



Mapa Nro. 4: Mapa de estructuras geológicas del distrito de Cabana (Ver anexo 3).

## 4.5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Se ha realizado un análisis geoespacial basado en la geológica económica que pueda contemplar el ámbito de intervención, las mismas que son referidos a canteras o yacimientos mineros metálicos y no metálicos que tenga interés económico que sea rentable para realizar una actividad de explotación minera en el futuro; esto está sujeto de acuerdo a la rentabilidad económica del elemento o sustancia principal del yacimiento que se puede encontrar.

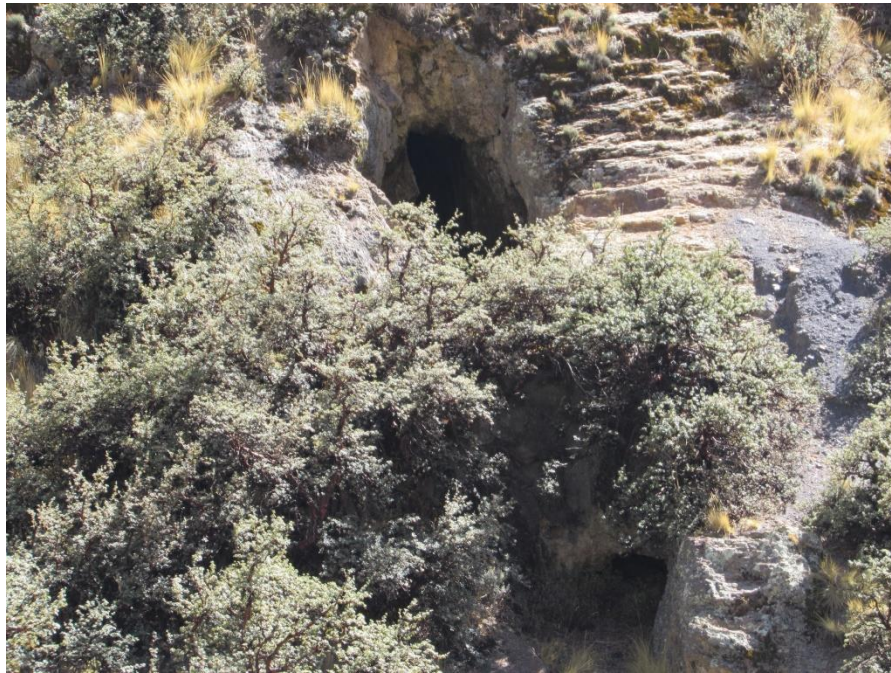
### 4.5.1. Ocurrencias Mineras

- **Metálicos**

En el área de estudios se ha identificado una (01) ocurrencias mineras metálica, el tipo de yacimiento aparente, está conformada por vetas que son de predominancia polimetálicas, sus principales elementos que contienen son Cu, Pb y Zn. Esta circunscrita en áreas muy restringidas, este punto está ubicado al SW de la ciudad de Cabana.

**Tabla Nro. 27:** Representación de las ocurrencias mineras metálicas en el distrito de Cabana.

<b>TIPO DE OCURRENCIA</b>	<b>TIPO DE YACIMIENTO</b>	<b>ELEMENTOS PRINCIPALES</b>
Metálico	Vetas	Cu, Ag, Zn,



**Figura Nro. 56:** Labores mineras abandonadas al SW del distrito de Cabana.

- **No Metálicos**

Entre los depósitos mineros no metálicos que se identifica en el distrito de Cabana, contienen mayor predominancia debido a sus factores geológicos favorables, las mismas que se enfoca en las canteras de rocas para usos industriales, ornamentales y de construcción civil; también cuenta con depósitos de agregados en depósitos no consolidados de edad cuaternaria, las cuales están representadas por las gravas y arenas que contiene el área de intervención; se han identificado 08 ocurrencias mineras (**Ver Cuadro Nro. 28**).

Cada tipo de ocurrencia conllevan diferentes tipos de sustancias entre algunas se encuentran en la Comunidad Campesina de Collana contiene canteras de rocas areniscas arcósicas, en la comunidad de Cabana y Cuinchaca con el límite del distrito Cabanillas presentan canteras de gravas, arenas y canteras de rocas areniscas, estos depósitos



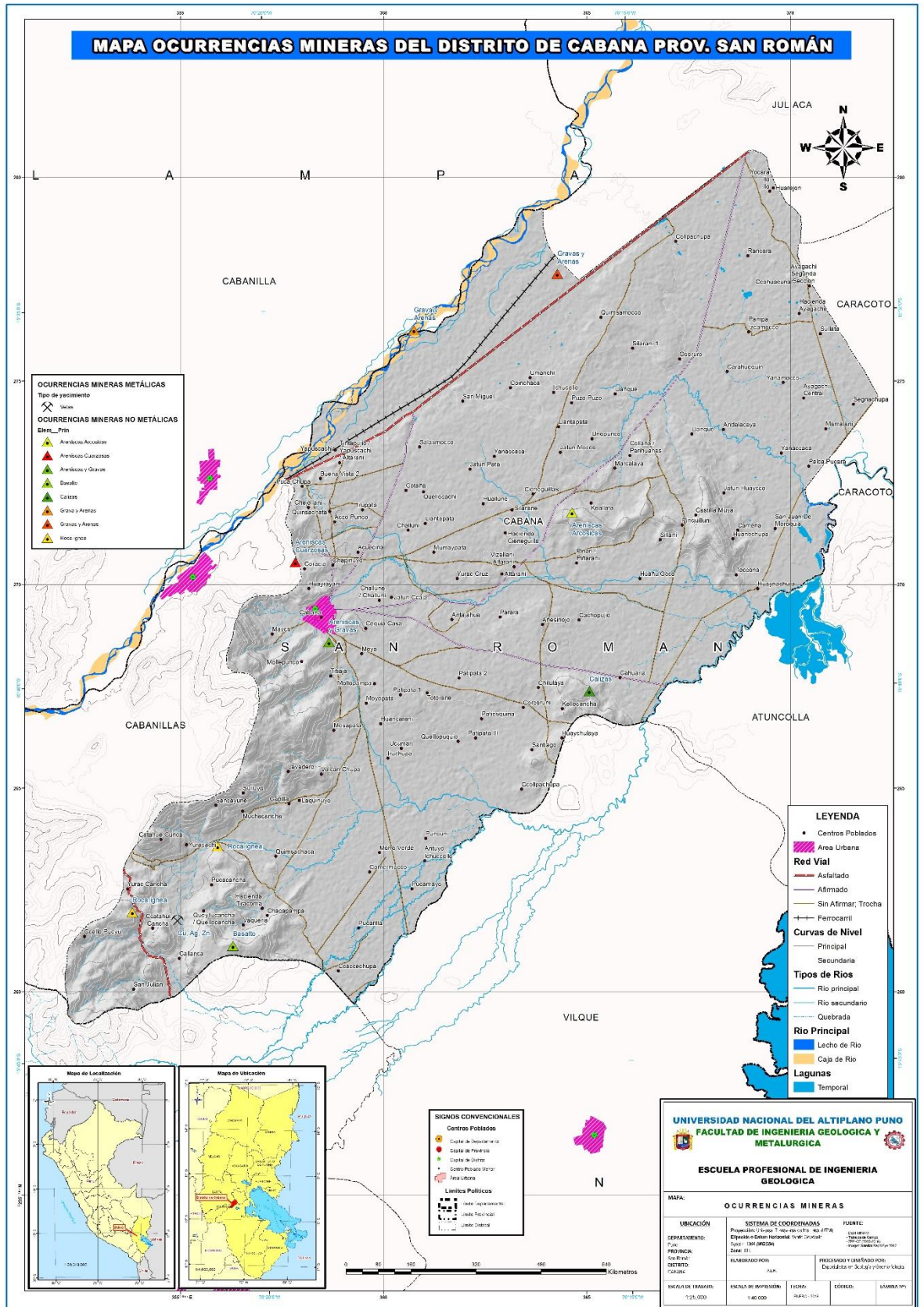
comprenden dentro del área de la concesión minera no metálica de “G&M II” que registra una superficie de 200 hectáreas.

Comunidad Campesina de Yanarico presenta 01 cantera de donde extraen rocas Calizas y se ubica la concesión minero no metálico “Coata” que abarca un área de 300 hectáreas y en la Comunidad Campesina de Tiracoma se identificó 02 canteras de roca de tipo Ígnea de los intrusivos dacíticos ubicados en la zona sur a Sur-oeste del distrito de Cabana.

**Tabla Nro. 28:** Representación de las ocurrencias mineras no metálicas en el distrito de Cabana.

<b>TIPO DE OCURRENCIA</b>	<b>TIPO DE DEPÓSITO</b>	<b>SUSTANCIA</b>
No Metálico	Cantera de Rocas	Roca ígnea
	Cantera de Rocas	Areniscas y Gravas
	Cantera de Rocas	Roca ígnea
	Cantera de Rocas	Calizas
	Cantera de Rocas	Andesita basáltica
	Cantera de Rocas	Areniscas Cuarzosas
	Cantera de Rocas	Areniscas arcósica
	Depósito de Gravas y Arena	Gravas y Arenas

**Fuente:** Micro – ZEE Puno



Mapa Nro. 5: Mapa de las ocurrencias mineras del distrito de Cabana.



#### 4.5.2. Concesiones Mineras

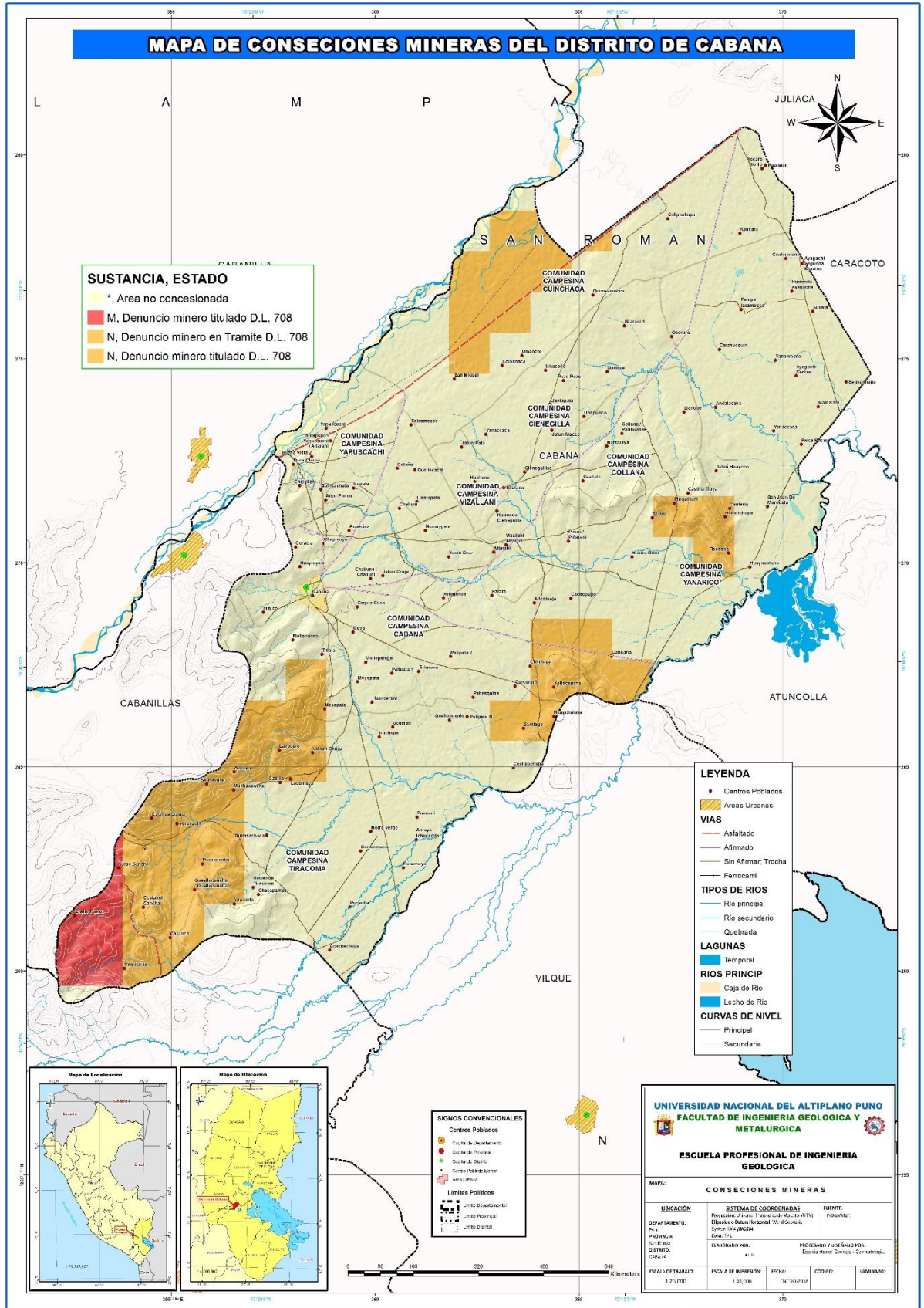
La geología económica en el distrito de Cabana comprende ocurrencias y concesiones minero metálicas y no metálicas, basado a la geología que presenta el área de estudio; las áreas con concesiones mineras metálicas ocupan un área superficial de 364.26 ha, que representa el 1.89% del ámbito de estudios, en cambio las áreas de concesiones mineras no metálicas abarcan 3442.96 ha y representan el 17.82%, y el 80.29% son áreas no concesionadas, con características favorables para su exploración.

Referido a las concesiones mineras, el distrito de Cabana presenta interés y con respecto a la expansión de solicitudes de derechos mineros en estado de concesión en trámite, titulados, caducado, etc. Enfocados en su mayoría a la minería no metálica.

**Tabla Nro. 29:** Representación de las áreas concesionadas del distrito de Cabana.

<b>SUSTANCIA</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Metálica	364.26	1.89%
No Metálica	3442.96	17.82%
Áreas no concesionadas	15508.49	80.29%
<b>TOTAL</b>	<b>19315.71</b>	<b>100%</b>

Fuente: INGEMMET



Mapa Nro. 6: Mapa de las concesiones mineras en el distrito de Cabana

### 4.5.3. Geoquímica

Se ha realizado la extracción de seis (6) muestras de roca para el análisis Geoquímico, para las cuales se ha realizado su respectivo análisis geoestadístico; esto para determinar si, en el ámbito de estudio posee minerales metálicos de interés económico para la elaboración de los estudios superficiales que determinen su potencial minero metálico.

Debido a que las muestras en el ámbito de estudio son escasas, se ha realizado una metodología de ajuste para su tratamiento geoestadístico basado en el Kriging; esto para evitar un sesgo muy elevado que pueda distorsionar la realidad de dichos estudios.

**Tabla Nro. 30:** Relación de muestras enviadas para el análisis de laboratorio.

Punto	Este	Norte	Código de Campo	Descripción
1	369621	8277953	MGC-002	Muestra de Roca ígnea intrusiva - Granodiorita
2	353617	8262937	MGC-003	Muestra de Roca sub-volcánica - Dacita
3	368527	8273019	MGC-005	Muestra de Roca Ígnea intrusiva -tonalita
4	356467	8262187	MGC-006	Muestra de Roca Volcánica - andesita
5	356304	8261876	MGC-007	Muestra de Roca sub-volcánica - Pórfido Dacítico
6	355776	8261526	MGC-008	Muestra de Roca Volcánica - andesita basáltica

Fuente: Micro- ZEE Puno

De acuerdo a los resultados obtenidos por las muestras en laboratorio, se han identificado 30 elementos, las cuales se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla Nro. 31:** Resultados de las muestras enviadas al laboratorio.

Ag ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
As ppm	2.3	2.4	17.8	2.8	3.4	3.5
Bi ppm	0.04	<0.03	0.18	0.04	0.04	0.04
Cd ppm	0.09	<0.05	0.11	0.07	<0.05	0.09
Ce ppm	35.1	15.9	25	113	10.5	106
Co ppm	9.88	1.47	1.82	17.15	1.77	20.78
Cs ppm	0.18	1.29	3.82	0.18	1.36	0.42
Ga ppm	6.12	3.44	2.38	3.52	3.47	5.16
Ge ppm	3.3	0.9	1.3	4.2	1.3	4.8
Hf ppm	0.27	<0.08	0.34	0.63	<0.08	0.73
In ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
La ppm	18.2	6.7	12.2	59.2	7.5	53.4
Li ppm	7.2	4.7	2.4	4.1	2.6	5.2
Mo ppm	0.78	0.31	0.42	0.78	0.2	1.14
Nb ppm	<0.2	<0.2	1.1	0.3	<0.2	0.6
Ni ppm	31.5	2.3	2.4	54.7	2.3	68
Pb ppm	5.6	9.1	8.7	7.6	2.8	7.2
Rb ppm	3.9	2.4	12.9	3.8	7.3	5.8
Sb ppm	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1
Se ppm	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn ppm	<0.3	<0.3	0.4	0.4	<0.3	0.6
Ta ppm	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Tb ppm	0.2	0.2	0.2	0.7	0.2	0.7
Te ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Th ppm	1.68	0.88	0.86	2.19	0.36	3.03
Tl ppm	<0.05	<0.05	0.17	0.06	<0.05	0.28
U ppm	0.13	0.06	0.38	0.12	<0.05	0.2
W ppm	0.1	<0.1	0.2	0.2	<0.1	0.3
Y ppm	4.2	4	4.2	15.5	3.7	13.8
Yb ppm	0.3	0.3	0.3	1.2	0.2	1

Fuente: Laboratorio CETEMIN S.A.C.

#### 4.6. DETERMINACIÓN DE UNIDADES GEOESPACIALES PARA EL POTENCIAL MINERO.

Para la determinación del análisis geoespacial del distrito de Cabana, se da el enfoque a tres aspectos importantes que son el potencial minero metálico, potencial minero no metálico y potencial en hidrocarburos; las mismas que requiere información

auxiliar para su elaboración, las cuales están referidas a depósitos mineros, sustancias, fallas, geoquímica, ocurrencias mineras y concesiones mineras.

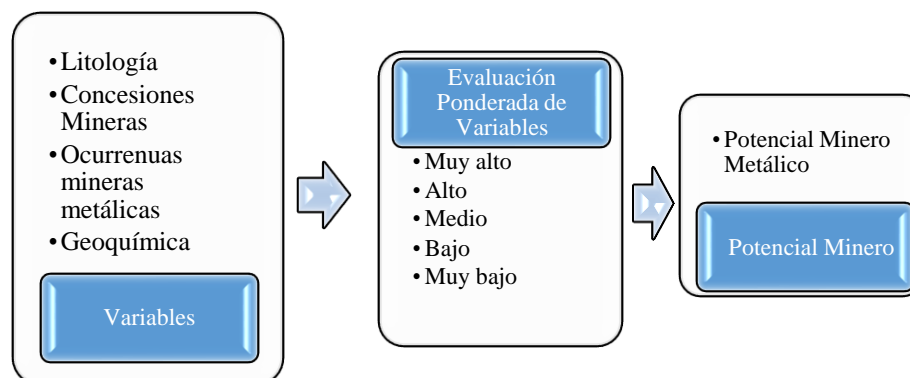
Para el desarrollo de los sub modelos finales se requieren un ajuste de pesos para cada variable o insumo de manera que se hace el uso de una matriz de comparaciones pareadas de los insumos, teniendo así un peso respectivo cada variable según criterio de preponderante para el potencial minero.

Debido a que los estudios temáticos del distrito de Cabana no han mostrado resultados que incidan en un potencial de hidrocarburos, no se ha tomado en cuenta dicho aspecto para su análisis geoespacial.

#### 4.6.1. Potencial Minero Metálico

Para la obtención del sub-modelo del potencial minero metálico se identificaron previamente cuatro (04) insumos básicos y de gran relevancia como la variable de litología, la geoquímica, las ocurrencias mineras y la variable de las concesiones mineras, y cada una de estas variables han sido ponderadas según criterio geológico – minero para su aprovechamiento económico.

**Figura Nro. 57:** Variables temáticas que conformara el Sub modelo del potencial minero metálico.



**Fuente:** INGEMMET



- **Variable Litológica**

Identifica mediante la naturaleza de las formaciones geológicas o unidades litológicas, que tienen las características para concentrar mineralizaciones (metalotecto). A la vez tienen diferentes contenidos metálicos; esta consideración nos permite identificar y relacionar las unidades geológicas con los tipos de depósitos minerales en el Distrito.

- **Variable Geoquímica.**

Se ha realizado el mapa de la variable geoquímica, para una mejor determinación del potencial minero metálico, la cual se ha obtenido mediante muestras de rocas en el distrito de Cabana, El resultado del mapa con esta variable representa un área de influencia mediante la evaluación geoestadística de los resultados de las muestras que se ha enviado para su análisis de laboratorio.

- **Variable Ocurrencias mineras metálicas.**

Se ha elaborado el mapa de las ocurrencias mineras metálicas basado en los antecedentes y visitas técnica al área de intervención, de acuerdo a esto se ha realizado un buffer al punto de ocurrencia de 500 metros con ajuste litológico, esto para dar mayor detalle en el área de influencia.

- **Variable Concesiones mineras metálicas.**

Identifica las áreas con mayor porcentaje de denuncias mineros metálicos. Así mismo permiten relacionar en función a su concentración de minerales metálicos y su litología qué son de mayor importancia para la extracción de recursos minerales.

- **Análisis y descripción de pesos de las variables para el sub-modelo**

Para el desarrollo de los sub modelos finales se requieren un ajuste de pesos para cada variable o insumo de manera que se hace el uso de una matriz de comparaciones



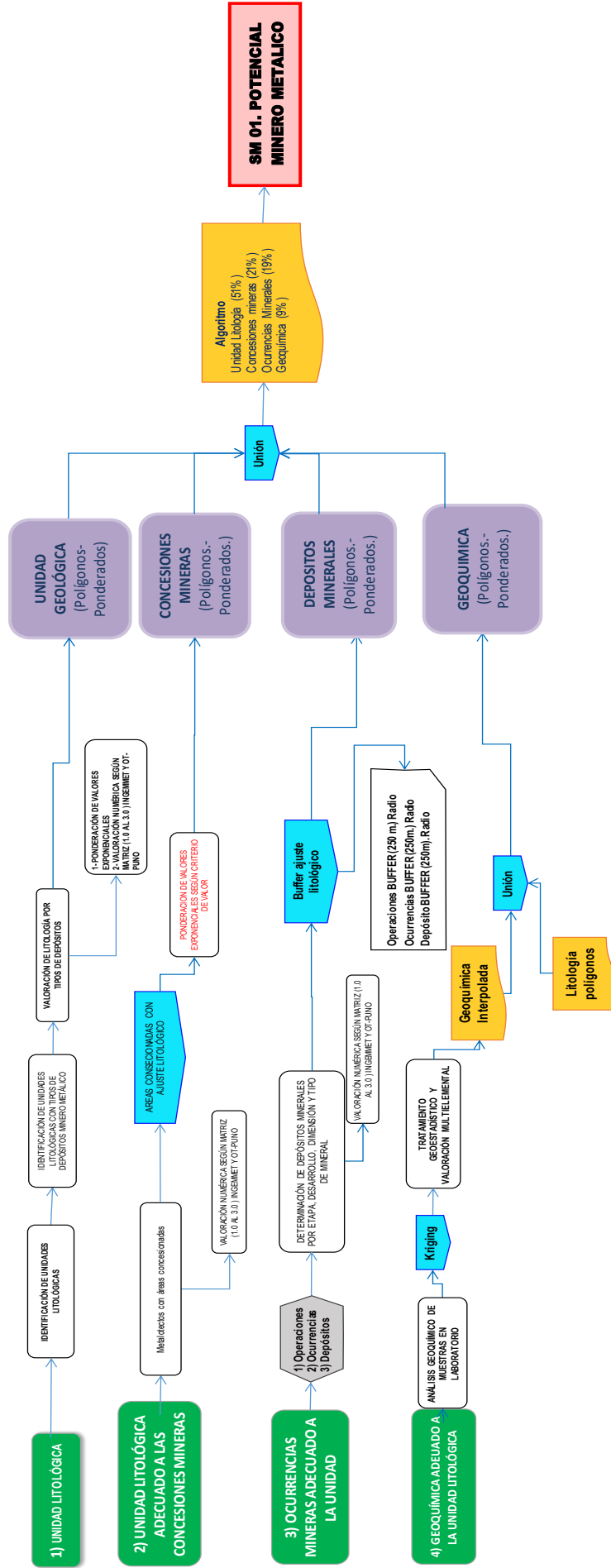
pareadas de los insumos, teniendo así un peso respectivo cada variable según criterio de preponderante para el potencial minero no metálico.

**Tabla Nro. 32:** Pesos asignados a cada variable

<b>ATRIBUTO</b>	<b>PESO %</b>	<b>PES O</b>
Litología	51%	0.51
Concesiones Mineras	21%	0.21
Ocurrencias mineras	19%	0.19
Geoquímica	9%	0.09
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>1.00</b>

**Fuente:** Micro - ZEE Puno

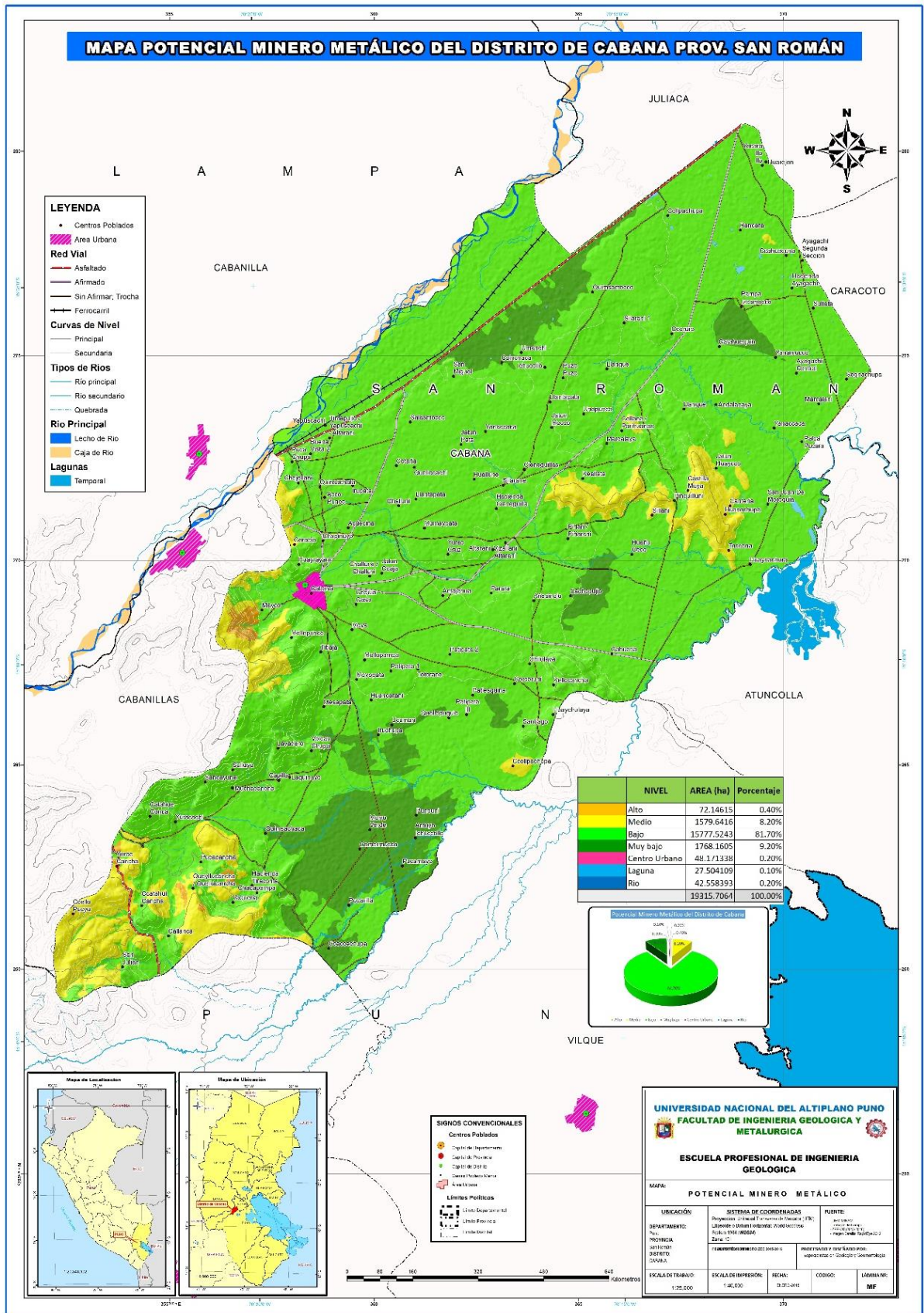
Figura Nro. 58 Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Minero Metálico



Fuente: Micro – ZEE Puno



### Mapa de Sub Modelo Potencial Minero Metálico (SMPMM)



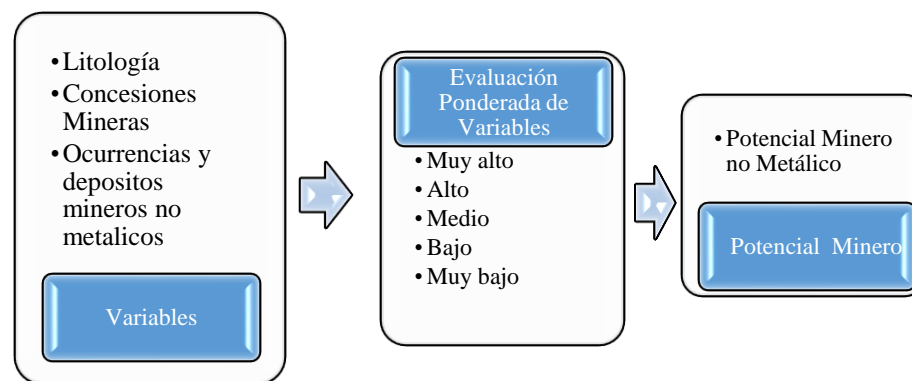
Mapa Nro. 7: Mapa Sub modelo potencial minero metálico del distrito de Cabana

#### 4.6.2. Potencial Minero No Metálico

El sub-modelo de recursos naturales no renovables para el potencial minero no metálico, tiene por finalidad determinar sectores en el distrito de Cabana, identificar en cuanto a la posible presencia de depósitos con interés para el potencial no minero metálico.

Para la obtención del sub-modelo del potencial minero no metálico se identificaron previamente tres (03) insumos básicos y de gran relevancia como la variable de litología, las ocurrencias y depósitos mineros no metálicos y la variable de las concesiones mineras, cada una de estas variables fueron ponderadas según criterio geológico – minero para su interés económico.

**Figura Nro. 59.** Variables temáticas que conformara el Sub modelo del potencial minero no metálico



Fuente: INGEMMET

- **Variable Litológica**

En esta variable se representa cartográficamente a las unidades litológicas ígneas, sedimentarias y metamórficas, que afloran en el distrito de Cabana, que tienen relevancia en los aspectos del potencial minero no metálico, las mismas que fueron ponderadas de acuerdo a la tabla de atributos de cada unidad litológica.

- **Variable ocurrencias y depósitos mineros no metálicos.**

La variable de las ocurrencias y depósitos mineros no metálicos se asocia a la importancia de acuerdo al tipo de sustancia, estas que son a manera de ocurrencia la cual se le ha dado buffer de 500m, esto según el interés que contenga el área de intervención y su importancia con los depósitos minerales está relacionado íntimamente a las formaciones geológicas como la formación Muni, Ayabacas resientes como y las identificaciones en la salida de campo, las cuales tienen un área no menor a 5 hectáreas. Es decir a los productos para construcción como: yeso, agregados, calizas, arcillas.

Esta variable contiene la fusión de dos mapas que contienen características similares, estas son las ocurrencias mineras metálicas que contienen 14 polígonos a base de buffer con cruce litológico y los depósitos mineros no metálicos que contiene polígonos según el ajuste a la realidad del área de intervención.

- **Variable concesiones mineras no metálicas.**

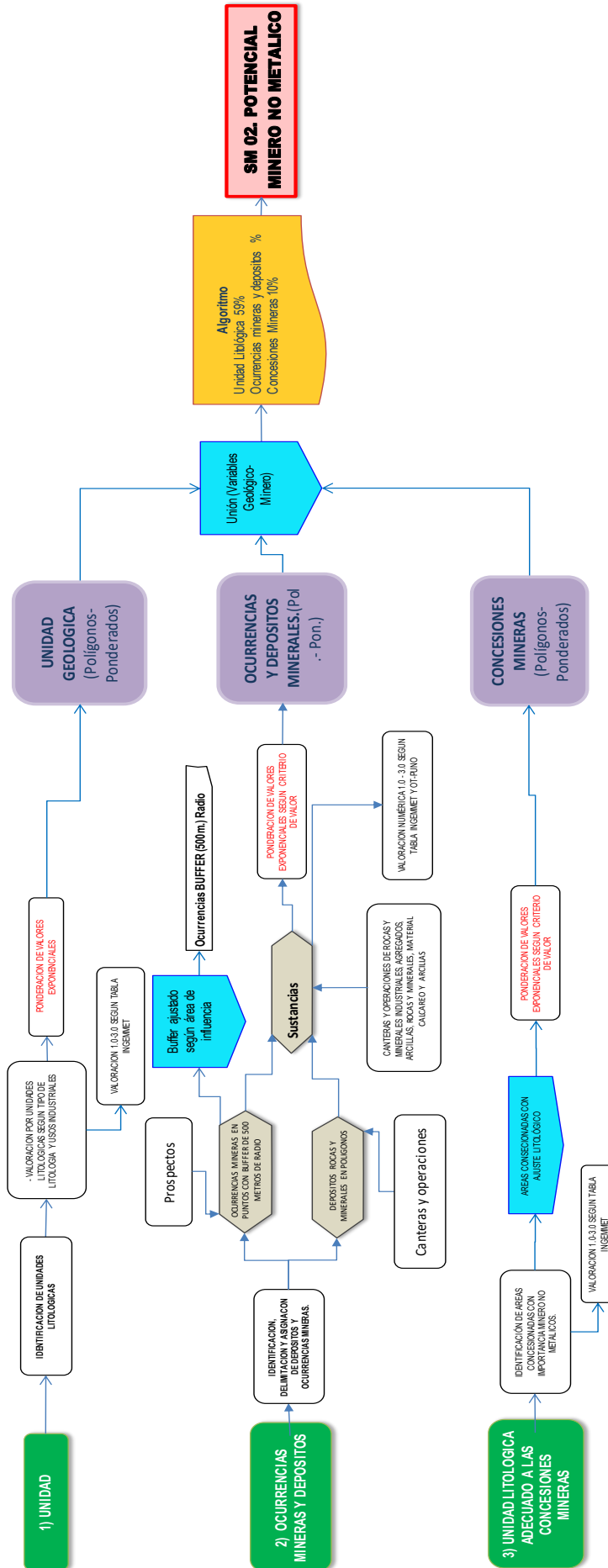
Se identificaron de las áreas con concesiones de acuerdo al estado que se encuentran (concesiones tituladas, concesiones en trámite, derechos mineros extinguidos y otros), se tomó las concesiones tituladas las cuales fueron comparadas con las litologías que tienen altas potencialidades de interés no metálico que exista en el distrito.

**Tabla Nro. 33:** Pesos asignados a cada variable

<b>ATRIBUTO</b>	<b>PESO %</b>	<b>PESO</b>
<b>Litología</b>	58%	0.58
<b>Ocurrencias mineras y depósitos</b>	33%	0.33
<b>Concesiones Mineras</b>	9%	0.09
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>1.00</b>

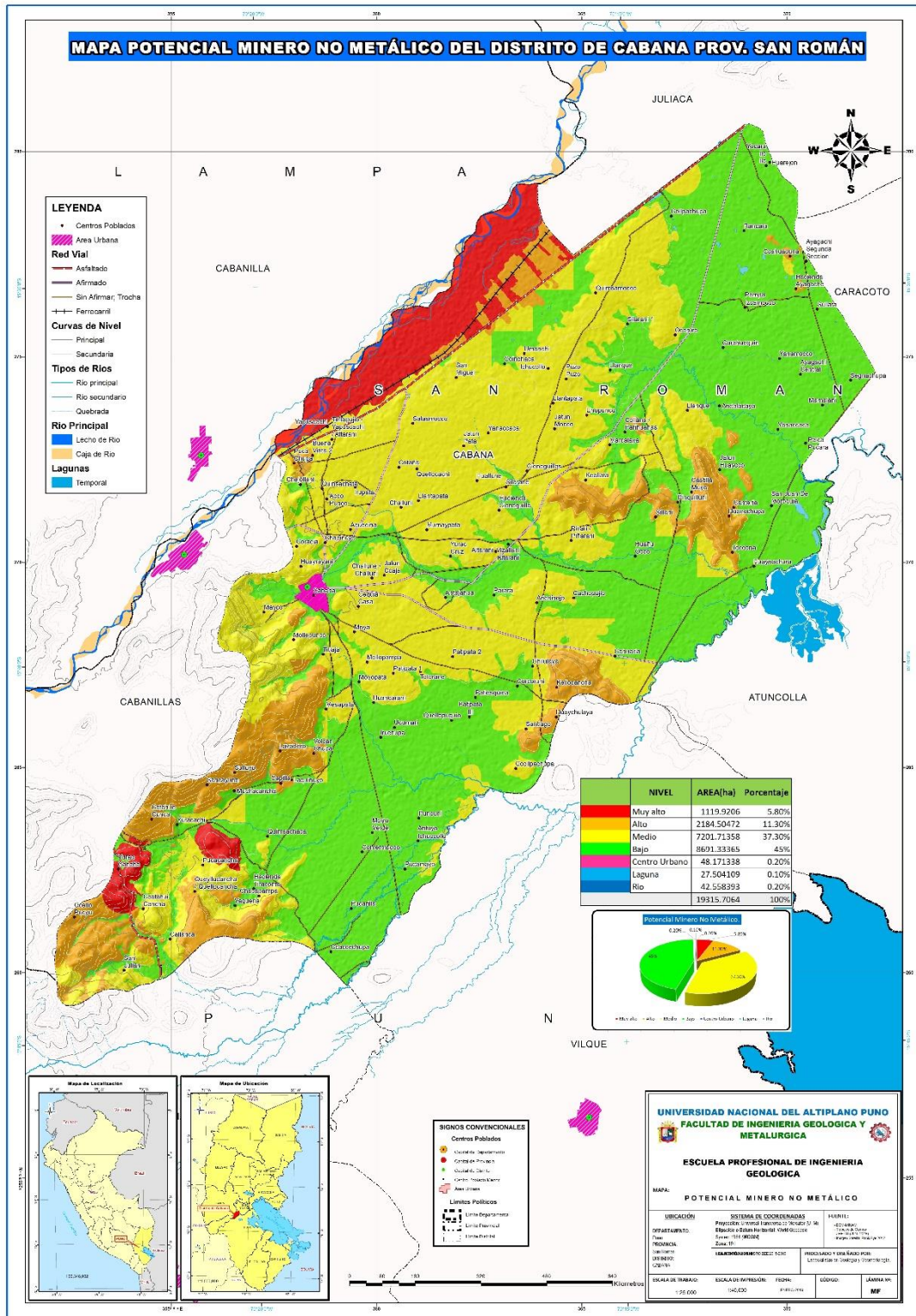
Fuente: Micro - ZEE Puno

**Figura Nro. 60 .** Construcción del diseño lógico - Flujo SIG para el Sub Modelo del Potencial Minero No Metálico



Fuente: Micro – ZEE Puno

➤ Mapa de Sub Modelo Potencial Minero no Metálico (SMPMNM)



Mapa Nro. 8: Mapa Sub modelo potencial minero metálico del distrito de Cabana.



## V. CONCLUSIONES

- La caracterización geológica para el distrito de Cabana tuvo como resultado contar con 17 unidades litoestratigráficas, 21 unidades litológicas clasificadas y descritas.
- El distrito de Cabana posee tres Grupos litológicos representados por: el Grupo Barroso, Grupo Cabanillas y Grupo Puno.
- El área de estudios posee dos Intrusivos, debido a su descripción macroscópica están clasificadas como intrusivo Diorítico y pórfido de plagioclasas y cuarzo, estas unidades están dispersas al Norte centro y sur del área de intervención.
- El área de estudios posee depósitos cuaternarios entre las que se identifican como un (01) Depósitos tipo coluvial, cinco (05) depósitos Aluviales, un (01) depósitos Fluvial, un (01) depósito Fluvioaluvial, (01) depósito Lacustre y unidades comunes como Ríos, Lagos y lagunas.
- El área de intervención deja en evidencia la presencia movimientos estructurales recientes que pertenecen a la tectónica andina, las mismas que presentan como predominancia movimientos de tipo normal con componentes sinestrales.
- La geología económica para el distrito de Cabana está enfocado en su mayor parte a los intereses en inversiones mineras no metálicas las cuales contienen áreas concesionadas en un 17.82% de su área total. La misma que presenta 9 ocurrencias mineras no metálicas en la cual se enfoca más a la extracción de arenas, gravas y rocas tipo areniscas.
- La caracterización geomorfológica para el área de intervención tuvo como resultado 20 unidades geomorfológicas y 3 áreas comunes como son (Área antrópica, Ríos y Lagunas.)



- Las unidades geomorfológicas abarcan un aproximado de 3.28% en montañas, 15.04% en colinas, 0.71% en mesetas, 0.85% en lomadas, 31.30% en terrazas, 47.22% en llanuras, 0.45% en valles y el 0.62% en áreas comunes que se identificaron en el área de intervención.
- Se determina que la zona de intervención contiene mayor interés en aspectos de minería no metálica, debido a que contiene el 5.8% en niveles muy altos y 11.30% en niveles altos de todo el territorio del distrito.
- La evaluación del distrito de Cabana concerniente al potencial minero metálico, indica que dicha zona no presenta mucha riqueza en lo concerniente a metales de interés económico, ya que solo presenta solo el 0.37% en niveles altos y 81.68% en niveles bajos.
- Para el tema enfocado de potencial en hidrocarburos, no se han identificado indicadores que puedan determinar la presencia de dichos depósitos, así aun dejando con interés las evaluaciones futuras para dicho distrito.



## VI. RECOMENDACIONES

- Los mapas temáticos son elaborados a una escala 1:25000 de manera que existen unidades Litológicas que no figuran a esta escala se recomienda tomar en cuenta estos detalles.
- Se recomienda tener en cuenta que estos mapas temáticos, debido a que son dinámicos, ya que algunas unidades pueden variar en función al tiempo, tal es el caso de los ríos que modifican sus formas muy rápidamente.
- La siguiente información servirá como base para estudios enfocados a futuros proyectos que repercutan su interés en (accesibilidad, obras civiles, riesgos, biología, sociocultural, etc.)
- Se recomienda complementar la toma de mayor cantidad de muestras en sedimentos y rocas en las inmediaciones de los sectores de Mayco y Huayrayani, para su análisis en laboratorio, esto para obtener una mejor información de elementos metálicos con interés económico que pueda contar dicha zona de estudios.
- Para la actualización de dicha información es necesario contener imágenes satelitales de mayor resolución y enfocadas a la combinación de bandas de interés geológico para un mejor análisis, las mismas que son indispensables para determinar con mayor precisión los contactos litológicos.
- Se recomienda tomar en cuenta estos mapas para los diferentes estudios concernientes a la evaluación geológica, como por ejemplo, modelamientos geológicos para la evaluación de potenciales mineros metálicos y no metálicos.
- Se recomienda complementar los estudios que conlleva al potencial minero metálico y potencial minero no metálico, debido a que el proceso de evaluación requiere de mayor información.





## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABRAHAM M. E; SALOMÓN (2002), Laboratorio de Desertificación y Ordenamiento Territorial (LadyOT) e Instituto Argentino de las Zonas Áridas (IADIZA).
- AYALA L. (2015). Sedimentología, estratigrafía y tectónica de la cuenca puquio, departamento de Ayacucho. Lima: E.A.P. DE INGENIERÍA GEOLÓGICA.
- BURGA J. D. (2011), Diccionario Geológico – INGEMMET – Lima: ARTHALTUNA
- Chira, J et. al.(2013). Manual de evaluación de recursos y potencial minero. Lima-Peru. IIAP; INGEMMET 41 paginas.
- Directiva Nacional: Metodología para la ZEE, Decreto del Consejo Directivo N° 010-2006-CONAM/CD
- Gastón Díaz, et. Al. (2010). Modelos digitales de elevación de alta resolución. PATAGONIA FORESTAL, I, 4.
- GONZALES R. (2013). ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LAS CUENCAS INTERMEDIAS Puno. DESARROLLO DE CAPACIDADES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA REGIÓN PUNO.
- Gobierno Regional Puno. (2016). ZONIFICACION ECOLOGICA Y ECONOMICA. Puno: Implementación de procesos de Ordenamiento Territorial.
- GUTIERREZ M. (2008). GEOMORFOLOGIA. Lima: Universidad de Zaragoza.
- Hengl and Reuter. (2009). Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Rivera H. (2011). Geología General. Lima: Megabyte.



- Palacios Moncayo et. al. (1993). Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Tititcaca Sur del Perú (Proyecto Integrado del Sur), Hojas Condorama (31t). Lima: INGEMMET.
- PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE – IMA/GR. (2006). • MICROZONIFICACION ECOLOGICA ECONOMICA DE LA SUBCUENCA PITUMARCA – CHECACUPE. Cusco: GORE- Cusco.
- MARÍA J. (2012), Geología Estructural: Parte 1. Esfuerzo. Deformación. Geología.
- PEDRAZA J. (1996). Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones. Madrid: RUEDA.
- Resolución Ministerial N° 135 -2013 – MINAM, Guia Metodológica para la elaboración de los instrumentos técnicos sustentatorios para el ordenamiento territorial.
- RAMÓN J. (2015). Geología - Procesos de Ladera. Universidad de Cantabria - España: Open Course Ware.
- RODRIGUEZ, F (2007). Manual para la Zonificación Ecológica y Económica a nivel macro y meso. Iquitos-Peru. IIAP; 74 páginas.
- Villota H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras. Bogotá - Colombia: INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI.
- ZAVALA B & GUERRERO, C. (2006).” Estudio geo-ambiental de la cuenca del río Ramis” INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 30, 196 p.)



## **WEBGRAFIA.**

[http://www.geosoluciones.cl/documentos/rapideye/RapidEye Mosaic Product Specifications ES.pdf.](http://www.geosoluciones.cl/documentos/rapideye/RapidEye_Mosaic_Product_Specifications_ES.pdf)

[http://www.geosoluciones.cl/rapideye/.](http://www.geosoluciones.cl/rapideye/)

[http://www.igeo.ucm-csic.es/igeo/noticias/237-nueva-tabla-cronoestratigr%C3%A1fica-es-espa%C3%B1ol.](http://www.igeo.ucm-csic.es/igeo/noticias/237-nueva-tabla-cronoestratigr%C3%A1fica-es-espa%C3%B1ol)

<http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

<https://www.usgs.gov/>

<http://geoservidor.minam.gob.pe/>

<http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/162>

<http://www.ingemmet.gob.pe/biblioteca/catalogos-en-linea>

[http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/103564/RP\\_148\\_2013\\_Anexo1.pdf/4d28ff99-7289-475a-8377-fd650fd3920e](http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/103564/RP_148_2013_Anexo1.pdf/4d28ff99-7289-475a-8377-fd650fd3920e)



## ANEXOS

1. Mapa Geológico del distrito de Cabana
2. Mapa Geomorfológico del distrito de Cabana
3. Mapa de estructuras geológicas del distrito de Cabana