

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Tesis Profesional

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA EN LA
MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA, DISTRITO DE
CAJABAMBA.**

TESIS PARA OPTAR:

El Título Profesional de Ingeniero Geólogo

PRESENTADO POR:

Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo

ASESOR:

Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani

Cajamarca – Perú

2022

AGRADECIMIENTO

A mi Dios Todopoderoso, por su misericordia, su amor infinito y permitirme llegar hasta acá, ya que sin Él nada hubiera sido posible

A mi alma máter Universidad Nacional de Cajamarca, especialmente a mi escuela de Ingeniería Geológica, por permitirme forjar mi carrera en sus aulas.

A mi asesor el Dr. Zenón Quispe, por su disposición y orientación en la realización de este proyecto; así como a mis docentes por sus enseñanzas en mi formación universitaria.

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Rosa por su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida, por dar una parte de sus vidas para que yo pueda forjarme un futuro mejor y creer en mí.

A mi abuelita Miguelina, mis hermanas Cinthya y Olenka por ser la compañía y ayuda a lo largo de mi vida.

Ebenezer: Hasta aquí nos ayudó Jehová. 1° Samuel 7:12

RESUMEN

La investigación expone las características geológicas, geomorfológicas de la Microcuenca de la Laguna Yahuarcocha, ubicada en el distrito de Sitacocha, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca. La Laguna Yahuarcocha es la laguna más representativa de la provincia de Cajabamba, ya que alimenta en el transcurso de aguas abajo al río Cajabambino; principal río que recorre la ciudad. El objetivo de la investigación es caracterizar geológica y geomorfológicamente la Microcuenca de la Laguna Yahuarcocha; la investigación se realizó siguiendo una metodología de tipo descriptivo, correlacional y transversal, el cual permite estudiar las características geológicas, geomorfológicas a detalle. La hipótesis indica que la Microcuenca está constituido por unidades litoestratigráficas de rocas carbonatadas y silicoclásticas del Cretácico Superior; esta es confirmada en la ejecución de la investigación. La caracterización geológica indica que la Microcuenca se encuentra dentro del Cretácico cuyas unidades estratigráficas son parte de plegamientos sinclinales, anticlinales influenciados por la tectónica regional a través de la Faja Sitacocha-Sitabal. El registro sedimentario de la Microcuenca indica que la unidad litoestratigráfica predominante es el Grupo Pullucana. Geomorfológicamente la Microcuenca se caracteriza por presentar una serie de procesos que han modificado su configuración de forma consecuente, debido a ello han originado la formación de unidades características las cuales han sido clasificadas de acuerdo al tipo de ambiente morfogenético; dando como resultado la identificación de 20 unidades geomorfológicas, las cuales están clasificadas y definidas con criterios morfogenéticos, pendientes, topográfico del terreno.

Palabras claves: Geología, Geomorfología, Laguna Yahuarcocha, Microcuenca

ABSTRACT

The research exposes the geological, geomorphological characteristics of the Yahuarcocha Lagoon Micro-watershed, located in the Sitacocha district, Cajabamba province, Cajamarca department. Laguna Yahuarcocha is the most representative lagoon in the province of Cajabamba, since it feeds the Cajabambino River downstream; main river that runs through the city. The objective of the investigation is to characterize geologically and geomorphologically the Yahuarcocha Lagoon Micro-watershed; The research was carried out following a descriptive, correlational and cross-sectional methodology, which allows studying the geological and geomorphological characteristics in detail. The hypothesis indicates that the Micro-watershed is made up of lithostratigraphic units of carbonate and silicoclastic rocks from the Upper Cretaceous; this is confirmed in the execution of the investigation. The geological characterization indicates that the Micro-watershed is within the Cretaceous whose stratigraphic units are part of synclines, anticlines, influenced by regional tectonics through the Sitacocha-Sitabal Belt. The sedimentary record of the Micro-watershed indicates that the predominant lithostratigraphic unit is the Pulluicana Group. Geomorphologically, the Micro-watershed is characterized by presenting a series of processes that have modified its configuration in a consistent way, due to which they have originated the formation of characteristic units which have been classified according to the type of morphogenetic environment; resulting in the identification of 20 geomorphological units, which are classified and defined with morphogenetic criteria, slopes, topographical terrain.

Key Words: Geology, Geomorphology, Lagoon Yahuarcocha, Micro-watershed.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO | i |
| DEDICATORIA | ii |
| RESUMEN | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO II..... | 3 |
| MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales | 3 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales | 4 |
| 2.1.3. Antecedentes Locales | 5 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 6 |
| 2.2.1. Ley de Walther | 6 |
| 2.2.2. Principios fundamentales de Estratificación..... | 7 |
| 2.2.2.1. Principio de la Horizontalidad Original | 7 |
| 2.2.2.2. Principio de Superposición de Estratos | 7 |
| 2.2.3. Superficies de Estratificación..... | 7 |
| 2.2.4. Tipos de Estratificación | 9 |
| 2.2.4.1. Geometría de los Estratos | 9 |
| 2.2.4.2. Asociaciones de Estratos | 10 |
| 2.2.5. Medida de la Estratificación..... | 11 |
| 2.2.6. Columna Estratigráfica | 12 |
| 2.2.7. Cartografiado Geológico..... | 12 |
| 2.2.8. Fundamentos de la Geomorfología | 13 |
| 2.2.8.1. Agentes y procesos Geomórficos..... | 13 |
| 2.2.8.2. Objetivos de la Geomorfología | 13 |
| 2.2.8.3. Morfometría o Geometría del Relieve..... | 13 |
| 2.2.8.4. Fisiografía o Estructura del Relieve | 17 |
| 2.2.8.5. Morfogénesis..... | 17 |
| 2.2.9. Clasificación Geomorfológica | 21 |
| 2.2.9.1. Categorización Geomorfológica | 21 |
| 2.2.10. Cartografía Geomorfológica | 23 |

| | Pág. |
|--|-------------|
| 2.2.10.1. Mapas Geomorfológicos analíticos..... | 23 |
| 2.2.10.2. Mapas Geomorfológicos sintéticos..... | 24 |
| 2.2.10.3. Mapas Geomorfológicos pragmáticos..... | 24 |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS..... | 24 |
| CAPÍTULO III..... | 27 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 27 |
| 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 27 |
| 3.1.1. Ubicación Geográfica..... | 27 |
| 3.1.2. Ubicación Política..... | 27 |
| 3.2. ACCESIBILIDAD..... | 27 |
| 3.3. CLIMA Y TEMPERATURA..... | 28 |
| 3.4. PROCEDIMIENTOS..... | 29 |
| 3.4.1. Metodología..... | 29 |
| 3.4.2. Definición de Variables..... | 30 |
| 3.4.3. Técnicas..... | 30 |
| 3.4.3.1. Etapa de gabinete I..... | 30 |
| 3.4.3.2. Etapa de Campo..... | 30 |
| 3.4.3.3. Etapa de Gabinete II..... | 30 |
| 3.4.4. Instrumentos y Equipos..... | 30 |
| 3.5. CONTEXTO HIDROLÓGICO..... | 31 |
| 3.5.1. Microcuenca Yahuarcocha..... | 31 |
| 3.5.1.2. Quebrada La Chira..... | 32 |
| 3.5.1.3. Drenajes..... | 33 |
| 3.6. CONTEXTO ESTRUCTURAL..... | 33 |
| 3.6.1. Cordillera Occidental..... | 33 |
| 3.6.2. Faja Sitacocha - Sitabal..... | 33 |
| 3.6.3. Plegamientos..... | 34 |
| 3.6.3.1. Anticlinales y Sinclinales..... | 34 |
| 3.7. CONTEXTO GEOLÓGICO..... | 35 |
| 3.7.1. Estratigrafía y Sedimentología..... | 35 |
| 3.7.1.1. Grupo Goyllarisquizga..... | 36 |
| 3.7.1.1.1. Formación Farrat (Ki-f)..... | 36 |
| 3.7.1.1.2. Formación Inca (Ki-i)..... | 37 |
| 3.7.1.2. Formación Chúlec (Ki-chu)..... | 38 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| 3.7.1.3. Grupo Pulluicana (Ks-pu) | 40 |
| 3.7.1.4. Grupo Quilquiñán (Ks-qu)..... | 41 |
| 3.7.1.5. Formación Cajamarca (Ks-ca)..... | 42 |
| 3.7.1.6. Depósitos Cuaternarios | 43 |
| 3.8. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO..... | 46 |
| 3.8.1. Áreas Glaciadas | 46 |
| 3.8.2. Unidades Geomorfológicas | 47 |
| 3.8.2.1. Unidades Geomorfológicas por ambiente Glaciar..... | 47 |
| 3.8.2.2. Unidades Geomorfológicas por ambiente Morfoestructural | 51 |
| 3.8.2.3. Unidades Geomorfológicas por ambiente Denudacional | 53 |
| 3.8.2.4. Unidades Geomorfológicas por ambiente Fluvial..... | 58 |
| 3.8.2.5. Unidades Geomorfológicas por Meteorización Química | 61 |
| CAPÍTULO IV..... | 64 |
| ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 64 |
| 4.1. ANÁLISIS DE LA ESTRATIGRAFÍA Y | |
| SEDIMENTOLOGÍA EN LA MICROCUENCA | |
| DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA | 65 |
| 4.1.1. Formación Farrat..... | 65 |
| 4.1.2. Formación Inca..... | 65 |
| 4.1.3. Formación Chúlec | 65 |
| 4.1.4. Grupo Pulluicana..... | 65 |
| 4.1.5. Grupo Quilquiñán | 66 |
| 4.1.6. Formación Cajamarca | 66 |
| 4.2. ANÁLISIS DE LA GEOMORFOLOGÍA EN LA | |
| MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA..... | 66 |
| 4.2.1. Morfometría..... | 66 |
| 4.2.1.1. Pendientes | 66 |
| 4.2.2. Morfogénesis..... | 67 |
| 4.2.2.1. Delimitación de Unidades Geomorfológicas | 67 |
| 4.2.2.1.1. Ambientes Morfogenéticos | 67 |
| 4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 76 |
| CAPÍTULO V..... | 77 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 77 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 77 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 78 |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....79

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Perfil de la topografía. | 14 |
| Tabla 2. Forma de la topografía | 14 |
| Tabla 3. Primera vía de acceso a la Microcuenca. | 27 |
| Tabla 4. Segunda vía de acceso. | 27 |
| Tabla 5. Variables identificadas en la Investigación | 30 |
| Tabla 6. Datos de la Laguna Yahuarcocha. | 32 |
| Tabla 7. Tipos de Pendientes en la Microcuenca. | 66 |
| Tabla 8. Tipos de Ambientes Morfogenéticos | 68 |
| Tabla 9. Unidades Geomorfológicas por Ambiente Glaciar. | 69 |
| Tabla 10. Unidades Geomorfológicas por Ambiente Morfoestructural. | 70 |
| Tabla 11. Unidades Geomorfológicas por Ambiente Denudacional. | 71 |
| Tabla 12. Unidades Geomorfológicas por Ambiente Fluvial | 72 |
| Tabla 13. Relación de Unidades Geomorfológicas y Geológicas | 74 |

ÍNDICE DE FOTOS

| | Pág. |
|---|------|
| Foto 1. a. Primer tramo de acceso. b. Segundo tramo de acceso. | 28 |
| Foto 2. Laguna Yahuarcocha | 32 |
| Foto 3. Cadena de sinclinales y anticlinales alrededor de la Laguna. Yahuarcocha. | 34 |
| Foto 4. Flancos de un anticlinal emplazado en rocas silicoclásticas..... | 34 |
| Foto 5. Cadena montañosa de la Formación Farrat. | 36 |
| Foto 6. a. Afloramiento de la Formación Farrat. b. Midiendo el espesor de los..... estratos de la Formación Farrat. | 37 |
| Foto 7. a y b. Areniscas cuarzosas blanquecinas de grano medio a grueso. | 37 |
| Foto 8. Contacto entre las Fms. silicoclásticas Inca y Farrat, se aprecia la zona de transición entre ambas Fms. estratigráficas..... | 38 |
| Foto 9. Presencia de limolitas carbonatadas. b. Se observa la presencia de calizas grises con intercalaciones de calizas arenosas..... de color amarillento. | 39 |
| Foto 10. a. Calizas nodulosas con vetillas de calcita. b. Se observa la..... presencia de calizas intercaladas con margas amarillentas debido..... al intemperismo..... | 39 |
| Foto 11. a. Se aprecia la presencia de estructura sedimentaria: nódulos..... b. Se observa la presencia de estructuras: bioturbación en calizas..... | 39 |
| Foto 12. a. Afloramientos del Gpo. Pulluicana. b. Rocas del Gpo. Pulluicana. | 40 |
| Foto 13. a, b,c: Rocas Calizas del Gpo. Pulluicana. | 40 |
| Foto 14. Se aprecia los contactos entre las unidades litoestratigráficas. | 41 |
| Foto 15. Se aprecia los estratos del Gpo. Quilquiñán..... | 41 |
| Foto 16. Se aprecia los afloramientos de estratos tabulares de la..... Fm. Cajamarca. | 42 |
| Foto 17. Se aprecia la acción de las precipitaciones en la litología de..... esta unidad estratigráfica. | 43 |
| Foto 18. a.b: Depósito lagunar emplazado en las rocas carbonatadas..... del Gpo. Pulluicana. | 43 |
| Foto 19. a. Se aprecia un depósito coluvio-glaciar. b. Depósito coluvial. | 44 |
| Foto 20. Se aprecia los depósitos coluvio-aluvial formando geoformas,..... además del depósito lagunar ubicado en la parte inferior. | 45 |
| Foto 21. En la parte inferior se aprecia que el Depósito Cuaternario..... se ha formado como una llanura aluvial. | 45 |
| Foto 22. En a y b se aprecia el principal Depósito fluvial formado..... aguas debajo de la Laguna. | 46 |
| Foto 23. En a y b se aprecian las geoformas denominadas Canchales,..... estas unidades se encuentran en las partes altas de la zona, circundante..... a la Laguna. | 47 |
| Foto 24. Geoforma denominada Cono de Derrubio en material carbonático..... en cerros circundante a la Laguna. | 48 |
| Foto 25. Rocas aborregadas en las cuales se observa la acción de la abrasión. . | 49 |
| Foto 26. Bloque errático de composición carbonática. | 49 |

| | |
|---|----|
| Foto 27. En a y b se aprecian Morrenas formadas en la parte baja de los cerros de la cadena montañosa..... | 50 |
| Foto 28. Vista panorámica de la Laguna Yahuarcocha | 50 |
| Foto 29. Se aprecia la acción de la glaciación en las laderas cercanas a la Laguna..... | 51 |
| Foto 30. Cadena Montañosa ubicada en el margen posterior de la Laguna Yahuarcocha..... | 52 |
| Foto 31. a. Se aprecia el cerro Totorilla, esta unidad morfoestructural ha sido modificada por procesos denudacionales como se observa en la parte inferior. b. Unidades morfoestructurales plegadas formadas por cerros corresponden al área de emplazamiento..... | 52 |
| Foto 32. Se aprecia los cerros Rupayshitana y Corazón, cerros representativos, estas unidades corresponden a los flancos de un sinclinal cuyo eje intersecta a la Laguna. | 53 |
| Foto 33. Colina emplazada en material silicoclástico; se aprecia su forma convexa y redondeada típica de este tipo de unidades geomorfológicas. | 54 |
| Foto 34. Colinas identificadas corresponde a zonas fuertemente plegadas. | 54 |
| Foto 35. Loma con el relieve característico redondeado y alargado. | 55 |
| Foto 36. Se observa el relieve de tipo convexo y alargado de la unidad geomorfológica debido a procesos denudativos y erosivos además de la infiltración..... | 55 |
| Foto 37. a y b Laderas de longitud larga con un perfil topográfico rectilíneo inclinado c. Ladera identificada en el margen izquierdo de la Laguna Yahuarcocha vista aguas abajo. d. Ladera observada en el flanco derecho de la Laguna observada aguas abajo. | 56 |
| Foto 38. Se aprecia la unidad identificada aguas abajo de la Laguna, se ha formado productos de procesos erosivos..... | 57 |
| Foto 39. a. Planicie identificada aguas abajo de la Laguna Yahuarcocha..... | 57 |
| b. Planicie identificada se aprecia junto a una loma. | 57 |
| Foto 40. En a y b se observan Cárcavas formadas en rocas silicoclásticas. | 58 |
| Foto 41. Terraza formada por la erosión y transcurso del agua. | 58 |
| Foto 42. Se observa el emplazamiento de un valle coluvio-aluvial en forma de U el cual está drenado por la Qda. Cochecorral. | 59 |
| Foto 43. a. Se observa el transcurso de las aguas de la Laguna Yahuarcocha las cuales dan origen a la Quebrada Chira, la cual aguas abajo toma la denominación de Qda. Cochecorral que influyen en la formación del valle..... | 59 |
| b. Valle en forma de V, forma típica. | 59 |
| Foto 44. Se aprecia las cascadas originadas por el curso de la Quebrada Cochecorral..... | 60 |
| Foto 45. a. Vista de las Cascadas de Cochecorral (al fondo)..... | 60 |
| b. Se observa los escalones que caracterizan a esta unidad originadas por el curso del agua | 60 |
| Foto 46. En a y b se aprecian marmitas en el transcurso de las cascadas las cuales han sido originadas principalmente por la acción del drenaje. | 61 |

Foto 47. a, b. Corresponden a la identificación de lenares.....
en la Fm. Cajamarca.....62
Foto 48. Se observa la acción del agua sobre la roca.62
Foto 51. a,b,c: Se aprecia como la meteorización ha modificado.....
el grado de resistencia de la roca encajonante.63

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Tipos de Superficie de Estratificación..... | 8 |
| Figura 2. Tipos simples de geometría de estratos de acuerdo..... con su continuidad. | 10 |
| Figura 3. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la..... distribución de los espesores y de las litologías presentes. los términos..... a, b y c corresponden a tres tipos de litologías en los que a sería el término..... de mayor tamaño de grano (en rocas detríticas) o de mayor energía..... (en rocas carbonatadas). | 11 |
| Figura 4. Block diagrama de unidades litoestratigráficas con sus secciones..... estratigráficas locales (Vera, 1994) | 12 |
| Figura 5. Relación entre densidad de drenaje y gradiente de pendiente en..... condiciones similares de altura relativa (AR)..... | 16 |
| Figura 6. Unidades Morfoestructurales con Laderas estructurales, Crestas..... estructurales, Mesetas. | 18 |
| Figura 7. Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales..... con terrazas aluvial-torrenciales de edad relativa variable. | 19 |
| Figura 8. Llanura de inundación con sus unidades geomorfológicas..... básicas en un ambiente fluvial. | 20 |
| Figura 9. Esquema de jerarquización geomorfológica..... | 23 |
| Figura 10. Plegamientos que circundan la Microcuenca. | 35 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Gráfico 1. Temperatura máxima en la provincia de Cajabamba (1963-2014)..... | 29 |
| Gráfico 2. Temperatura mínima en la provincia de Cajabamba (1963-2014)..... | 29 |
| Gráfico 3. Representación de los Porcentajes de Pendientes. | 67 |
| Gráfico 4. Representación de los porcentajes de los Ambientes Morfogenéticos. | 68 |
| Gráfico 5. Representación de porcentajes por Ambiente Glaciar. | 69 |
| Gráfico 6. Representación de los porcentajes por Ambiente Morfoestructural | 70 |
| Gráfico 7. Representación de porcentajes por Ambiente Denucional. | 71 |
| Gráfico 8. Representación de porcentajes por Ambiente Fluvial. | 72 |
| Gráfico 9. Unidades Geomorfológicas identificadas en la Microcuenca. | 73 |

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

| | |
|-----------------|--|
| INGEMMET | : Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú. |
| Pág. | : Página. |
| WGS-84 | : World Geodetic System 1984. Sistema Geodésico Mundial 1984. |
| Gpo. | : Grupo. |
| Fm. | : Formación. |
| SIG | : Sistemas de Información Geográfica. |
| Ha. | : Hectárea. |
| Km. | : Kilómetros. |
| et al. | : Y otros. |
| Ref. | : Referencia. |
| N | : Norte. |
| S | : Sur |
| GRC | : Gobierno Regional de Cajamarca. |
| SE | : Sur Este |
| NW | : Nor Oeste |
| SW | : Sur Oeste |
| NE | : Nor Este |
| MDE | : Modelo Digital de Elevaciones |
| USGS | : United States Geological Survey. Servicio Geológico de los Estados Unidos. |

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La laguna Yahuarcocha, ubicada al NE de la provincia de Cajabamba, constituye una de las lagunas más representativas de su entorno. La laguna está emplazada en una zona afectada por procesos tectónicos que han originado diversas estructuras geológicas. Las características geológicas que presenta se encuentran relacionadas a su origen, tectónica y a su geocronología.

De acuerdo al INGEMMET, la laguna Yahuarcocha se encuentra dentro del Cretácico cuyas unidades estratigráficas son parte del núcleo de estructuras geológicas cuya presencia podría influir en la circulación, almacenamiento del agua. Geomorfológicamente los alrededores de la Laguna se caracterizan por presentar una serie de procesos que han modificado su configuración de forma consecuente, debido a ello han originado la formación de unidades características de la zona; en efecto se pretende identificar y describir las principales unidades geológicas que han llevado a generar el modelo actual del área de investigación.

Dentro de este contexto no existen investigaciones detalladas que aportan al conocimiento científico por lo que es necesario dar a conocer la configuración geológica y geomorfológica a través de esta investigación.

Por ello surge la interrogante: ¿Cuál es la caracterización geológica y geomorfológica de la microcuenca de la laguna Yahuarcocha ubicada en el distrito de Cajabamba?

Dentro del alcance de la investigación se define como descriptivo, correlacional y de tipo transversal en los distritos de Cajabamba y Sitacocha, provincia de Cajabamba y departamento de Cajamarca.

El desarrollo de la investigación estudia, describe y obtiene datos de las características geológicas, geomorfológicas y estratigráficas a detalle en la microcuenca de la Laguna Yahuarcocha, Cajabamba – Perú.

Como objetivos se describen: Caracterizar la geología y geomorfología en la microcuenca de la Laguna Yahuarcocha, distrito de Cajabamba, elaborar el cartografiado geológico de la microcuenca, interpretar el registro estratigráfico

mediante columna estratigráfica y determinar las unidades geomorfológicas y los procesos geológicos.

La hipótesis de la investigación se define como: La caracterización geológica y geomorfológica de la Microcuenca de la Laguna Yahuarcocha está constituido por unidades litoestratigráficas de rocas carbonatadas del Cretácico Superior de las Formaciones Chúlec, Pariatambo, Yumagual, así como rocas silicoclásticas del Cretácico Inferior de las Formaciones Inca y Farrat y sedimentos recientes del Cuaternario; los mismos han sido influenciados a la vez por agentes como dinámica interna, tectonismo y dinámica externa evidenciando ello en la formación de geoformas fluviales.

La descripción de los contenidos de los capítulos es de la siguiente manera:

El capítulo II describe el Marco teórico de la investigación, se presenta los antecedentes de la investigación, las bases teóricas que fundamentan la investigación y los principales términos básicos utilizados en todo el documento.

El capítulo III describe los Materiales y métodos utilizados en la investigación, así como la ubicación, accesibilidad, el clima y temperatura, la metodología, técnicas e instrumentos y equipos necesarios para ejecutar la investigación.

El capítulo IV describe los análisis y discusión de los resultados así como la contrastación de la hipótesis de la investigación.

El capítulo V describe las principales conclusiones y recomendaciones.

Finalmente en Anexos se considera los Planos, Perfiles, Columna estratigráfica.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Coronato et al. (2017), caracterización Geológica y Geomorfológica de la cuenca de la Laguna Carmen (Estepa Fueguina, Argentina) y su Registro Sedimentario durante el Holoceno Tardío, describe las principales características, geomorfológicas y sedimentarias de la Laguna Carmen. Identifica a través del análisis geomorfológico el origen eólico por deflación de sedimentos aluviales en la zona de confluencia de la laguna, así como de acuerdo al análisis sedimentológico, estratigráfico el emplazamiento de la misma, en un ambiente de rocas sedimentarias de origen marino correspondiente a la Formación Carmen Silva, concluye la probable relación entre el registro geomorfológico, sedimentario y períodos climáticos húmedos previamente identificados en la región.

Díaz et al. (2014), caracterización geológica y geomorfológica de la península de Guanahacabibes, Cuba; describe las principales características geológicas y geomorfológicas de la península, describiéndola como una llanura desarrollada sobre rocas Pliocénicas y Cuaternarias. Concluyendo que las rocas carbonatadas identificadas altamente kársticas tienen una predominancia en el relieve lo que permite poder plantear un mejor manejo de la diversidad de la zona debido al aporte turístico que representa.

Figari et al. (2015), estratigrafía y Evolución Geológica de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Provincia de Chubut, Argentina. Describe estratigráfica clasificando la sedimentación en mega secuencias separadas por discordancias de nivel regional, en cada apartado describe a detalle las características de estas secuencias, en el análisis tectónico delimita los eventos de acuerdo a las mega secuencias sedimentológicas diferenciadas.

Karampaglidis (2015), la Evolución geomorfológica de la Cuenca de drenaje del Río Lozoya (Comunidad de Madrid, España) realiza la descripción y posterior análisis de la evolución del relieve específicamente durante el Cenozoico en dicha región, a través de la caracterización geomorfológica y aplicación de la cartografía

define las etapas en el proceso geodinámico mediante técnicas pioneras en la investigación como la datación de Rayos Cosmogénicos para la datación de las unidades geomorfológicas de la zona, y por ende comprender su evolución geomorfológica.

Varela et al. (2012), mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la Cuenca de México: Unidades morfogenéticas a escala 1:100000. Describe la cartografía morfogenética a través de levantamiento y cartografiado, clasificando las unidades geomorfológicas de acuerdo al criterio principal de homogeneidad espacial relativa y su caracterización de acuerdo a aspectos fundamentales como: origen, tipo de relieve, edades de estructuras y geometría; además de ello se utilizó las herramientas SIG para una delimitación visual.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Bellido (1969), sinopsis de la Geología del Perú (Boletín N°22). Indica que las rocas sedimentarias que afloran a lo largo de los Andes están fuertemente plegadas y falladas así como el sistema Cretáceo está ampliamente distribuida en el territorio constituyendo un aproximado de 75% de los afloramientos de las rocas mesozoicas.

Benavides (1956), sistema Cretácico en el Norte del Perú. Indica que las rocas sedimentarias del Cretácico son las más abundantes e importantes del norte peruano, además describe las formaciones estratigráficas de Cajamarca, juntamente con la paleontología además de ello ubica a la Oxitropidoceras Carbonarium dentro de la Formación Pariatambo.

Jacay (2005), análisis de la Sedimentación del Sistema Cretáceo de los Andes del Perú Central, la investigación muestra que el Sistema Cretáceo en los Andes del Perú central yace en discordancia sobre terrenos de diferentes edades, desde el Precámbrico hasta el Jurásico superior sobre la cual se presenta tres secuencias: secuencia inferior que pertenece a la plataforma silicoclástica del Grupo Goyllarisquizga, la segunda secuencia pertenece a una gran plataforma carbonatada (Formaciones Jumasha; Chonta y equivalentes) y la tercera secuencia al tope del Cretácico Superior (Campaniano-Maestrichiano) compuesta por las series rojas continentales que pertenecen a procesos de inversión tectónica y transición a cuencas de antepaís.

Medina et al. (2014), caracterización Geomorfológica del Norte Peruano, Esta investigación forma parte del proyecto Mapas Geomorfológicos por Regiones del INGEMMET en el cual diferencia las unidades geomorfológicas en el norte peruano a una escala de 1/250000 y concluye que están ligados a procesos tectónicos, gravitacionales, depositacionales y erosivos a lo largo de la historia geológica. En los ambientes de las unidades geomorfológicas intervienen procesos de levantamiento andino y eventos climáticos.

2.1.3. Antecedentes Locales

Ayay (2018), geomorfología del caserío Hierba Buena y entorno, Centro Poblado Porcón Alto - Cajamarca. Describe e identifica las unidades geomorfológicas en la zona de estudio agrupándolas en 26 grupos de acuerdo al ambiente geomorfológico, presenta el cartografiado geomorfológico elaborado mediante los estándares de Ingeominas donde determina las variaciones de pendientes.

Balcázar (2019), sedimentología y Estratigrafía de la Formación Carhuaz en el distrito de la Encañada. Esta investigación describe las características litoestratigráficas de la zona, concluyendo que se encuentra dominada por secuencia de arcillolitas y limolitas, la base de la Formación está representada por arcillolitas bituminosas, en la parte media ha identificado arcillolitas y limolitas, en la parte superior se encuentran areniscas las cuales están plasmadas en la columna estratigráfica.

Durán (2018), estudio Sedimentológico y estratigráfico de la Microcuenca Cochamarca- San Marcos Cajamarca Perú. En esta investigación describe la estratigrafía de las Formaciones Carhuaz, Farrat e Inca, identificadas en la microcuenca plasmando mediante un análisis detallado por medio de Columnas estratigráficas, concluyendo que las características de las Formaciones identificadas corresponden al Ambiente de transgresión del Sistema Cretácico.

Lagos y Quipe (2012), caracterización Litológica y Paleontológica del Cretáceo Inferior en Cajamarca: Las Formaciones Santa y Carhuaz. Esta investigación expone el análisis tanto en los fósiles y las rocas que pertenecen a las Formaciones Santa y Carhuaz de edad Cretácico Inferior, hallados en San Marcos y Cajamarca. Utilizando el PMPR para determinar su caracterización depositacional regional. Concluyendo que ambas Formaciones mencionadas en contacto con intrusivos se comportan como rocas receptoras para eventos de mineralización, asimismo

mencionan que la fauna fósil hallada dentro de las rocas de la Fm. Santa representa un horizonte guía de extensión regional.

Quispe (2015), caracterización Geológica del Centro Poblado de Combayo, distrito de la Encañada. Esta investigación describe las características geológicas en función a la geomorfología, geología y el tiempo geocronológico; dentro de las principales unidades geomorfológicas, las identifica de acuerdo a la pendiente y altitud; en cuanto a la litología identifica las principales rocas de las Formaciones encontradas, concluyendo así la relación entre la geología geomorfología de la zona.

Reyes (1980), geología de Los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Boletín Serie A – N°31). Investigación realizada por el INGEMMET concluye que los cuadrángulos mencionados se evidencian cuatro etapas de deformación que se iniciaron en el Cretácico tardío y que continúan en el Cenozoico, todos ellos correspondientes a los movimientos del Ciclo Andino, estas fases de deformación están evidenciadas por discordancias, pliegues y demás estructuras materializadas en zonas de deformación.

Vergara (2017), caracterización de las Unidades Geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca. En esta investigación describe ocho unidades geomorfológicas las cuales son agrupadas de acuerdo a la pendiente, además describe las unidades geomorfológicas estructurales las cuales han sido originadas por plegamientos y fallas, además de ello concluye que el relieve de la zona de estudio está influenciado por la tectónica que junto a factores externos da origen al modelado del relieve actual.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Ley de Walther

La ley de Walther es una expresión del concepto general de polaridad sedimentaria y se refiere, exclusivamente, a las asociaciones de facies, discontinuidades estratigráficas y para materiales dentro de una misma región y genéticamente relacionados. Plantea que en esas condiciones con gran frecuencia "las facies que se encuentran superpuestas se encuentran también yuxtapuestas con la misma ordenación".

De acuerdo con esta ley (o regla) cuando tienen lugar cambios oblicuos, las facies se presentan ordenadas simultáneamente en sentido lateral y vertical, de manera que las facies en la actualidad se encuentran yuxtapuestas se disponen, además, superpuestas formando una "asociación de facies", que en la vertical se refleja en una "secuencia de facies" (Walther, 1894).

2.2.2. Principios fundamentales de Estratificación

2.2.2.1. Principio de la Horizontalidad Original

Determina que los estratos en el momento de su depósito son horizontales y paralelos a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral. Los estudios recientes sobre la geometría de los estratos tanto en el campo como especialmente, por técnicas del subsuelo permite conocer excepciones a este principio en las que los estratos se disponen paralelos a las superficies de depósito pero no necesariamente horizontales, sino con una ligera inclinación original. La aplicación de este principio ha llevado a la idea actual que considera como isócronas a las superficies de estratificación (Steno, 1669).

2.2.2.2. Principio de Superposición de Estratos

Establece que en una sucesión de estratos los más bajos son los más antiguos y los más altos los más modernos. El principio es básico para la ordenación temporal de los estratos (o conjuntos de estratos) subhorizontales y se puede aplicar a los materiales estratificados en los que la deformación tectónica posterior a su depósito no implique la inversión de estratos. Existen algunas excepciones donde no se cumple el principio, siempre ligadas a discontinuidades que impliquen etapas de erosión de materiales previos, de manera que los sedimentos nuevos se depositen en cavidades excavadas en el seno de los otros (Steno, 1669).

2.2.3. Superficies de Estratificación

Las superficies de estratificación en muchos afloramientos se observan con mayor claridad especialmente cuando existen diferentes litologías marcadas entre capas sucesivas y cuando la erosión moderna ataca preferentemente a los materiales más blandos o solubles.

Las superficies de estratificación pueden ser netas o difusas, que separan materiales con la misma litología encima y debajo, mientras que en otros casos

separan estratos con diferente litología. En los contactos difusos existe una franja paralela a la superficie de estratificación en la que tiene lugar el cambio gradual entre los dos términos litológicos o texturales. En la naturaleza son muy frecuentes los estratos con muros netos y os techos difusos.

Desde un punto de vista geométrico se pueden diferenciar con cierta facilidad, varios tipos de superficies de estratificación. Un primer tipo son las superficies planas y el segundo las superficies irregulares que muestran un marcado carácter erosivo. De acuerdo con los rasgos geométricos de detalle de la propia superficie se pueden reconocer: a. Superficies con estructuras de corrientes; b. Superficies con pistas de organismos; c. Superficies con estructuras de carga; d. Superficies onduladas como en el caso de techos de estratos con estructuras de ripples. e. superficies bioturbadas afectadas por la acción de organismos que destruyen parcialmente la estructura interna del estrato y f. superficie nodulosas con una disposición en grumos o nódulos, especialmente visible en el techo de calizas (Vera, 1994).

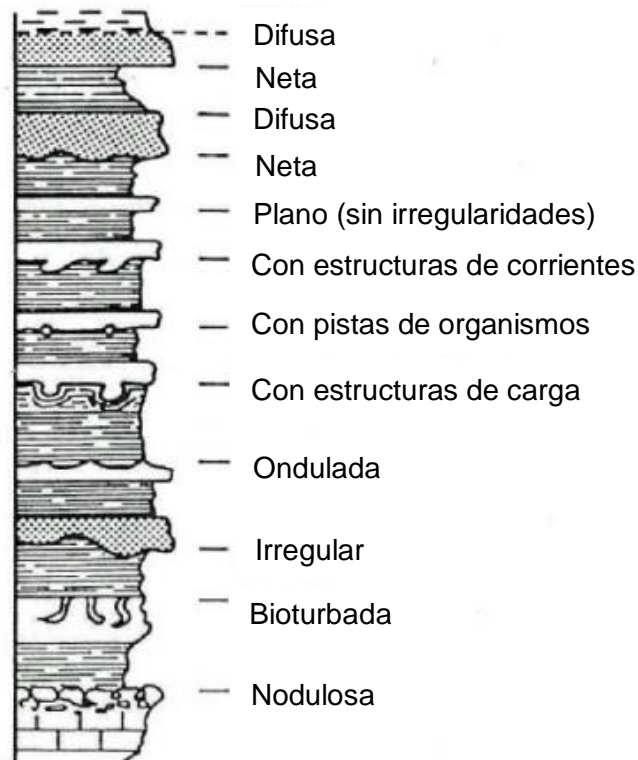


Figura 1. Tipos de Superficie de Estratificación

2.2.4. Tipos de Estratificación

Los criterios que pueden servir para tipificar la estratificación son diversos, aunque esencialmente se basan en dos aspectos fundamentales: la geometría de los estratos individuales y los rasgos distintivos de las asociaciones de estratos sucesivos (Vera, 1994).

2.2.4.1. Geometría de los Estratos

Considerando los estratos individualmente se puede establecer una clasificación de tipos geométricos a partir de la geometría del techo y muro.

- a. Estratos tabulares: cuando las dos superficies de estratificación (techo y muro) son planas y paralelas entre sí.
- b. Estratos irregulares con muro erosivo: son estratos con gran extensión lateral, con muro irregular y un techo plano, por lo que su espesor varía.
- c. Estratos acanalados: con escasa extensión lateral y espesor muy variable, con una geometría interna semejante a la de la sección de un canal.
- d. Estratos en forma de cuña: se trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida progresiva de espesor.
- e. Estratos lenticulares: son discontinuos con el muro plano y el techo convexo. Una variante de estos son los estratos con forma biconvexa.
- f. Estratos ondulados: se caracteriza por ser continuos con muro plano y techo ondulado, con estructuras de ripples de corrientes de olas (Vera, 1994).

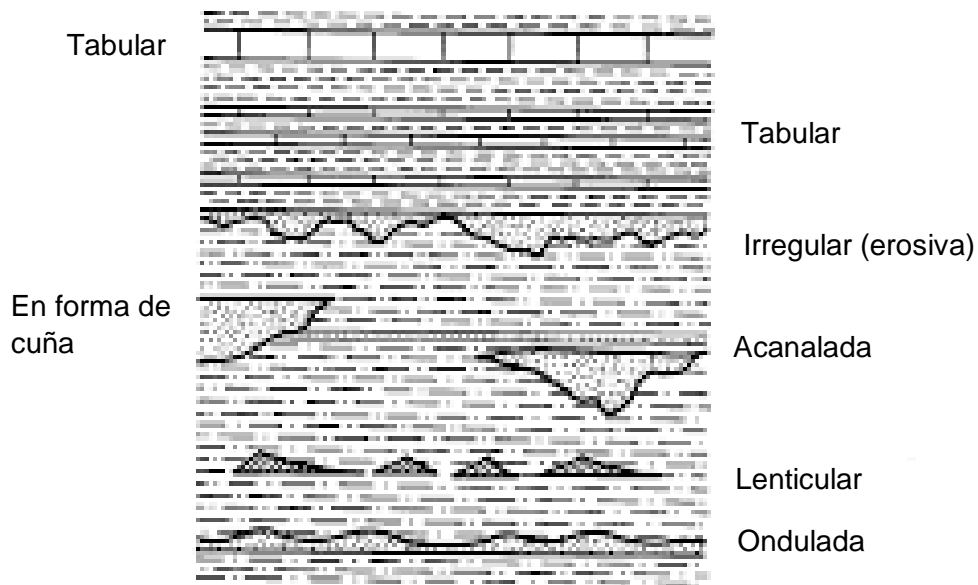


Figura 2. Tipos simples de geometría de estratos de acuerdo con su continuidad.

2.2.4.2. Asociaciones de Estratos

Cuando se analizan conjuntos de estratos superpuestos se puede realizar diversas clasificaciones basadas en criterios de tipo descriptivo, que en gran parte representan diferentes tipos genéticos. Un primer aspecto a considerar es la ordenación de espesores de los estratos individuales en los conjuntos de estratos sucesivos.

Uniforme. Los espesores de los estratos sucesivos tienen todos ellos unos valores análogos, con un valor real muy cercano a la media estadística de todos los espesores.

Aleatoria o de espesor variable. Los espesores de los diferentes estratos superpuestos son muy variables y no presentan ninguna ordenación definida.

Estratocreciente. Los espesores tienen una ordenación en lotes de estratos con valores de espesores crecientes hacia el techo dentro de cada lote. Este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia negativa (Lombard, 1956).

Estratodecreciente. Es el contrario del anterior, o sea, con disminución de los espesores de los estratos hacia el techo en cada lote. Este tipo de ordenamiento también se le conoce con el nombre de secuencia positiva (Lombard, 1956).

En haces. Los espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes entre lotes.

A estas modalidades de asociaciones geométricas de estratos hay que añadir la estratificación masiva, nombre que se utiliza para denominar intervalos de rocas sedimentarias en los que la estratificación no es distinguible a simple vista.

Un segundo tipo de clasificación estaría basado en la litología de los estratos que se superponen. Se pueden diferenciar los siguientes tipos: homogénea cuando estos cambian de manera desordenada, rítmica cuando alternan ordenadamente dos tipos de litología y cíclica cuando el módulo que se repite es de más de dos litologías. (Vera, 1994)

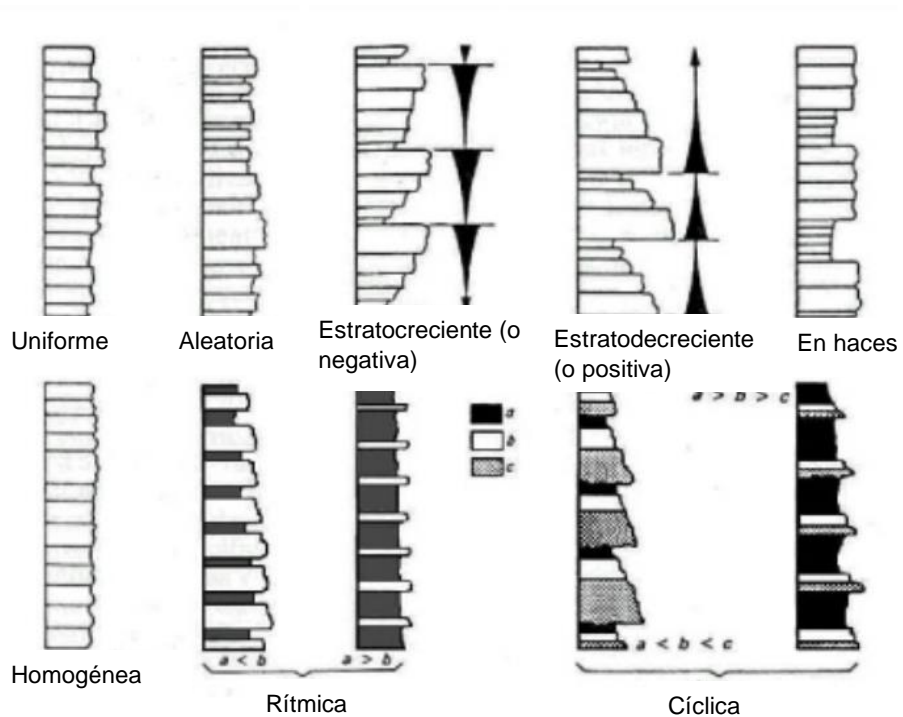


Figura 3. Tipos de asociaciones de estratos de acuerdo con la distribución de los espesores y de las litologías presentes. los términos a, b y c corresponden a tres tipos de litologías en los que a sería el término de mayor tamaño de grano (en rocas detríticas) o de mayor energía (en rocas carbonatadas).

Fuente: Tomado de Vera, (1994)

2.2.5. Medida de la Estratificación

Los estratos se depositan generalmente subhorizontales pero se presentan en la naturaleza con posiciones geométricas muy diversas, debido a deformaciones posteriores, especialmente a basculamiento y plegamiento.

Para expresar la posición espacial de un estrato o de una superficie de estratificación se recurren a dos medidas: la dirección y el buzamiento (Vera, 1994).

2.2.6. Columna Estratigráfica

Las columnas estratigráficas son representaciones gráficas de las variaciones verticales y los cambios horizontales que presentan los cuerpos rocosos en un determinado sitio o región. La representación gráfica tiene carácter cronológico y sentido reconstructivo sedimentológico.

La medición detallada de una columna estratigráfica nos permitirá obtener información sobre: sedimentología, análisis de facies y estratigrafía (Caballero, 2012).

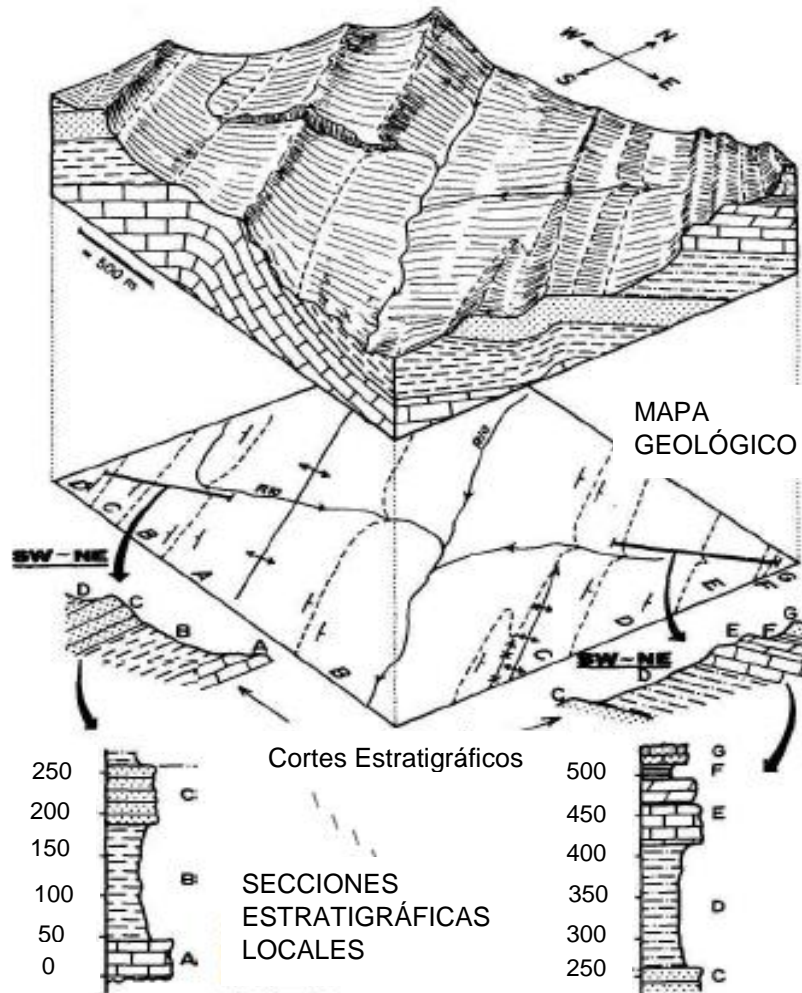


Figura 4. Block diagrama de unidades litoestratigráficas con sus secciones estratigráficas locales (Vera, 1994)

2.2.7. Cartografiado Geológico

Los mapas geológicos y geomorfológicos son, en esencia, la representación gráfica de la información geológica de una zona de la superficie terrestre. Resultan de

proyectar sobre una base concreta, en general un mapa topográfico, un conjunto de características de índole geológica. Los elementos representados en los mapas geológicos pueden ser puntuales, lineales o superficiales (Brusi et al, 2000).

2.2.8. Fundamentos de la Geomorfología

2.2.8.1. Agentes y procesos Geomórficos

Los procesos geomórficos son todos los cambios físicos y químicos que determinan una modificación de la forma superficial de la Tierra.

Agente o acción geomórfica es cualquier medio natural capaz de obtener y transportar materia de la tierra, p.e. el agua, los glaciares, el viento, las mareas, etc. Estos agentes y los procesos por ellos realizados tienen lugar en el exterior de la corteza terrestre y por ello se los denomina exógenos, en oposición a los endógenos que tienen origen en el interior del planeta (magmatismo, diastrafismo, metamorfismo).

Normalmente los procesos endógenos son constructivos de las formas del relieve terrestre, mientras que los exógenos son destructivos (estos conceptos son relativos ya que por ejemplo un río que en su accionar erosivo, destruye formas preexistentes, puede construir terrazas fluviales).

Bajo el punto de vista geomorfológico, en todos estos procesos, se tiene en cuenta la posterior erosión y el relieve final característico cuya fuente energética principal es la solar que mueve la hidrósfera y la atmósfera sobre la litósfera (Spikermann, 2010).

2.2.8.2. Objetivos de la Geomorfología

Los objetivos de la Geomorfología son: cualificar y cuantificar la geometría del terreno, o Morfometría: delimitar fisonomías según sus relaciones con otros componentes en el paisaje, Fisiografía; analizar el sistema de relaciones entre formas del terreno y acciones a agentes de la dinámica terrestre, Morfogénesis; y establecer las secuencias o sucesiones que ha seguido el relieve hasta adquirir su configuración actual, o morfoevolución (De Pedraza, 1996).

2.2.8.3. Morfometría o Geometría del Relieve

La Morfometría se ocupa de los parámetros especiales con categoría geométrica, es decir, tipología y dimensiones en las formas del terreno, así como todo el conjunto de procedimientos matemáticos que sirven para su catalogación.

Los procedimientos para el análisis morfométrico son muy variados, si bien todos tienen el mismo fundamento: clasificar geoméricamente el relieve, siguiendo un sistema progresivo y estructurado en niveles de aproximación del terreno (De Pedraza, 1996).

2.2.8.3.1. Atributos morfográficos: Geometría de las Geoformas

Según Hengl, los atributos morfográficos son esencialmente descriptivos. Describen la geometría de las geoformas en términos topográficos y planimétricos. Se utilizan corrientemente para identificación automatizada de ciertos rasgos de las geoformas a partir de MDE (Zinck, 2012).

A. Topografía

La topografía se refiere a la sección transversal de una porción de terreno. Puede visualizarse en dos dimensiones mediante un corte topográfico o perfil de la topografía y en tres dimensiones mediante un modelo tridimensional de terreno o forma de la topografía. La caracterización de este rasgo es particularmente importante en áreas de pendiente. Los atributos de la forma topográfica se utilizan a nivel de paisaje, mientras que los atributos del perfil topográfico se utilizan a nivel de relieve y de forma de terreno (Zinck, 2012).

Tabla 1. Perfil de la topografía.

| CLASES | EJEMPLOS |
|----------------------------|--|
| Plano | Mesa, Terraza |
| Cóncavo | Cubeta, Falda de vertiente |
| Convexo | Albardón, hombro de vertiente |
| Convexo-cóncavo | Complejo de facetas de vertiente |
| Convexo-rectilíneo-cóncavo | Complejo de facetas de vertiente |
| Rectilíneo | Ladera |
| Con peldaños intermedios | Complejo de facetas de vertiente |
| Con afloramientos rocosos | Complejo de facetas de vertiente |
| Con escarpe rocoso | Complejo de facetas de vertiente, cuesta |
| Disimétrico | Loma, hogback |
| Irregular | Vertiente |

Fuente: Modificado de Zinck, (2012).

Tabla 2. Forma de la topografía

| CLASES | PENDIENTE % | AMPLITUD DEL RELIEVE |
|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| Plano o casi plano | 0-2 | Muy baja |
| Ondulado | 2-8 | Baja |
| Fuertemente ondulado | 8-16 | Baja |
| Colinoso | 16-30 | Moderada |
| Fuertemente disectado | >30 | Moderada |
| Montañoso | >30 | Alta |

Fuente: Modificado de Zinck, (2012).

B. Planimetría

La planimetría se refiere a la proyección vertical de los límites de la geoforma sobre un plano horizontal. Es una representación bidimensional de determinados aspectos de la geoforma que controlan estrechamente los patrones de distribución de suelos. La configuración de la geoforma, el diseño de sus contornos, el patrón de drenaje, y las condiciones del medio circundante son los principales atributos descritos para este propósito (Zinck, 2012).

B.1. Configuración de las geoformas

Muchas geoformas a nivel de relieve/modelado y forma de terreno tienen configuraciones típicas, que permiten realizar una primera identificación en base a la covarianza entre atributos morfográficos y atributos morfogenéticos (Zinck, 2012).

B.2. Diseño de los contornos de las Geoformas

El diseño de los contornos describe el trazado de la periferia de la geoforma a nivel de relieve/modelado y forma de terreno. El atributo de diseño de los contornos puede ser utilizado también como un indicador morfogenético indirecto (Zinck, 2012).

B.3. Patrón de drenaje

El patrón de drenaje se refiere a la red de cursos de agua, la cual contribuye a realzar la configuración y el diseño de los contornos de las geoformas. Está controlado principalmente por la estructura geológica (tectónica, litología, volcanismo) en áreas ablacionales y por la estructura y dinámica del sistema deposicional en áreas de agradación (Zinck, 2012).

2.2.8.3.2. Atributos morfométricos: La Dimensión de las geoformas.

La morfometría abarca los rasgos dimensionales de las geoformas, derivados de una representación numérica de la topografía. Los atributos morfométricos están relacionados entre sí: en un determinado rango de altura relativa, hay una relación directa entre densidad de drenaje y gradiente de pendiente; a mayor densidad de drenaje, hay mayor gradiente de pendiente, e inversamente.

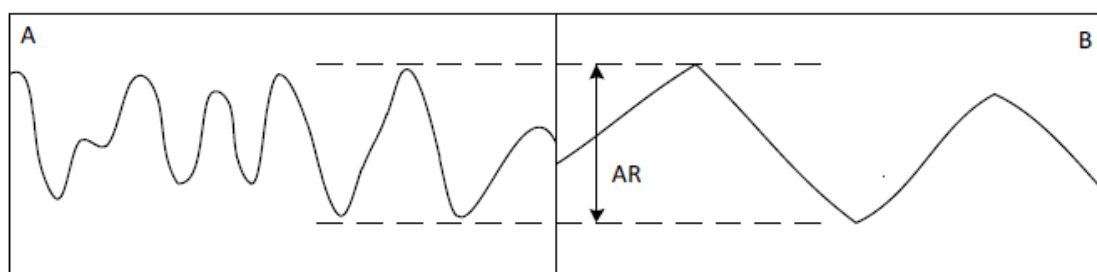


Figura 5. Relación entre densidad de drenaje y gradiente de pendiente en condiciones similares de altura relativa (AR).

Fuente: Modificado de Zinck, (2012).

C. Altura relativa (amplitud de relieve, relieve interno)

La altura relativa entre dos geoformas se evalúa en alta, media, baja. A estas clases cualitativas pueden atribuirse rangos de valores numéricos (en metros) en el marco de una determinada región o un área de proyecto. Los rangos numéricos se establecen en base a condiciones locales y son válidos únicamente para estas condiciones. El atributo de altura relativa es descriptivo, y las clases de altura relativa son diferenciantes pero no diagnósticas (Zinck, 2012).

D. Densidad de drenaje

La densidad de drenaje mide el grado de disección o incisión de una superficie de terreno. Las clases de densidad se establecen empíricamente para una región determinada o un área de proyecto (Zinck, 2012).

E. Pendiente del relieve

El gradiente de la pendiente se expresa en % o grados. La pendiente es esencialmente un atributo descriptivo, a lo más covariante (Zinck, 2012).

2.2.8.3.3. Atributos morfogenéticos: La Dinámica de las geoformas.

Ciertos atributos de las geoformas reflejan procesos y por eso pueden ser usados para reconstruir la evolución morfogenética de un área o condiciones

medioambientales pasadas. Por lo general, la relación atributo-proceso es más eficiente para identificar geoformas en ambiente deposicional que en ambiente ablacional (Zinck, 2012)

2.2.8.3.4. Atributos morfocronológicos

Los atributos morfocronológicos son mayormente diferenciadores, porque la edad relativa de una geoforma es parte integral de su identidad. Sin embargo, la posición cronoestratigráfica de la geoforma es diferenciante, porque determina un marco temporal en el cual se desarrollan los procesos morfogenéticos y el cual controla la evolución y sus propiedades. (Zinck, 2012).

2.2.8.4. Fisiografía o Estructura del Relieve

Desde la perspectiva fisiográfica, los rasgos morfológicos son un componente más de la superficie terrestre y contribuyen a definir sus paisajes con gran variedad de fisonomías que, en primera aproximación, corresponden a contrastes orográficos y topográficos; en definitiva geométricos. Por tanto, el objetivo fisiográfico es: analizar, describir y cualificar el sistema de relaciones que ligan a las formas del terreno con los restantes elementos que configuran la superficie terrestre (De Pedraza, 1996).

2.2.8.5. Morfogénesis

Acorde con el modelo para estructuras los procesos geodinámicos, la morfogénesis tiene como objetivo explicar formas de terreno cuyas configuraciones pueden considerarse no aleatoria entre acciones de la dinámica terrestre. Son por lo tanto, procesos y productos referenciales para el análisis geomorfológico.

Los fenómenos que intervienen como procesos o sistemas o sistemas morfogenéticos son: Meteorización y edáficos, gravitacionales, periglaciares glaciares, fluviales, eólicos y litorales. Todos ellos se delimitan según la referencia primaria aportada por el carácter de su agente, es decir; ambiente biofísico, gravedad, etc. (De Pedraza, 1996).

2.2.8.5.1. Ambientes Morfogenéticos

El ambiente morfogenético alude a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas en las cuales se generaron las geoformas. Se determina con base en la interpretación de los procesos geomorfológicos registrados (origen tanto endógeno como exógeno), que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de éstas (Carvajal, 2012).

Los ambientes morfogenéticos se agrupan de manera general en:

A. Ambiente morfoestructural.

Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente la asociada a plegamientos y fallamientos (Carvajal, 2012).

El ambiente estructural corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos ígneos – metamórficos sin geoformas marcadas de otros ambientes. En este contexto, tanto la litología como la estructura de deformación de las rocas inciden para favorecer una disección distintiva de los bloques levantados y plegados (Robertson et al., 2013).

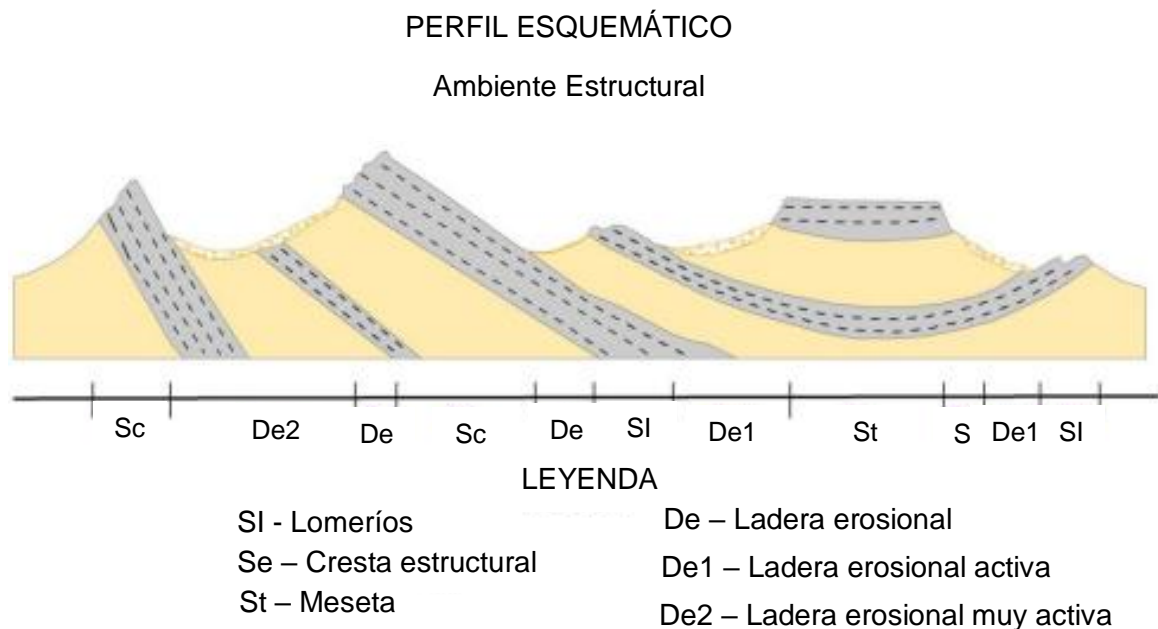


Figura 6. Unidades Morfoestructurales con Laderas estructurales, Crestas estructurales, Mesetas.

Fuente: Tomado de Robertson et al., (2013).

B. Ambiente volcánico (V)

Definido para las geoformas generadas, tanto por la intrusión como por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra. (Carvajal, 2012)

El ambiente volcánico se caracteriza por geoformas construidas a partir de las erupciones magmáticas de carácter lávico y/o explosivo y sus productos. Las geoformas volcánicas se presentan en todos los tamaños desde cráteres de tamaño métrico hasta mesetas lávicas de miles de kilómetros de extensión. También, los distintos tipos de magmas inciden en el comportamiento volcánico, diferenciándose grandes tendencias explosivas de las calderas (riolítica) y lávicas

de los volcanes escudo (basáltica) y los procesos mezclados de los estratovolcanes (andesítica) (Robertson et al., 2013).

C. Ambiente denudacional (D).

Determinado por la actividad de los procesos erosivos hídricos y pluviales, y producto principalmente de procesos de meteorización, erosión y remoción en masa, sobre geformas preexistentes (Carvajal, 2012).

La disección de los paisajes por los procesos exógenos se manifiesta en procesos erosivos hídricos y gravitatorios o una combinación de los dos. Bajo condiciones climáticas secas, las formas erosivas relacionadas con disección y pérdida del suelo generan fenómenos de erosión en forma laminar, surcos y cárcavas, es decir terrenos eriales. En cambio, condiciones húmedas favoreces la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con sus deslizamientos y flujos de suelos y escombros (Robertson et al., 2013).

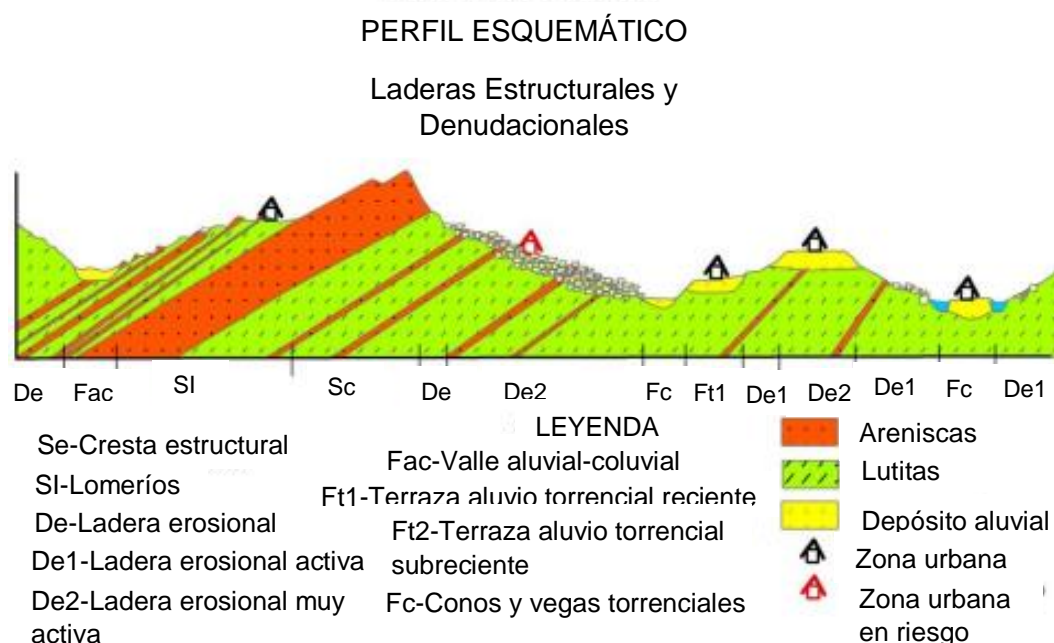


Figura 7. Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales con terrazas aluvial-torrenciales de edad relativa variable.

Fuente: Tomado de Robertson et al, (2012).

D. Ambiente fluvial y lagunar (F).

Corresponde a las geformas producidas por procesos (erosión-sedimentación) generadas por corrientes de agua tales como ríos y arroyos, lagos y lagunas, respectivamente (Carvajal, 2012).

Este ambiente está dominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. Los ríos se encargan de transportar su carga líquida y sólida a lo largo del sistema fluvial generando procesos erosivos y de acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos (Robertson et al., 2013).

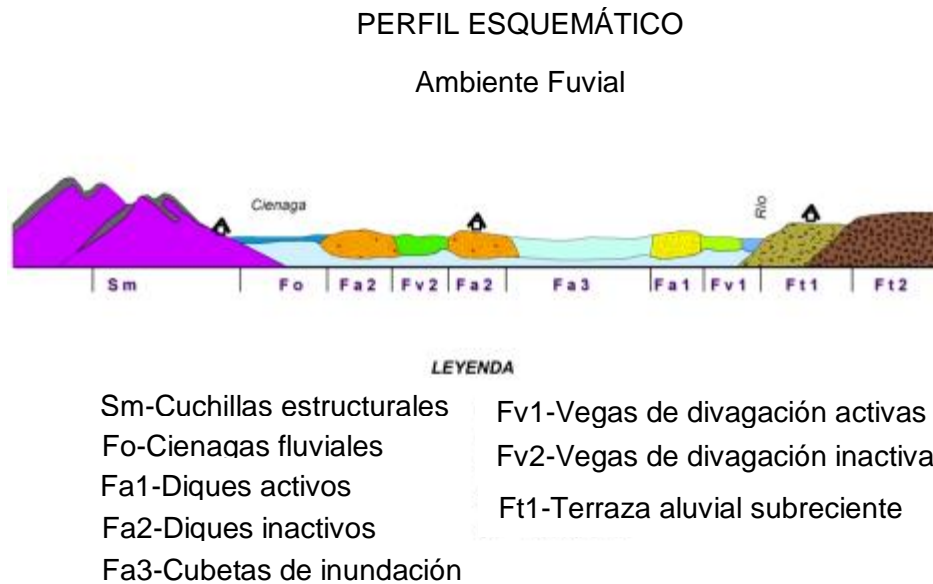


Figura 8. Llanura de inundación con sus unidades geomorfológicas básicas en un ambiente fluvial.

Fuente: Tomado de Robertson et al., (2013).

E. Ambiente marino y costero (M).

Determinado por las geoformas construidas o esculpidas por la actividad de las corrientes y procesos del mar. Se incluyen los deltas (Carvajal, 2012).

Las geoformas dominantes de la zona costera son el resultado de la interacción de los procesos marinos de oleaje y mareas sobre los elementos continentales tales como la estructura y litología local, los aportes fluviales en los deltas y la actividad biológica de las formaciones arrecifales (Robertson et al., 2013).

F. Ambiente glaciar y periglacial (G).

Definido por las geoformas originadas por los glaciares tanto continentales (casquetes polares) como de alta montaña (Carvajal, 2012).

G. Ambiente eólico (E).

Corresponde a las geoformas erosivas y de acumulación sedimentaria, formadas por la acción de los vientos en climas desérticos, principalmente (Carvajal, 2012).

H. Ambiente kárstico (K).

Definido por las formas del terreno, producto de meteorización y dilución de rocas y materiales de fácil disolución (las calizas y sal), en ambientes tropicales húmedos (Carvajal, 2012).

I. Ambiente antropogénico (A).

Corresponde a las formas del terreno, producto de la actividad del hombre que modifica la superficie terrestre (Carvajal, 2012).

Este ambiente se caracteriza por presentar geoformas generadas por la alteración significativa de la superficie terrestre por la acción del hombre. Dentro de estos procesos se destacan los rellenos artificiales, rellenos sanitarios y las excavaciones, generalmente asociados con la minería a cielo abierto y los embalses artificiales (Robertson et al., 2013).

2.2.9. Clasificación Geomorfológica

Las propuestas de zonificación del terreno en categorías de unidades geomorfológicas son variadas tanto en número como en nombres, y dependen del objetivo perseguido y la especialidad del proponente (Carvajal, 2012).

2.2.9.1. Categorización Geomorfológica

2.2.9.1.1. Geomorfoestructura

Se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intercontinentales, caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y, posiblemente, metamorfismo o intrusión ígnea (megageoformas de origen tectónico). El nombre propuesto para las geomorfoestructuras es compuesto. Consta del término Sistema, asociado a un término Morfológico de macrorrelieve, combinado con un nombre geográfico regional reconocido (Carvajal, 2012).

2.2.9.1.2. Provincia Geomorfológica

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macrorrelieve y una génesis geológica similar. Se diferencian y delimitan las formas del relieve tomando como base sus características geológicas, morfológicas y geográficas. Se definen en términos tales como cinturones montañosos, llanuras, peneplanicies, cordilleras y serranías, y están establecidas para escalas 1:1000000 – 1:500000.

El nombre propuesto para la provincia geomorfológica es compuesto y consta de un término morfológico de macrorrelieve, combinado con un nombre geográfico definido por el nombre del terreno geológico o región natural respectiva (Carvajal, 2012).

2.2.9.1.3. Región Geomorfológica

Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente, definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomórficos parecidos. La escala de trabajo está definida entre 1:250000 y 1:500000 (Carvajal, 2012).

2.2.9.1.4. Unidad geomorfológica.

Esta categoría se propone como la unidad básica de la cartografía geomorfológica. El término unidad geomorfológica se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo (acumulación o erosión), típico de un ambiente morfogenético dado. Está determinada con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala de trabajo propuesta de 1:50000 a 1:100000 (Carvajal, 2012).

2.2.9.1.5. Subunidad geomorfológica

Categoría que corresponde a una subdivisión de las unidades geomorfológicas. Está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de éstos con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente, está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales definidos o determinados. La escala de trabajo oscila entre 1:10000 y 1:25000 (Carvajal, 2012).

2.2.9.1.6. Componente o elemento geomorfológico

El elemento o componente geomorfológico corresponde al máximo nivel de detalle de jerarquía en la subdivisión propuesta (escalas mayores de 1:10000). Esta categoría está establecida por los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópico, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle), definidos en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno en una subunidad geomorfológica. Igualmente, puede estar definida por microrrelieves asociados con una característica litológica o sedimentaria establecida con base en análisis detallados (Carvajal, 2012).



Figura 9. Esquema de jerarquización geomorfológica.

Fuente: Tomado de Carvajal, (2012).

2.2.10. Cartografía Geomorfológica

Según Verstappen y Van Zuidam (1992), la elaboración de cartografía geomorfológica está orientada a proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno y los procesos geomorfológicos que actúan sobre ellas. Así, los mapas geomorfológicos son herramientas útiles, que brindan conocimiento básico del terreno y permiten estructurar toda la información temática.

Para tal efecto, hay que tener en cuenta tanto los factores de generación (endógenos – geológicos y exógenos – climáticos), como la información morfodinámica, morfocronológica y ambiental (suelos, hidrología y vegetación). La información mencionada se puede desplegar mediante un mapa o se puede almacenar como atributos de éstos en una base de datos estructurada para manejarla por medio de un SIG, lo cual permite su uso de acuerdo con las necesidades y los puntos de vista de los consultores y público en general, quienes al final son los beneficiarios directos de esta información (Carvajal, 2012).

2.2.10.1. Mapas Geomorfológicos analíticos

Estos mapas proporcionan información sobre formas del relieve y procesos con énfasis en la morfogénesis y la morfocronología. Incluyen información geológica

(litológica y estructural) y son el producto de estudios geomorfológicos monodisciplinarios; se constituyen además en los mapas geomorfológicos básicos y contienen la siguiente información en orden jerárquico: morfogénesis, morfología, morfometría, morfocronología y, parcialmente, morfoestructura (litología) (Carvajal, 2012).

2.2.10.2. Mapas Geomorfológicos sintéticos

Estos mapas proporcionan una información general del terreno con base en estudios multidisciplinarios. En ese sentido, toman la información suministrada por los mapas geomorfológicos analíticos y la relacionan con otros factores del paisaje, como clima, suelos, hidrología y vegetación, según las necesidades del usuario. Adicionalmente, con el uso de las ventajas de un SIG, mediante el empleo de tablas se puede agregar información complementaria, como perfiles de meteorización, tipo de suelos y propiedades mecánicas de los materiales (Carvajal, 2012).

2.2.10.3. Mapas Geomorfológicos pragmáticos

Son los mapas producto de investigación geomorfológica, con un propósito definido, como por ejemplo evaluación de amenazas y riesgos naturales o planificación territorial. Para tal efecto, se emplea la información necesaria de los mapas geomorfológicos, tanto analíticos como sintéticos, que según Verstappen y Van Zuidam (1992) son complementarios. Mientras el mapa geomorfológico analítico define las unidades de mapeo geomorfológico y aporta información detallada, el mapeo sintético proporciona el contexto ambiental y las interrelaciones ecológicas del paisaje geomorfológico (Carvajal, 2012).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Cuenca

Depresión de la superficie terrestre, de forma y origen diversos. Puede ser exorreica (con un desagüe que permite que las aguas circulen y sean expulsadas de la) y endorreica (sin desagüe) (Lugo, 2011).

Estrato

Estrato con características suficientemente distintivas, sirve de base para la determinación de una secuencia dada. El estrato guía posee una característica particular y además posee fósiles determinantes para datar la secuencia (Dávila, 2011).

Falla Geológica

Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado "plano de falla". Las fallas son producto de esfuerzos tectónicos, producto de la epirogenesis, orogenia, diastrofismo, tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas (Dávila, 2011).

Geomorfología

Estudio de la forma de la Tierra. Ciencia geológico- geográfica que estudia las formas de la superficie terrestre (el relieve), incluso las que se encuentran cubiertas por el agua del océano, lagos, ríos y glaciares; y la superficie de los astros del Sistema Solar. El estudio geomorfológico incluye la descripción de las formas (morfología), su origen (génesis), estructura, historia de desarrollo, dinámica actual, diagnóstico a futuro y su relación con la actividad humana (Lugo, 2011).

Ladera

Porción inclinada de la superficie terrestre que delimita formas positivas y negativas. Por su aspecto puede ser: a) recta: vertical, a desplome e inclinada, respecto a un plano horizontal, ambas con una clara expresión. b) cóncava: la porción superior empinada y la inferior suave, con una base con débil expresión; c) convexa: hacia arriba suave; la pendiente aumenta hacia abajo, el piso se aprecia fácilmente; d) escalonada; e) compuesta: combinaciones de las anteriores (Lugo, 2011).

Laguna

Cuerpo de agua, natural, somero, separado del mar por franjas de bancos costeros, barras, o unión de éstas con estrechos (Lugo, 2011).

Litología

Ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas. Se podría considerar como un sinónimo de petrología (Dávila, 2011).

Plegamiento

Deformación de las rocas estratificadas, debido a los esfuerzos de compresión, a las propiedades plásticas de éstas y a las condiciones de elevada presión reinantes, tomando formas onduladas (Dávila, 2011).

Relieve terrestre

Conjunto de deformaciones de la superficie de la Tierra, consideradas en cualquier escala. Es el objeto de estudio de la geomorfología. El consiste en formas que

resultan de la interacción de los procesos endógenos y exógenos, de manera que se conjugan con la geología y la geografía física (Lugo, 2011).

Tectónica

Ciencia, rama de la geología que estudia los movimientos diferentes de la corteza terrestre por acción de los esfuerzos endógenos (Dávila, 2011).

Terraza

Superficie plana o débilmente inclinada, generalmente estrecha y alargada, delimitada por cambios bruscos de pendiente. Debe su origen a la acción del agua de un río, lago o mar que provoca un modelado (la superficie plana o rellano). Éste queda aislado del nivel base por cambios en el régimen hidrológico o por movimientos tectónicos. En esta forma, una superficie afectada por la acción erosivo-acumulativa del agua se convierte en terraza (Lugo, 2011).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación Geográfica

El área de investigación se ubica al NE de la provincia de Cajabamba y al SE del departamento de Cajamarca, perteneciente a las zonas 17S y 18S, abarca un área aproximada de 25 km² (Ver Plano N°01).

3.1.2. Ubicación Política

El área de investigación se encuentra ubicada políticamente en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajabamba, distritos de Cajabamba y Sitacocha.

3.2. ACCESIBILIDAD

Para llegar a la Microcuenca se puede ejecutar mediante dos vías las cuales son netamente caminos de herradura, las cuales se describe a continuación.

Tabla 3. Primera vía de acceso a la Microcuenca.

| Tramo 1 | Tipo de Carretera | Distancia (Km) | Tiempo (minutos) | Tipo de movilidad |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Cajabamba-Km 14 | Afirmada | 14 Km | 60 | Auto |
| Km14 - Zona de Investigación | Camino de herradura | 6 Km | 90 | A pie |

Tabla 4. Segunda vía de acceso.

| Tramo 2 | Tipo de Carretera | Distancia (Km) | Tiempo (minutos) | Tipo de movilidad |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Cajabamba-Km 10 | Afirmada | 10Km | 40 | Auto |
| Km10 - Zona de Investigación | Camino de herradura | 8Km | 120 | A pie |

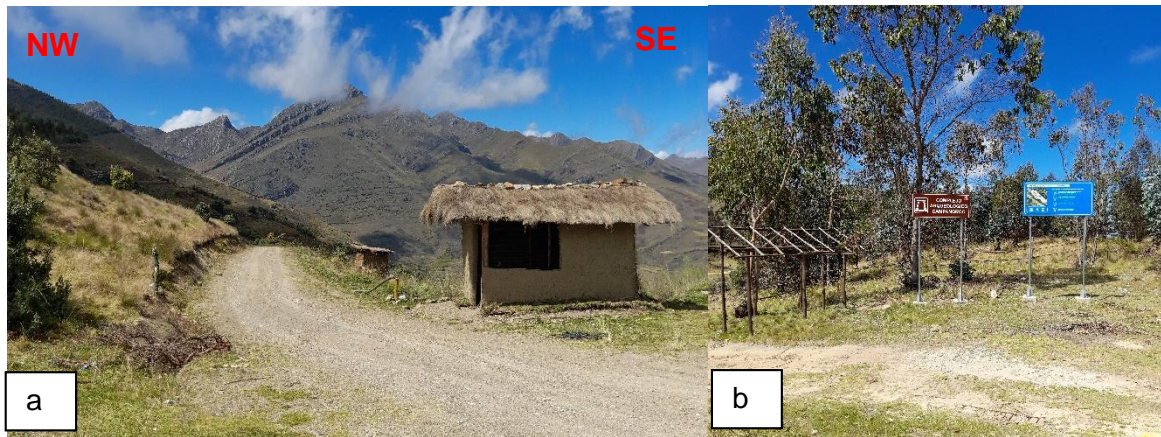


Foto 1. a. Primer tramo de acceso. b. Segundo tramo de acceso.

3.3. CLIMA Y TEMPERATURA

La provincia de Cajabamba se caracteriza por poseer en los cerros más altos superior a 4000 m, un clima - subhúmedo, seco durante el periodo otoño – invierno. Las laderas de altitudes intermedias a las antes mencionadas tienen climas templados, precipitación moderada durante el verano y secos durante otoño e invierno (Abril-Setiembre). El clima del tipo lluvioso, semifrío y húmedo, con ausencia de lluvias en otoño e invierno también corresponden a las zonas climáticas de la provincia de Cajabamba.

Las lluvias se producen durante todo el año, pero son más frecuentes en los meses que van de enero a abril. Una característica particular de las lluvias en este departamento es que presentan dos máximas, una en octubre y otra en marzo. (Sánchez y Vásquez, 2010)

Las temperaturas máximas promedio son más variables que las mínimas, y las más bajas ocurren en los meses de julio y agosto.

Para la presentación de las temperaturas se ha utilizado los datos proporcionados por el Senhami, tal como se puede apreciar en los gráficos N°01 y N°02.

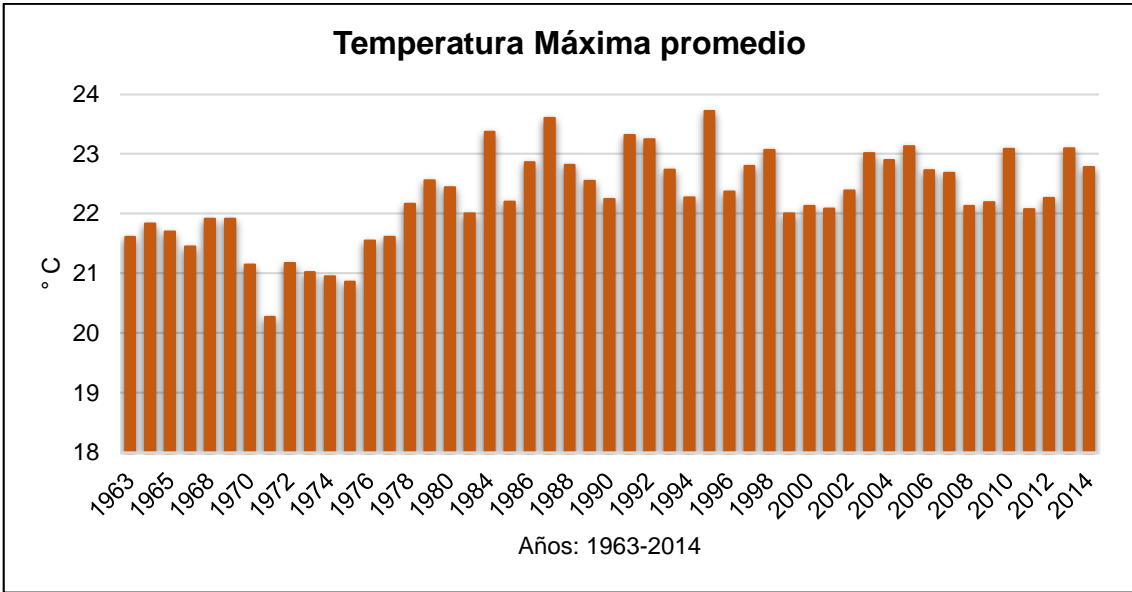


Gráfico 1. Temperatura máxima en la provincia de Cajabamba (1963-2014).

Fuente: Modificado de Senhami, 2021.

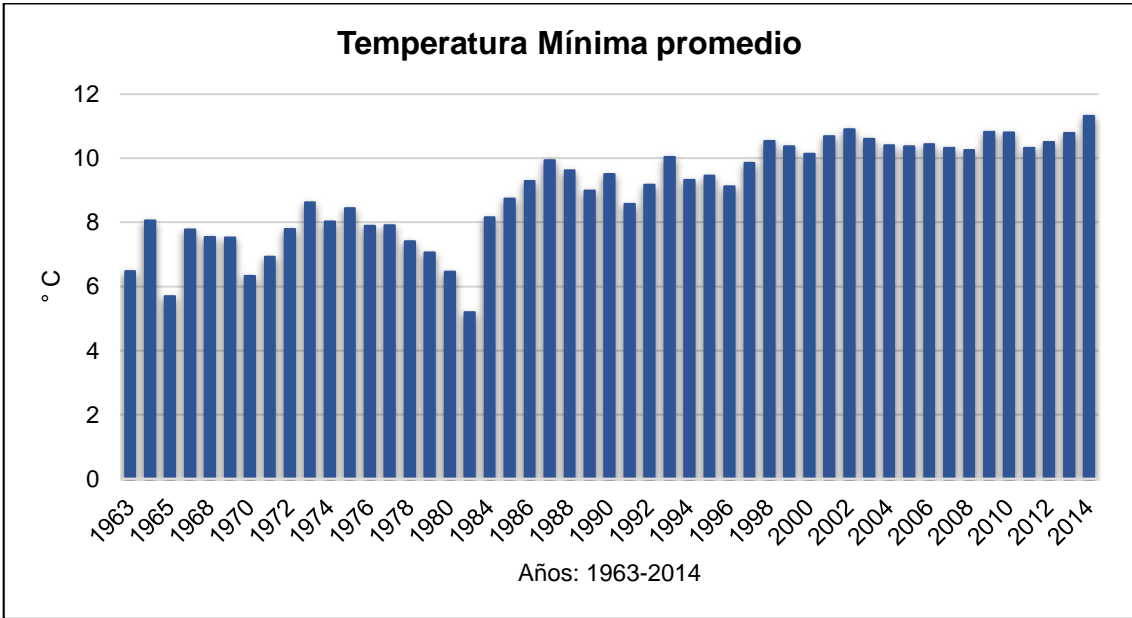


Gráfico 2. Temperatura mínima en la provincia de Cajabamba (1963-2014).

Fuente: Modificado de Senhami, 2021.

3.4. PROCEDIMIENTOS

3.4.1. Metodología

El tipo de investigación es descriptiva con diseño no experimental ya que se presenta las variables tal y como se observan en el contexto natural. El nivel y

diseño de investigación es de tipo correlacional ya que se mide la relación entre las variables.

3.4.2. Definición de Variables

Tabla 5. Variables identificadas en la Investigación

| VARIABLES INDEPENDIENTES | VARIABLES DEPENDIENTES |
|--------------------------|------------------------|
| Unidades estructurales | |
| Estratigrafía | Geología |
| Litología | |
| Unidades geomorfológicas | Geomorfología |

3.4.3. Técnicas

La ejecución de la investigación se ha desarrollado mediante las siguientes etapas:

3.4.3.1. Etapa de gabinete I

En esta etapa se recopiló la información bibliográfica de antecedentes y bases teóricas, así como el análisis de los planos topográficos, geológicos y boletines del INGEMMET correspondientes al área de investigación.

3.4.3.2. Etapa de Campo

Esta etapa comprende el reconocimiento de la zona de investigación, y la ejecución de la investigación in situ. Comprende la elaboración de la columna estratigráfica, identificación de unidades geológicas, unidades geomorfológicas.

3.4.3.3. Etapa de Gabinete II

Consiste en el procesamiento y análisis de los datos observados en la etapa de campo, asimismo en la utilización de softwares para la elaboración de planos, registros, columna estratigráfica.

3.4.4. Instrumentos y Equipos

Los instrumentos para la realización de la investigación están conformados por:

Planos Geológico a escala 1/25000, 1/100000: Se utilizan en la etapa de campo para la ubicación de las coordenadas proporcionadas por el GPS, así como para el cartografiado geológico.

Brújula tipo Brunton: equipo geológico utilizado para utilizar para medir el rumbo, buzamiento de los estratos y estructuras de la microcuenca.

Picota geológica: Se utiliza para extraer muestras petrográficas.

GPS: Permite determinar coordenadas en sistema UTM de la zona a investigar.

Libreta de Campo: Permite plasmar las principales características, apuntes necesarios de la zona de investigación.

Útiles de escritorio: Son necesarios para todas las etapas de la ejecución de la investigación, entre los cuales están: colores, lápices, plumones, etc.

Wincha 5m: Instrumento de medición utilizado para medir el espesor de los estratos de las Formaciones Geológicas identificadas.

Cámara fotográfica digital: Equipo necesario para recopilar fotografías de las actividades en la etapa de campo, por ejemplo: Unidades Geomorfológicas, estratos, etc.

Lupa 30X: Equipo necesario para el reconocimiento mineralógico y petrográfico en la litología de las Formaciones identificadas.

Protactor: Instrumento necesario para plasmar y medir rumbos y buzamientos en el plano.

Fichas: Son necesarias para identificación de unidades geológicas, estratigráficas, geomorfológicas.

Laptop: Equipo necesario para la digitalización del informe de tesis.

3.5. CONTEXTO HIDROLÓGICO

La provincia de Cajabamba cuenta con diferentes fuentes de agua: Ríos, quebradas, lagunas, manantiales, al cual se le da diferentes usos. Los ríos principales de la provincia son: El Condebamba, el Crisnejas y el Marañón, estos son alimentados por las lagunas y fuentes de agua en las partes altas de Cajabamba, dentro de las cuales destaca la Laguna Yahuarcocha.

3.5.1. Microcuenca Yahuarcocha

El sistema de la red hidrográfica en el área de investigación está emplazado sobre rocas sedimentarias del Sistema Cretácico, los cuales son influenciados por la tectónica. La Laguna Yahuarcocha se localiza en el contexto de la Cordillera Secundaria, distrito de Sitacocha, provincia de Cajabamba a una altitud de 3 600 msnm, de aproximadamente 200m de largo y 150 m de ancho. Esta laguna es la más grande de toda esta provincia.

Esta laguna constituye una fuente de agua de vital importancia ya que da origen a la Quebrada principal La Chira, que en su transcurso de aguas abajo toma la

denominación de Quebrada de Cochecorral, los ríos La Tranca o Puerta Grande, Lulicucho y Jocos, Lanla, así como al río Cajabambino, principal río de la provincia. Debido a la ubicación, la Laguna es alimentada directamente por la Cuenca Alto-Marañón V (Vásquez, 2012), y pertenece a la Cuenca Crisnejas.

Tabla 6. Datos de la Laguna Yahuarcocha.

| Nombre | Provincia | Distrito | Unidad Hidrog. | Prof. m) | Vol. (m ³) |
|--------------------|-----------|-----------|------------------|----------|------------------------|
| Laguna Yahuarcocha | Cajabamba | Sitacocha | Cuenca Crisnejas | 12 | 1402800 |

Fuente: Vásquez, C. (2012).



Foto 2. Laguna Yahuarcocha

3.5.1.2. Quebrada La Chira

Atraviesa la zona de estudio originada por la Laguna Yahuarcocha, en la zona de las cascadas toma nombre de Quebrada Cochecorral; junto de aportes secundarios de afluentes a los alrededores, desemboca en el río Cajabambino, principal río de la ciudad de Cajabamba.

3.5.1.3. Drenajes

Por las características topográficas y condiciones climáticas, la Microcuenca presenta una red hidrográfica con drenajes paralelos, los cuales según la naturaleza de los mismo se caracterizan por ser erosionales, este efecto se puede apreciar con mayor incidencia en las Cascadas que presenta la zona. (Ver Plano N°04)

3.6. CONTEXTO ESTRUCTURAL

3.6.1. Cordillera Occidental

La Cordillera Occidental, de dirección (SE-NW), constituye el límite entre las altiplanicies del Perú central y la región del piedemonte del Pacífico. La sucesión sedimentaria que aflora en ella puede ser dividida en dos sectores: en el sector occidental (Cordillera Occidental y región costanera actual) y el sector oriental (altiplanicie actual) (Jacay, 2015).

Los prototipos de las cuencas Andinas se configuraron en tiempos del Permiano superior-Jurásico, producto de la tectónica distensiva, que ocasionaron la formación de bloques hundidos y levantados; individualizando las cuencas sedimentarias que controlaron la sedimentación especialmente en tiempos del Cretáceo (León et al., 2000).

La parte oriental de esta Cordillera comprende áreas con elevaciones entre 2000 y 4200 m.s.n.m. que están fuertemente disectados por ríos y numerosos tributarios. Esta parte de la Cordillera está constituida por sedimentos mesozoicos fuertemente plegados y fallados (Wilson et al., 1964).

3.6.2. Faja Sitacocha - Sitabal

Desde Sitacocha, se extiende una faja compuesta mayormente de calizas plegadas. Esta faja constituye el borde norienta de la zona plegada. Las estructuras están mejor expuestas en este sector, donde las calizas Cretácicas forman pliegues estrechos caracterizados por ejes más o menos verticales y buzamientos altos. También existen fallas inversas de alto ángulo que ponen en contacto la Formación Farrat con el Cretácico Superior, sin embargo, el plegamiento viene a ser la deformación más importante (Wilson et al., 1964).

Esta faja se prolonga hasta la parte este del cuadrángulo de San Marcos, y es la principal ya que ha originado los plegamientos que constituyen las estructuras donde se ha emplazado la Laguna Yahuarcocha.

3.6.3. Plegamientos

3.6.3.1. Anticlinales y Sinclinales

La influencia de la tectónica es determinante, esta ha originado plegamientos y estructuras los cuales se encuentran disectados por fallas y erosionados.

Los flancos de estas estructuras plegadas se encuentran a lo largo de toda la microcuenca, están constituidos por rocas carbonatadas y silicoclásticas.

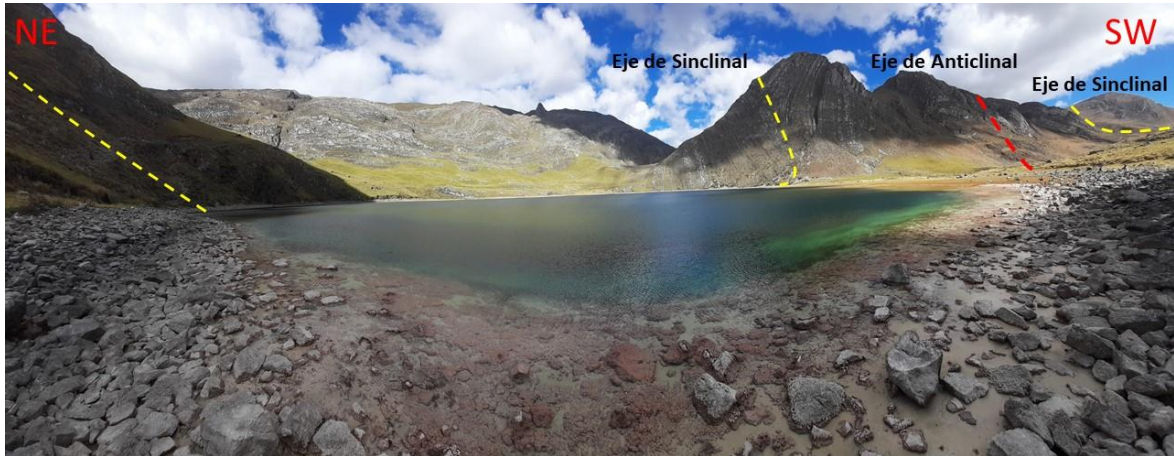


Foto 3. Cadena de sinclinales y anticlinales alrededor de la Laguna Yahuarchocha.



Foto 4. Flancos de un anticlinal emplazado en rocas silicoclásticas.

A gran escala la serie de anticlinales y sinclinales conforman un sinclinal de gran extensión que se extiende desde Chugay (La Libertad) hasta Sitacocha; la Microcuenca abarca una parte del mismo.



Figura 10. Plegamientos que circundan la Microcuenca.

Fuente: Tomado de Geocatmin, 2022.

3.7. CONTEXTO GEOLÓGICO

Geológicamente la Microcuenca se localiza en rocas sedimentarias del Sistema Cretácico, las cuales han sido influenciados por la tectónica andina, la faja de Sitacocha - Sitabal es una estructura determinante ya que han emplazado pliegues anticlinales y sinclinales, así como fracturas y diaclasas.

3.7.1. Estratigrafía y Sedimentología

La Microcuenca abarca los cuadrángulos 16 g y 16 h de Cajabamba y Patatz, respectivamente; presenta afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y Superior, que representan a las Formaciones Farrat, Inca, Chúlec, Cajamarca; Grupos Quilquiñán y Pulluicana, además de Depósitos Cuaternarios.

Las características de la Estratigrafía de la microcuenca se describen según el orden geocronológico (Plano N°07).

3.7.1.1. Grupo Goyllarisquizga.

3.7.1.1.1. Formación Farrat (Ki-f)

Esta formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretácico Inferior. Consta de areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. Suprayace con aparente concordancia a la Formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la Formación Inca (Reyes, 1980).

En la Microcuenca esta Formación se caracteriza por presentar estratos tabulares que conforman plegamientos en zonas de anticlinales y sinclinales, posee una estratificación paralela bien definida en algunos puntos de control.

Está conformado por afloramientos con estratos de espesor de hasta aprox. 50 cm en el flanco del anticlinal, se identificaron areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, en algunos puntos pequeñas intercalaciones de arcillolitas.



Foto 5. Cadena montañosa de la Formación Farrat.

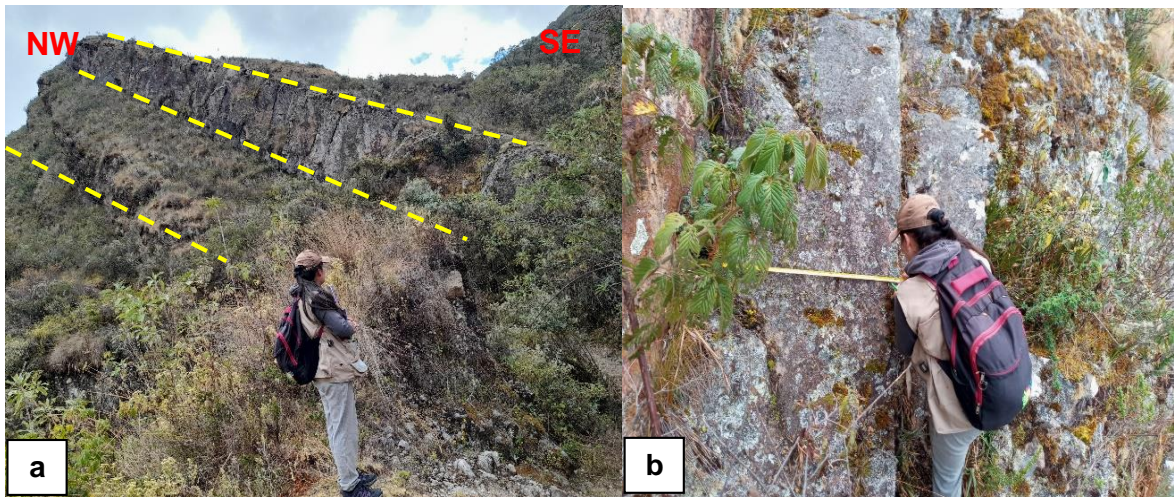


Foto 6. a. Afloramiento de la Formación Farrat. b. Midiendo el espesor de los estratos de la Formación Farrat.

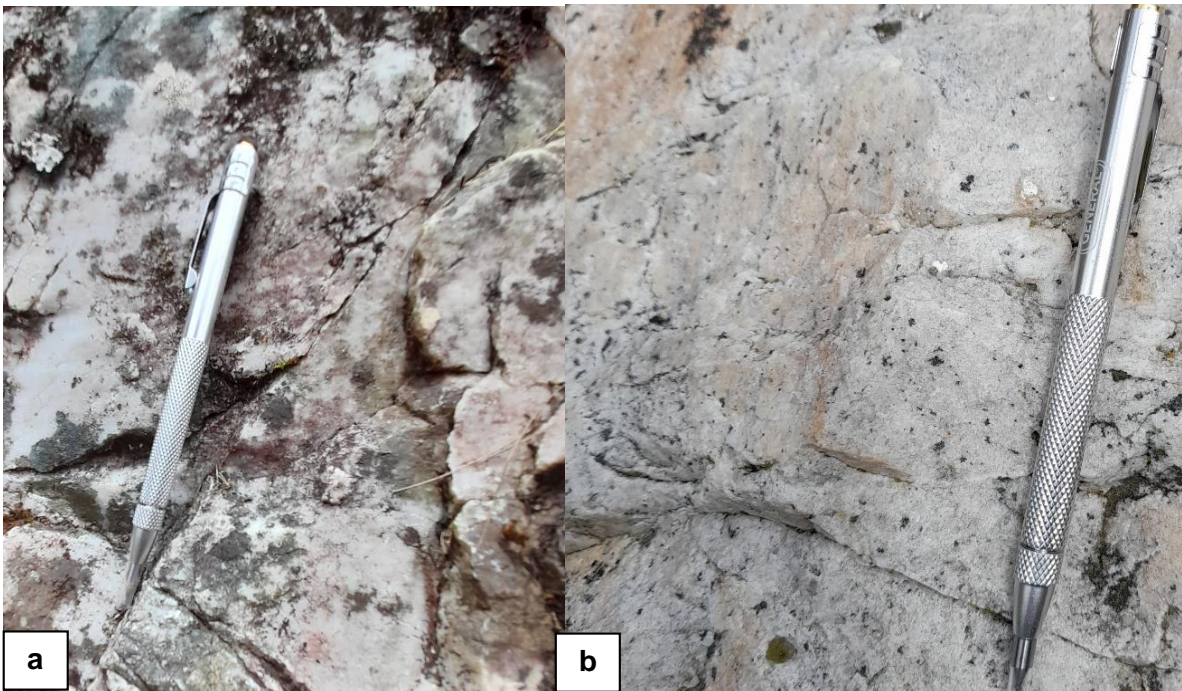


Foto 7. a y b. Areniscas cuarzosas blanquecinas de grano medio a grueso.

3.7.1.1.2. Formación Inca (Ki-i)

Esta Formación, inicialmente llamada “Capas Rojas” del Barremiano por TAFUR (1950), fue posteriormente definida por Benavides (1956) como Formación Inca, refiriéndose a los afloramientos al este de los Baños del Inca en Cajamarca.

Infrayace concordantemente a la Formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la Formación Farrat (Reyes, 1980)

En la Microcuenca la Formación Inca se caracteriza por presencia de areniscas ferruginosas de grano medio a fino, con espesor de 15 cm aprox; tanto en el techo y piso de la misma se aprecia como zonas de transición entre Formaciones.

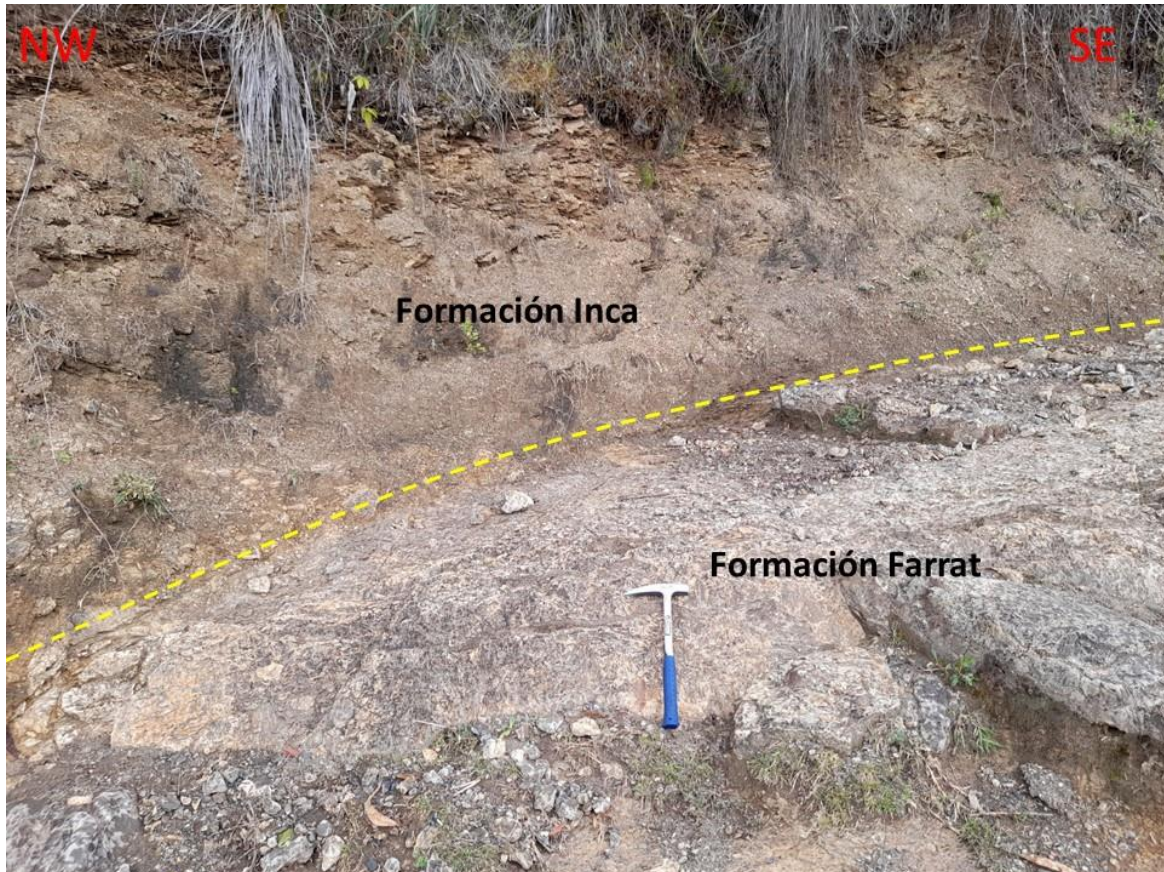


Foto 8. Contacto entre las Fms. silicoclásticas Inca y Farrat, se aprecia la zona de transición entre ambas Fms. estratigráficas.

3.7.1.2. Formación Chúlec (Ki-chu)

Esta formación fue determinada por MC LAUGHLIN (1925) y al igual que en los Andes centrales, se extiende en la zona norte del Perú suprayaciendo concordantemente a la formación Inca (Reyes, 1980).

En la Microcuenca se describe a esta unidad con una secuencia de calizas con vetillas de calcita intercaladas con limolitas, en varios puntos de control, estratos de margas de color amarillento.

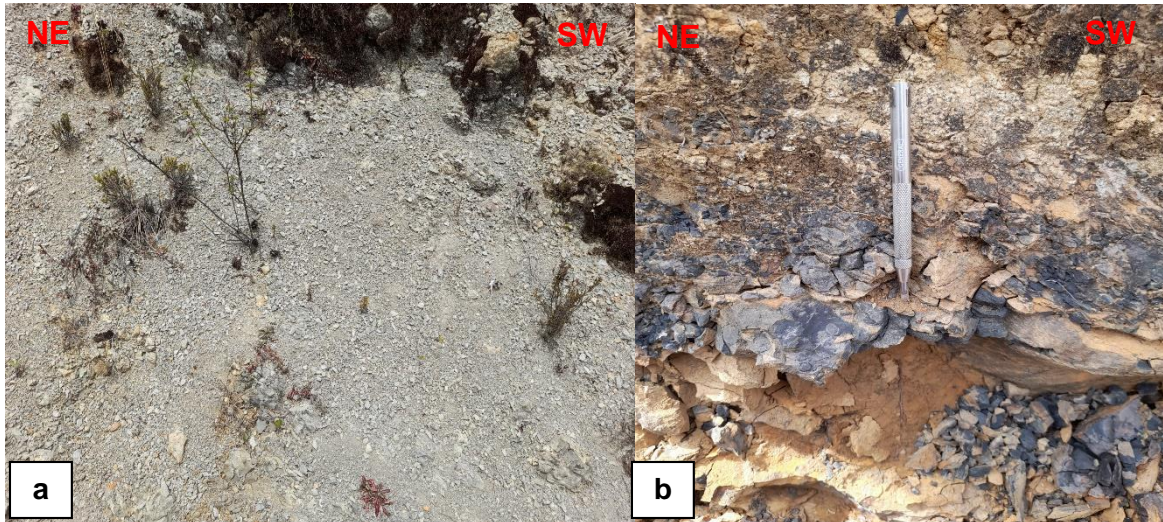


Foto 9. Presencia de limolitas carbonatadas. b. Se observa la presencia de calizas grises con intercalaciones de calizas arenosas de color amarillento.

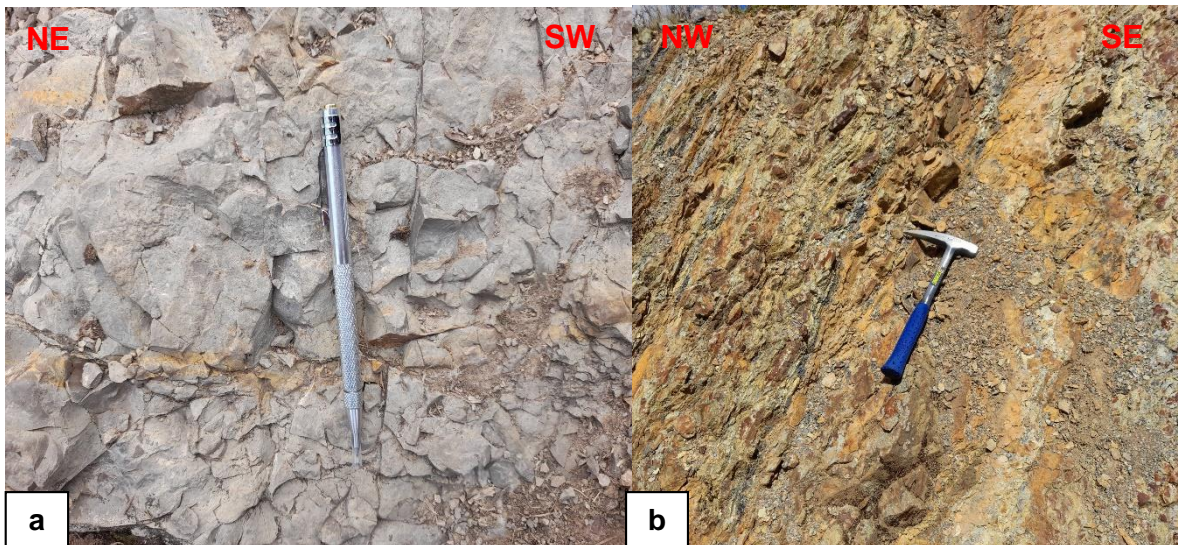


Foto 10. a. Calizas nodulosas con vetillas de calcita. b. Se observa la presencia de calizas intercaladas con margas amarillentas debido al intemperismo

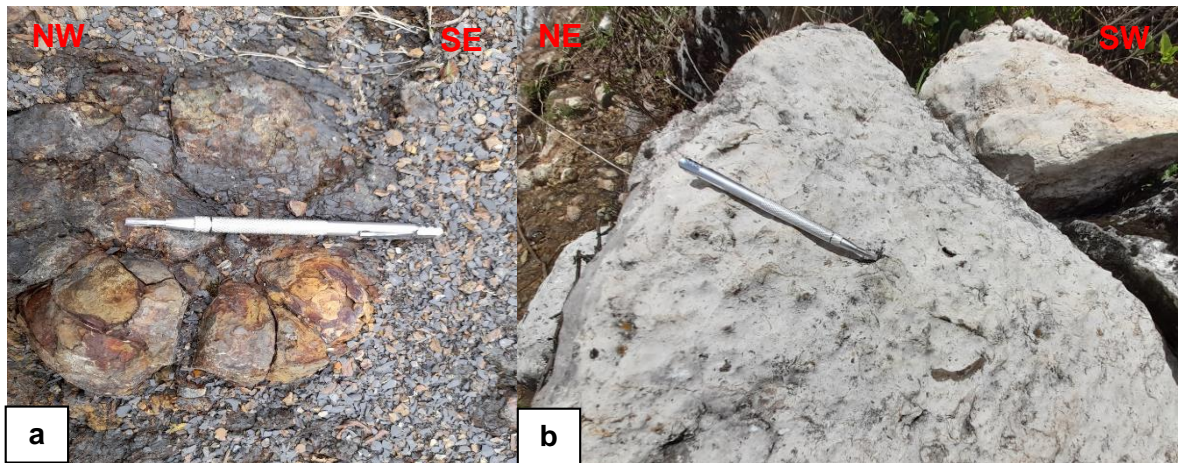


Foto 11. a. Se aprecia la presencia de estructura sedimentaria: nódulos. b. Se observa la presencia de estructuras: bioturbación en calizas.

3.7.1.3. Grupo Pulluicana (Ks-pu)

El grupo Pulluicana aflora ampliamente en los sectores noroccidentales y centrales del cuadrángulo de Pataz, donde consiste de bancos medianos a gruesos de caliza gris clara. La caliza es generalmente margosa, nodular y con abundantes fragmentos de fósiles. El grupo Pulluicana alcanza grosores considerables en la parte noroccidental del cuadrángulo de Pataz, donde las calizas forman barrancos y escarpas altas. (Wilson et al., 1964)

En la Microcuenca esta unidad está representada por calizas grises a claras en estratos gruesos estratificados, dentro de esta unidad está emplazada la Laguna Yahuarcocha, las rocas cercanas a ésta poseen un color crema a rojizo debido al intemperismo al que han sido expuestas.

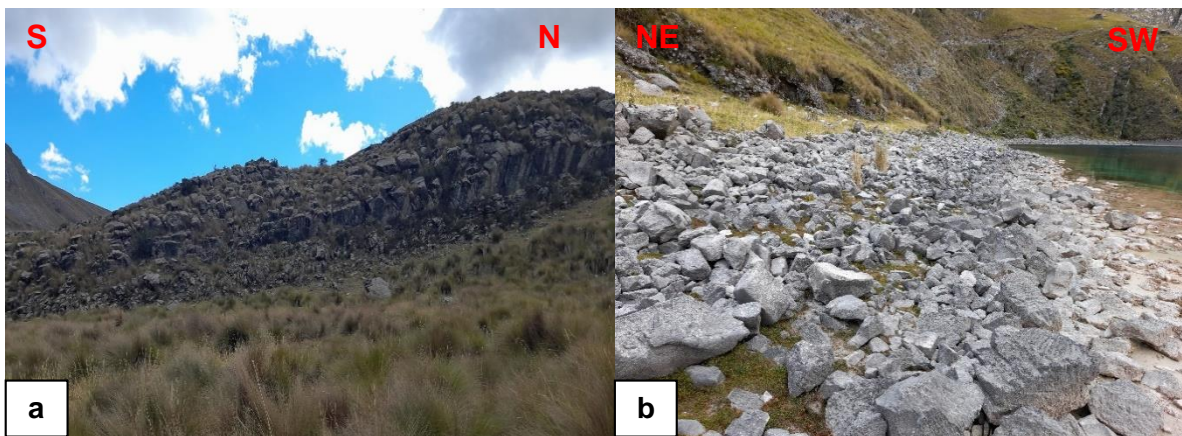


Foto 12. a. Afloramientos del Gpo. Pulluicana. b. Rocas del Gpo. Pulluicana.

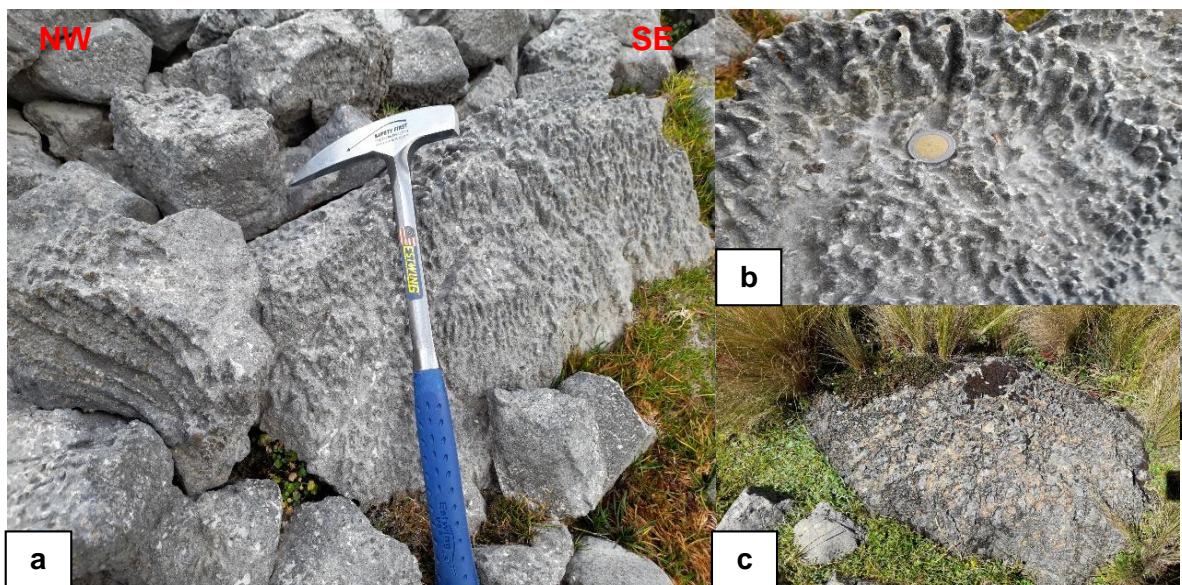


Foto 13. a, b,c: Rocas Calizas del Gpo. Pulluicana.

3.7.1.4. Grupo Quilquiñán (Ks-qu)

En el sinclinal largo y estrecho que se encuentra al Sur de Sitacocha, aflora una serie de limolitas carbonatadas, que se asignan al Grupo Quilquiñán de Benavides (1956) en base a su litología y posición estratigráfica. La litología predominante es de limolitas grisáceas o marrones, en proporciones menores se encuentran capas delgadas de areniscas y calizas marrones amarillentas, algo ferruginosas. Se estima que el Grupo Quilquiñán en el cuadrángulo de Pataz alcanza un grosor aproximado de 150 m. (Wilson et al., 1964).

En la Microcuenca esta unidad está definida por una secuencia de calizas nodulares con margas pardo-amarillentas e intercalaciones de limolitas carbonatadas, formando plegamientos que constituyen al sinclinal descrito anteriormente.



Foto 14. Se aprecia los contactos entre las unidades litoestratigráficas.

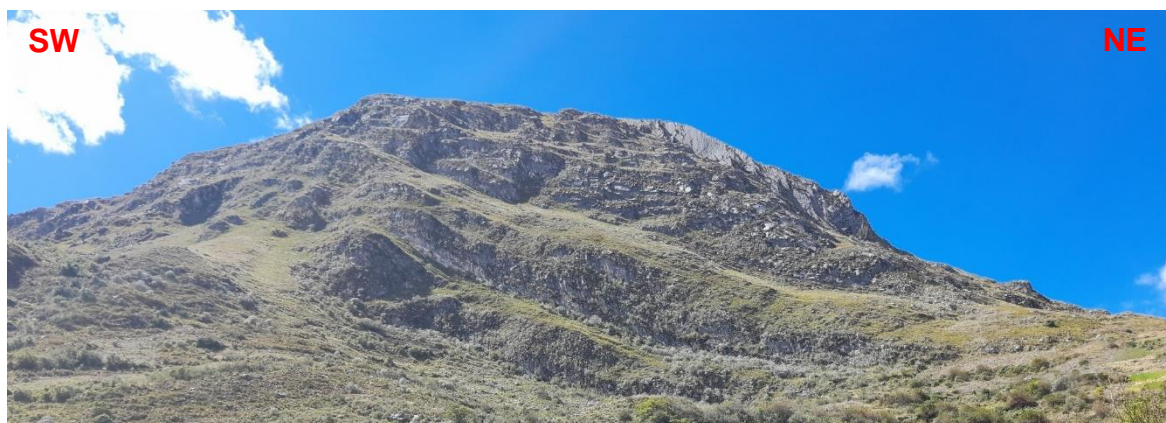


Foto 15. Se aprecia los estratos del Gpo. Quilquiñán.

3.7.1.5. Formación Cajamarca (Ks-ca)

La Formación Cajamarca, nombre dado por Benavides (1956), corresponde a una de las secuencias carbonatadas del Cretácico Superior que más destaca topográficamente, por su homogeneidad litológica y ocurrencia en bancos gruesos y duros, cuyos afloramientos exhiben una topografía kárstica con fuertes pendientes y en muchos casos barrancos de paredes inaccesibles. Su grosor varía entre los 600 m. y 700 m. (Reyes, 1980).

En la Microcuenca esta unidad se caracteriza por presentar bancos gruesos de calizas grises con espesores que varían desde 20 cm incluso hasta 70 cm, forman el flanco de un sinclinal.

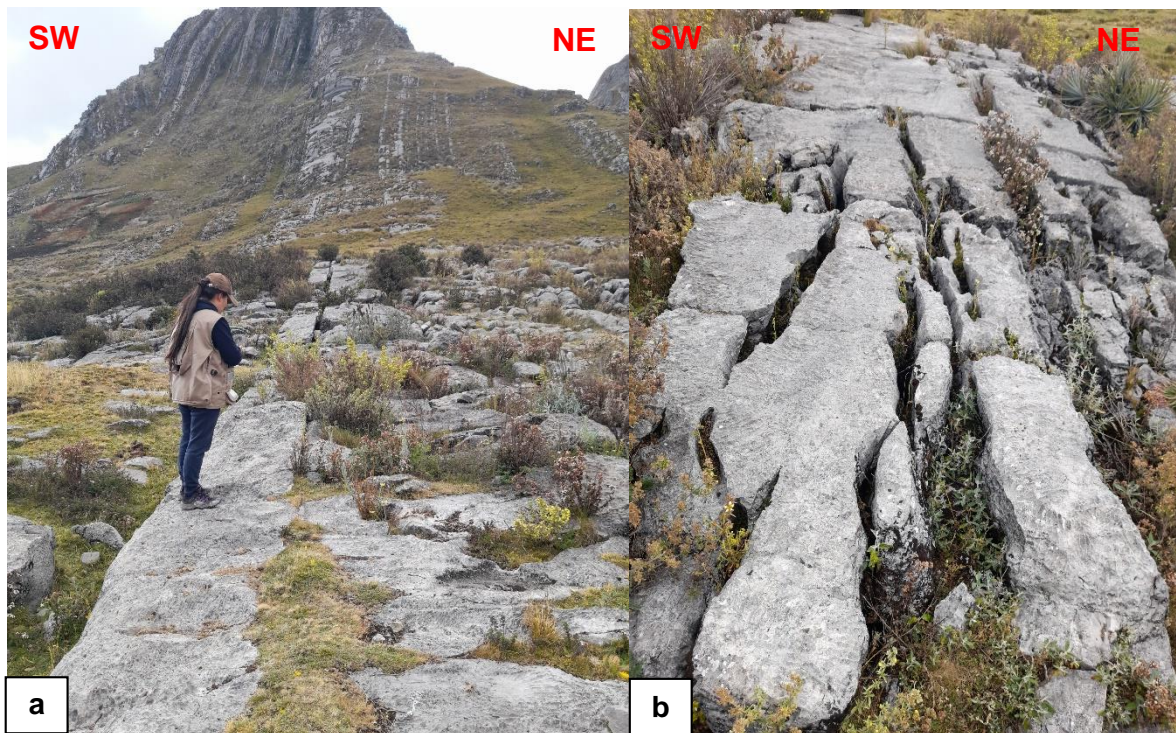


Foto 16. Se aprecia los afloramientos de estratos tabulares de la Fm. Cajamarca.



Foto 17. Se aprecia la acción de las precipitaciones en la litología de esta unidad estratigráfica.

3.7.1.6. Depósitos Cuaternarios

Estos depósitos sobreyacen a las unidades descritas anteriormente. En la Microcuenca se ha identificado depósitos lagunares, aluviales, coluviales, fluviales.

3.7.1.6.1. Depósito Lagunar (Q-la)

Son productos de la erosión de la Laguna sobre las rocas carbonatadas del Grupo. Pulluicana, se presentan en bancos subhorizontales, el material es de tipo fino arcilloso.

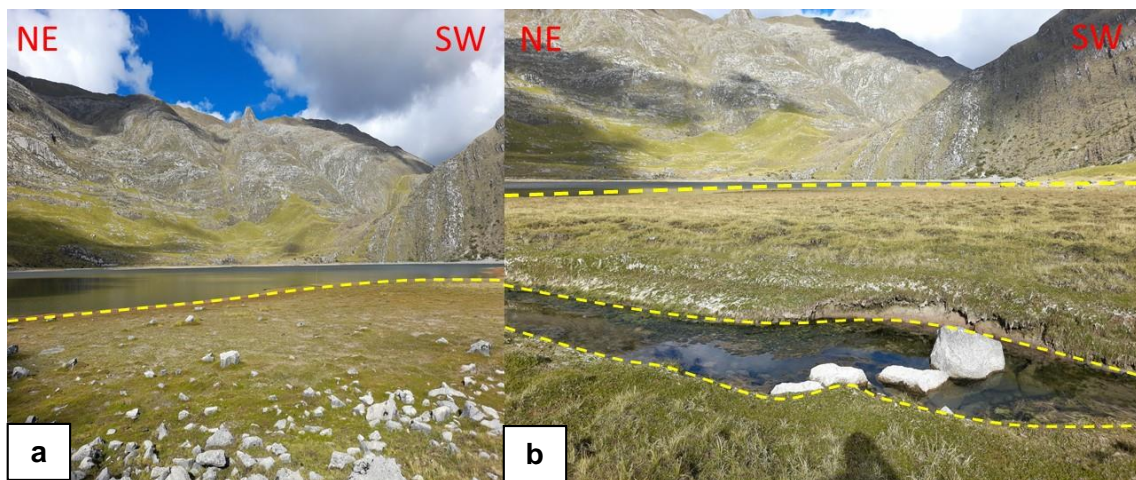


Foto 18. a.b: Depósito lagunar emplazado en las rocas carbonatadas del Gpo. Pulluicana.

3.7.1.6.2. Depósito Coluvial (Q-cl)

Estos depósitos se caracterizan por ser ocasionados por el desprendimiento in situ de los macizos rocosos a lo largo de las laderas. Tienen matriz areno limoarcillosa. En la Microcuenca se ha identificado depósitos coluvio-glaciares, probablemente se hayan formado en las glaciaciones ocurridas al sur de Huamachuco y corresponden a vestigios puntuales, están constituidos por acumulación de gravas, arena-arcillosas presentes en lomas alargadas en la parte intermedia de la Microcuenca.

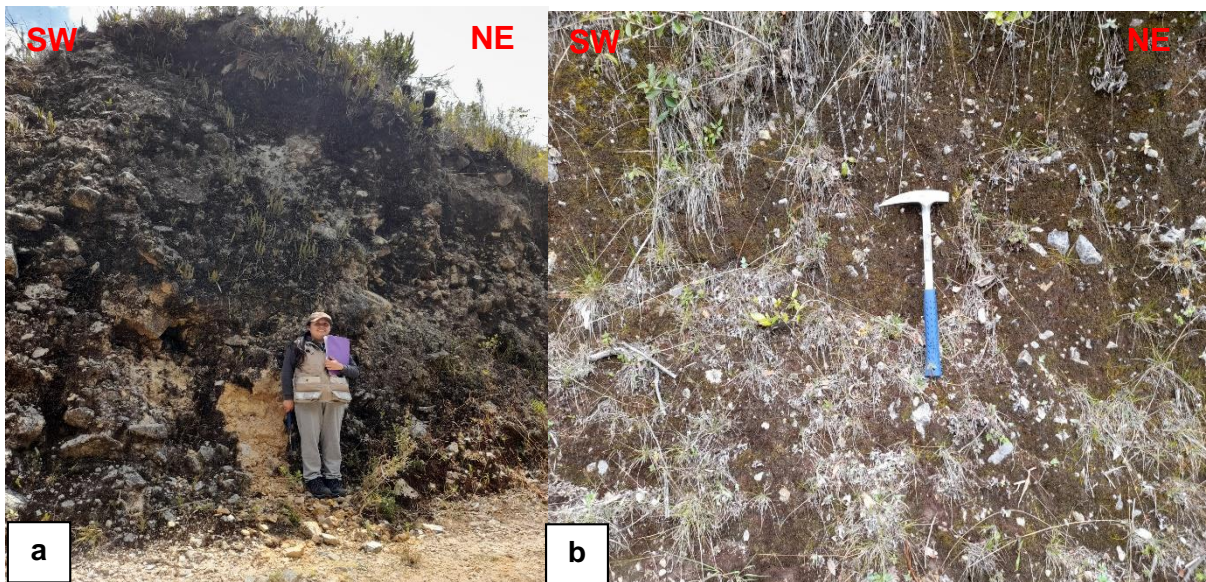


Foto 19. a. Se aprecia un depósito coluvio-glaciar. b. Depósito coluvial.

3.7.1.6.3. Depósito Aluvial (Q-al)

Estos depósitos son producto del transporte de detritos por acción del agua. En la Microcuenca se ha identificado estos depósitos los cuales están caracterizados por poseer una matriz arcillosa ocupando geoformas como planicies y abanicos.

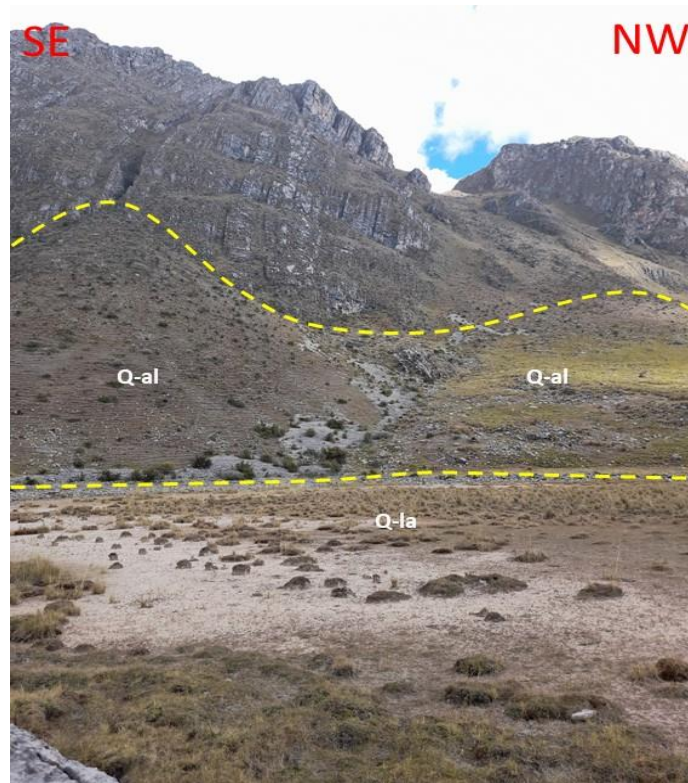


Foto 20. Se aprecia los depósitos coluvio-aluvial formando geofomas, además del depósito lagunar ubicado en la parte inferior.



Foto 21. En la parte inferior se aprecia que el Depósito Cuaternario se ha formado como una llanura aluvial.

3.7.1.6.4. Depósito Fluvial (Q-fl)

Constituyen depósitos depositados por el agua, está conformado por gravas, bloques, arcillas, arenas.

En la Microcuenca se encuentran en los márgenes de la Quebrada principal.

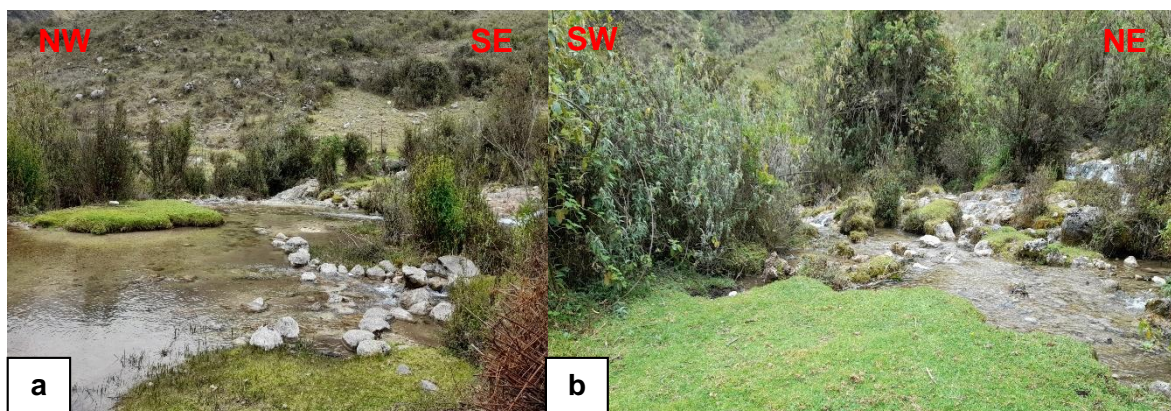


Foto 22. En a y b se aprecia el principal Depósito fluvial formado aguas debajo de la Laguna.

3.8. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

La cordillera de los Andes cruza a la provincia de Cajabamba en dirección de S-N, destacándose una cadena de cerros de gran altura hacia el E, que poseen una dirección de S a N, esta es la cordillera Occidental; de este Cordillera se desprende una más oriental que presenta los picos más altos como el Vira Vira y el Rima Rima. La Microcuenca posee una configuración accidentada y denudada por procesos de erosión.

3.8.1. Áreas Glaciadas

Las indicaciones de glaciación en la Cordillera Occidental son menos impresionantes, pero hay muchos sitios donde se encuentran pequeños valles glaciares y abundantes circos. Los ejemplos más accesibles se notan en los cerros calcáreos que quedan en el límite occidental del cuadrángulo de Pataz y se aprecian perfectamente de la carretera Huamachuco - Cajabamba. Los cerros están cortados por valle en forma de U y éstos están asociados con morrenas glaciares bien desarrolladas, claramente visibles desde la carretera. (Wilson et al., 1964)

Según Reyes (1980), el área de estudio se encuentra emplazada en una zona donde podría afirmarse que existen algunos vestigios de glaciaciones sobre todo

en las partes más altas, constituidos por los cerros de las rocas carbonatadas, también afirma que dichas glaciaciones tuvieron su desarrollo y recesión durante el Pleistoceno, sin embargo, la glaciación más reciente del Cuaternario alcanzó las cumbres más altas ubicadas al sur de la Microcuenca.

3.8.2. Unidades Geomorfológicas

En esta investigación se ha clasificado las unidades geomorfológicas según el criterio morfogenético.

3.8.2.1. Unidades Geomorfológicas por ambiente Glaciar

La Microcuenca ha sido influenciada por procesos derivados del cambio de temperatura, tales como gelifracción, agrietamientos en rocas, esto produce erosión intensa que ha ocasionado el movimiento de masas de hielo en zonas de alta montaña ubicadas en zonas aledañas durante las épocas glaciares, estas han contribuido los procesos de erosión en las geformas de la zona asimismo estas unidades geomorfológicas representan vestigios de los procesos de glaciación.

3.8.2.1.1. Canchales

Son capas o mantos de roca los cuales están originados por derrubios, estos se encuentran en la parte media a baja de las laderas, la ruptura se produce por procesos de meteorización como crioclastia.

En la Microcuenca se ha identificado estas unidades en la parte alta de la microcuenca circundante a la Laguna, estas rocas pertenecen en su mayoría al Gpo. Pulluicana.

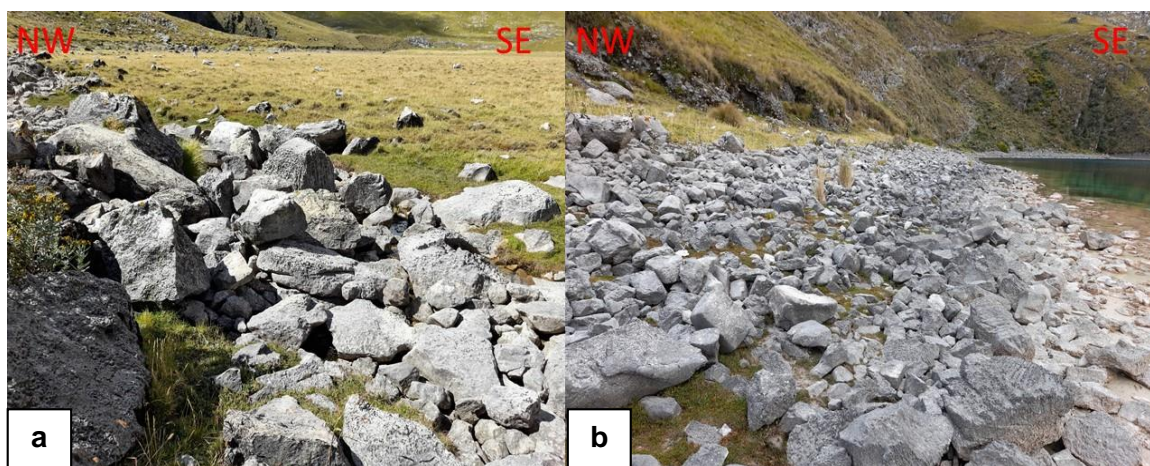


Foto 23. En a y b se aprecian las geformas denominadas Canchales, estas unidades se encuentran en las partes altas de la zona, circundante a la Laguna.

3.8.2.1.2. Cono de Derrubios

Las unidades identificadas en la Microcuenca corresponden a procesos hidrogravitacionales, posee una pendiente alta sin embargo el volumen transportado no implica algún efecto en la Laguna.

Estas acumulaciones detríticas son originadas por la fragmentación de las rocas debido a procesos de gelifracción y criostático y posteriormente interviene el proceso gravitacional, están relacionados con los canchales lo cual se puede apreciar en la Microcuenca.

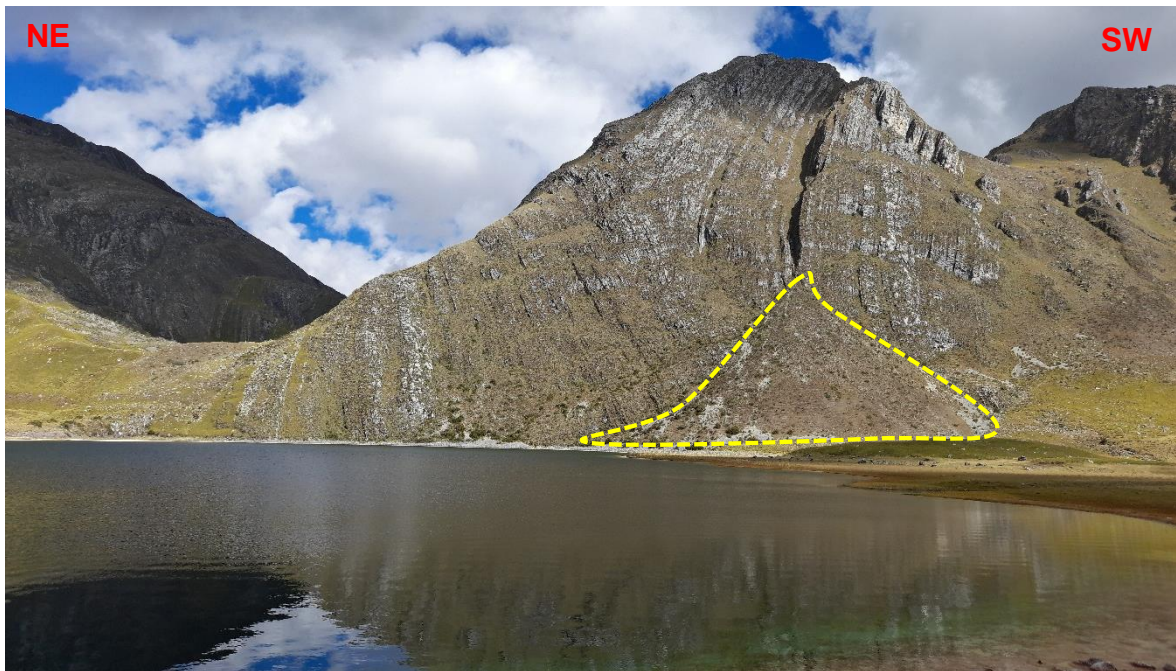


Foto 24. Geoforma denominada Cono de Derrubio en material carbonático en cerros circundante a la Laguna.

3.8.2.1.3. Rocas Aborregadas

Según De Pedraza, (1996) estas unidades constituyen resaltes rocosos propios del lecho basal, que han experimentado fuerte abrasión. En la Microcuenca se aprecian puntos específicos donde las rocas tienen ese aspecto aborregado.



Foto 25. Rocas aborregadas en las cuales se observa la acción de la abrasión.

3.8.2.1.4. Bloques erráticos

Se denominan a bloques de tamaño grande que se encuentran aislados generalmente, se encuentran sobre llanuras o colinas. En la Microcuenca se han identificado algunas de estas geoformas.



Foto 26. Bloque errático de composición carbonática.

3.8.2.1.5. Morrenas

Las morrenas son acumulaciones de material de todo tipo de procedencia, poseen heterogeneidad en su consistencia. En la Microcuenca estas unidades se ubican en las partes bajas de los cerros que conforman la cadena montañosa.

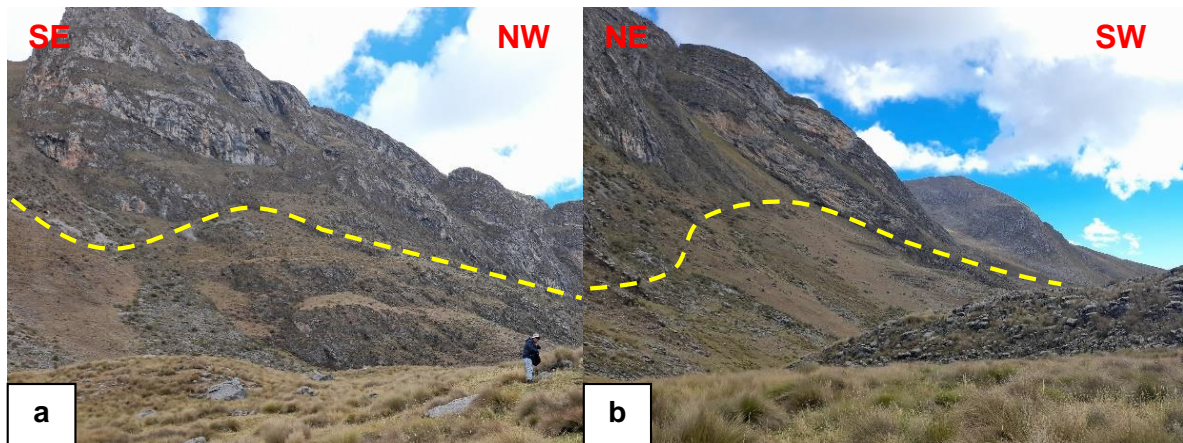


Foto 27. En a y b se aprecian Morrenas formadas en la parte baja de los cerros de la cadena montañosa.

3.8.2.1.6. Laguna

El emplazamiento de esta unidad obedece a diversos factores entre los cuales se encuentra el ambiente glaciar, seguido de los demás ambientes que le han dado la configuración hasta la actualidad (Ver Tabla 6).



Foto 28. Vista panorámica de la Laguna Yahuarcocha

3.8.2.1.7. Laderas glaciadas

Las laderas que circundan la Laguna, se puede apreciar la acción de la glaciación.



Foto 29. Se aprecia la acción de la glaciación en las laderas cercanas a la Laguna.

3.8.2.2. Unidades Geomorfológicas por ambiente Morfoestructural

Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes. (Robertson et al., 2014)

En la Microcuenca, la mayoría de las geoformas de este ambiente están relacionadas con el levantamiento de la Cordillera Occidental, la cual ha originado la Faja Plegada Sitacocha – Sitabal, además de los factores estructurales, los cuales se caracterizan por su relieve montañoso.

Los rasgos morfoestructurales están representados por unidades bien pronunciadas a lo largo de la Microcuenca, las cuales forman toda la zona de estudio. Se ha identificado anticlinales, sinclinales tanto en rocas carbonatadas como en rocas silicoclásticas con dirección S-N; estas unidades han sido descritas en el apartado 3.6. Además, se ha identificado otras morfoestructuras.

3.8.2.2.1. Montañas

La montaña es el componente de cualquier cadena montañosa y se define como: una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel. (Villota, 2005)

Estas unidades presentan una cadena de montañosa de cerros, entre ellos los más representativos Rupayshitana, Corazón los cuales poseen alturas superiores a los 3500 metros.

Es allí donde se encuentra emplazada la Laguna Yahuarcocha que junto a factores estructurales, litológicos, geomorfológicos ha originado el modelado de disección en la cadena montañosa, influenciando en las unidades identificadas aguas debajo de la Laguna

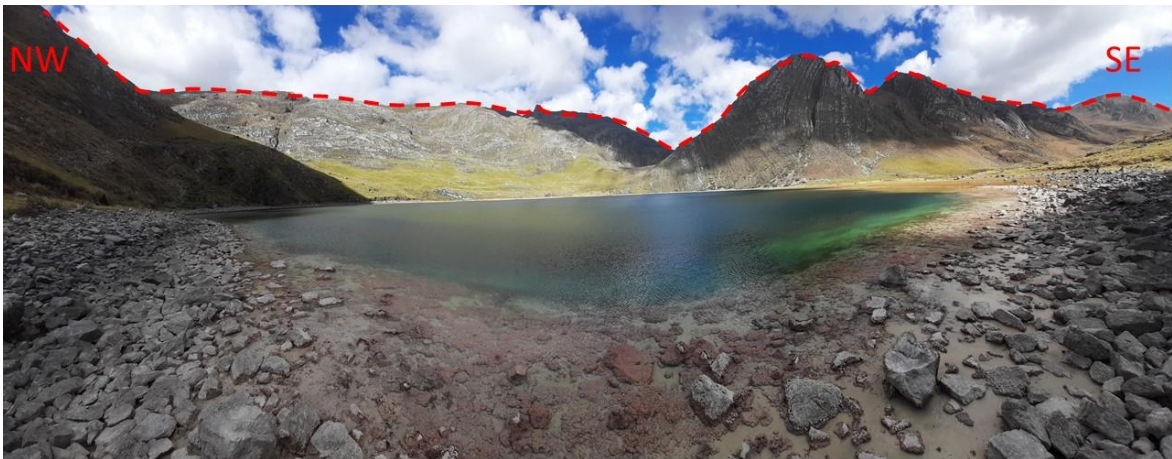


Foto 30. Cadena Montañosa ubicada en el margen posterior de la Laguna Yahuarcocha.

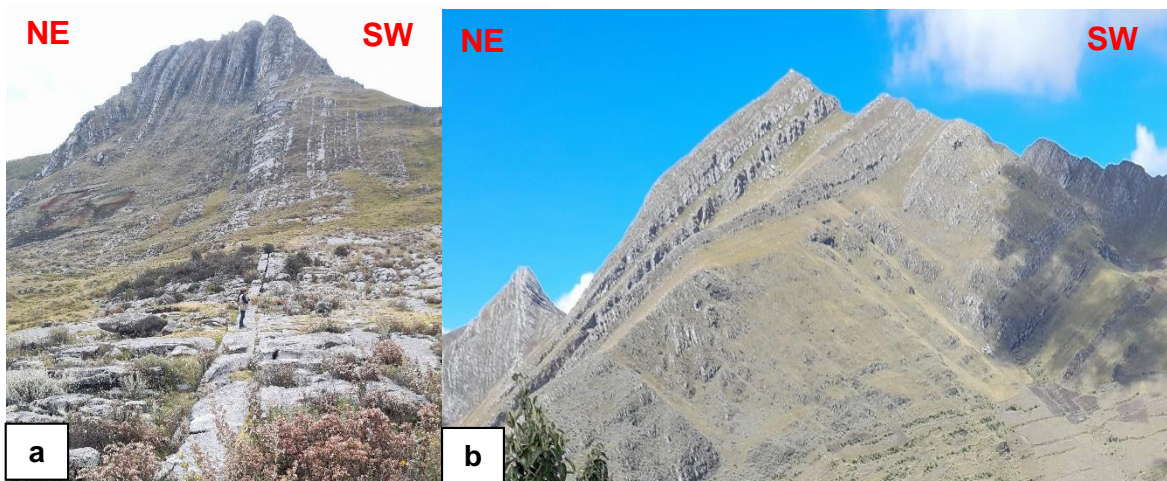


Foto 31. a. Se aprecia el cerro Totorilla, esta unidad morfoestructural ha sido modificada por procesos denudacionales como se observa en la parte inferior. b. Unidades morfoestructurales plegadas formadas por cerros corresponden al área de emplazamiento

3.8.2.2.2. Cerros

La Microcuenca se caracteriza por presentar estas unidades en las partes más altas de la microcuenca, de composición carbonatada, se aprecia la acción de la tectónica, erosión y glaciación en el modelado de los mismos.



Foto 32. Se aprecia los cerros Rupayshitana y Corazón, cerros representativos, estas unidades corresponden a los flancos de un sinclinal cuyo eje intersecta a la Laguna.

3.8.2.3. Unidades Geomorfológicas por ambiente Denudacional

Se ha identificado las unidades propias de este ambiente donde predominan los procesos exógenos relacionados con el grado de meteorización, erosión y pendiente los cuales han moldeado y originado las unidades a continuación descritas.

3.8.2.3.1. Colinas

Elevación natural del terreno de menos desnivel que una montaña menos de 300 m cuyas laderas representan una inclinación promedio superior a 16% y divergen en todas las direcciones a partir de la cima relativamente estrecha siendo su base aproximadamente circular (Villota, 2005)

Las colinas se caracterizan por presentar formas redondeadas y poseer una pendiente mayor que las laderas, en la Microcuenca las unidades identificadas varían sus pendientes de acuerdo a donde se encuentran emplazadas, identificando estas unidades con más pendientes en estructuras plegadas y con menor pendiente en zonas que son afectadas por procesos erosivos, las litologías donde se han identificado son variables y en algunos casos poseen depósitos coluviales, su topografía varía de regular a irregular, como se aprecia en las fotos N°33 y N°34.



Foto 33. Colina emplazada en material silicoclástico; se aprecia su forma convexa y redondeada típica de este tipo de unidades geomorfológicas.



Foto 34. Colinas identificadas corresponde a zonas fuertemente plegadas.

3.8.2.3.2. Lomas

Las lomas poseen similar altura que las colinas (menos de 300 metros) pero con cimas más amplias redondeadas y alargadas (Villota, 2005).

En la Microcuenca se ha identificado en algunos puntos de control estas geofomas tal como se aprecia en las Fotos N°37 y 38.



Foto 35. Loma con el relieve característico redondeado y alargado.



Foto 36. Se observa el relieve de tipo convexo y alargado de la unidad geomorfológica debido a procesos denudativos y erosivos además de la infiltración.

3.8.2.3.3. Laderas

Una ladera implica un declive, dichos desplazamientos ocurren a favor del sentido de la pendiente a causa de la acción de la fuerza por gravedad, los cuales están constituidos por numerosas superficies de erosión bordeando al dominio de las montañas, colinas y depresiones (quebradas -barrancos); poseen diversas extensiones con pendientes que van desde 8-16%. (Quispe, 2015)

Estas unidades se encuentran en las diferentes formaciones geológicas de la Microcuenca.

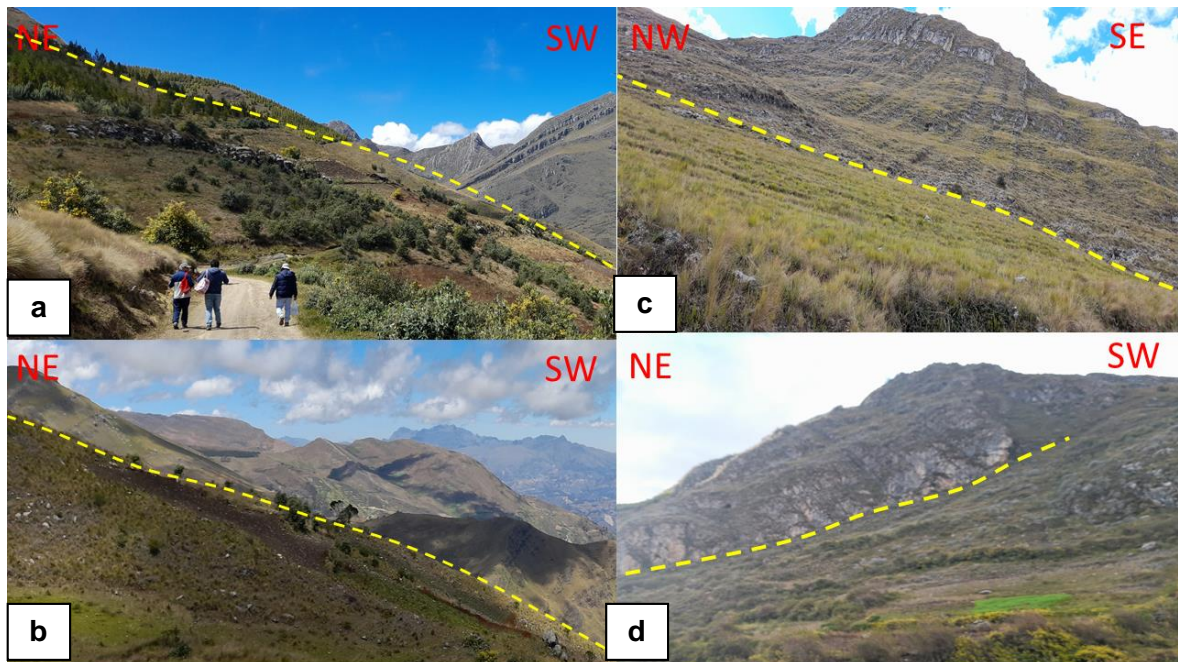


Foto 37. a y b Laderas de longitud larga con un perfil topográfico rectilíneo inclinado c. Ladera identificada en el margen izquierdo de la Laguna Yahuarcocha vista aguas abajo. d. Ladera observada en el flanco derecho de la Laguna observada aguas abajo.

3.8.2.3.4. Planicies

Corresponden a porción de terreno extensa, plana, no confinada, de posición baja, con poca energía de relieve (1-10 m de diferencia de altura relativa) y pendientes suaves, generalmente menores a 3%. (Zinck, 2012)

Estas unidades han sido originadas por procesos erosivos, forma parte del valle formado aguas debajo de la Laguna Yahuarcocha.



Foto 38. Se aprecia la unidad identificada aguas abajo de la Laguna, se ha formado productos de procesos erosivos.

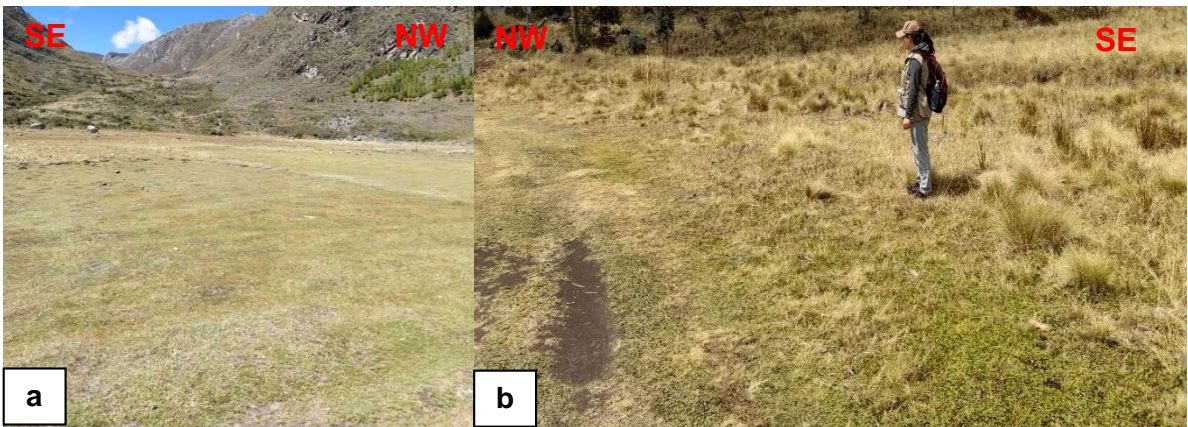


Foto 39. a. Planicie identificada aguas abajo de la Laguna Yahuarcocha. b. Planicie identificada se aprecia junto a una loma.

3.8.2.3.5. Cárcavas

Estas geoformas se han identificado en la parte baja de la Microcuenca, en los cerros de rocas carbonatadas y silicoclásticas, la acción erosiva y del agua han originado el modelado de estas unidades.

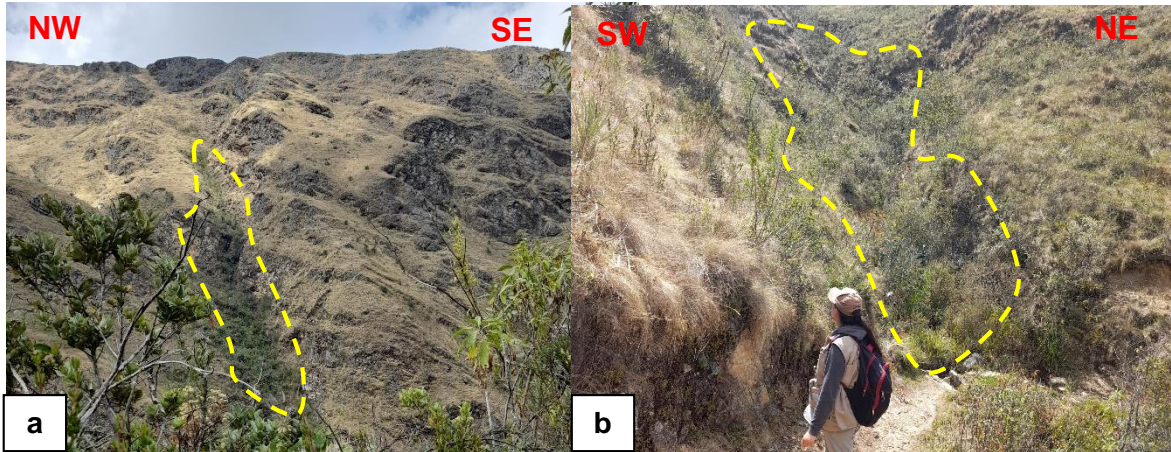


Foto 40. En a y b se observan Cárcavas formadas en rocas silicoclásticas.

3.8.2.4. Unidades Geomorfológicas por ambiente Fluvial

Las geoformas de origen fluvial son el producto de la dinámica de las corrientes en superficie, erosionando, transportando y acumulando el producto de su accionar en zonas aledañas a su recorrido a través del tiempo (Robertson et al., 2014).

3.8.2.4.1. Terrazas

Corresponden a zonas producto de la erosión y transporte del agua que juntamente con la gravedad dan origen a la formación de esta unidad.

En la Microcuenca se han identificado que el principal factor desencadenante es la acción erosiva y la acción del agua modelando el relieve característico.



Foto 41. Terraza formada por la erosión y transcurso del agua.

3.8.2.4.2. Valles

Constituye una porción de terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve más alto. Un valle está generalmente drenado por un solo río. Son frecuentes las confluencias de corrientes de agua. (Zinck, 2012)

Los valles presentes en la zona investigada están determinados por diferentes factores tectónicos, litológicos, erosivos, que han modelado estas geoformas además han sido fuertemente determinados por la red fluvial de la zona.

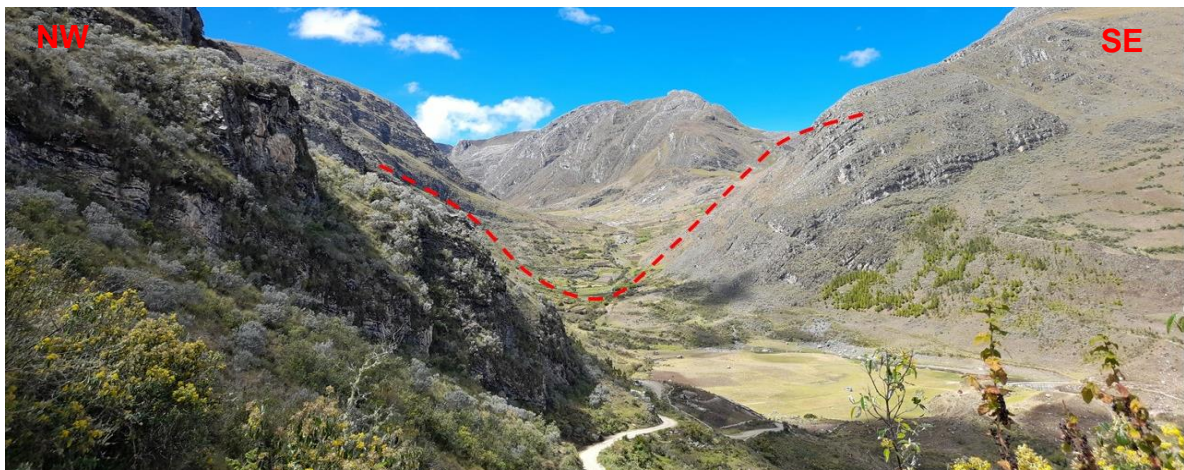


Foto 42. Se observa el emplazamiento de un valle coluvio-aluvial en forma de U el cual está drenado por la Qda. Cochechorral.

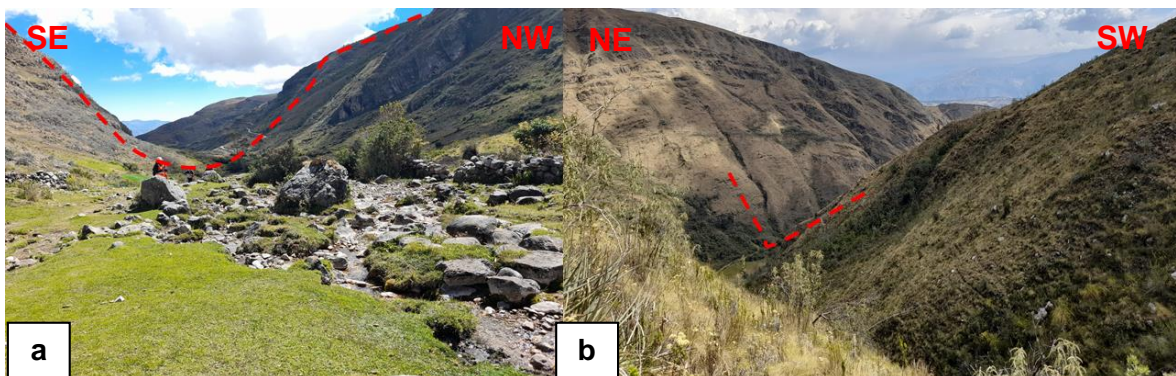


Foto 43. a. Se observa el transcurso de las aguas de la Laguna Yahuarcocha las cuales dan origen a la Quebrada Chira, la cual aguas abajo toma la denominación de Qda. Cochechorral que influyen en la formación del valle. b. Valle en forma de V, forma típica.

3.8.2.4.3. Cascadas

Lugar donde el lecho de una corriente forma un escarpe que provoca la caída libre del agua. (Lugo, 2011)

Constituyen a tramos de los cursos fluviales donde por desniveles el agua cae por efectos de la gravedad.

En nuestra zona de estudio estas unidades han modelado un paisaje característico y representativo de la zona, se encuentran emplazadas tanto en rocas carbonatadas y silicoclásticas.



Foto 44. Se aprecia las cascadas originadas por el curso de la Quebrada Cochecorral.



Foto 45. a. Vista de las Cascadas de Cochecorral (al fondo). b. Se observa los escalones que caracterizan a esta unidad originadas por el curso del agua

3.8.2.4.4. Pilancones o Marmitas de Gigante

Constituyen pozos naturales que se forman en un lecho rocoso por los movimientos de rotación del agua con material rocoso. Se originan al pie de las cascadas, en los remolinos, en los nichos de valles glaciares y en las costas marinas. En sentido transversal pueden alcanzar varios metros (Lugo, 2011).

Estas cavidades se pueden observar en lo largo del recorrido de las cascadas donde el factor determinante es el drenaje.

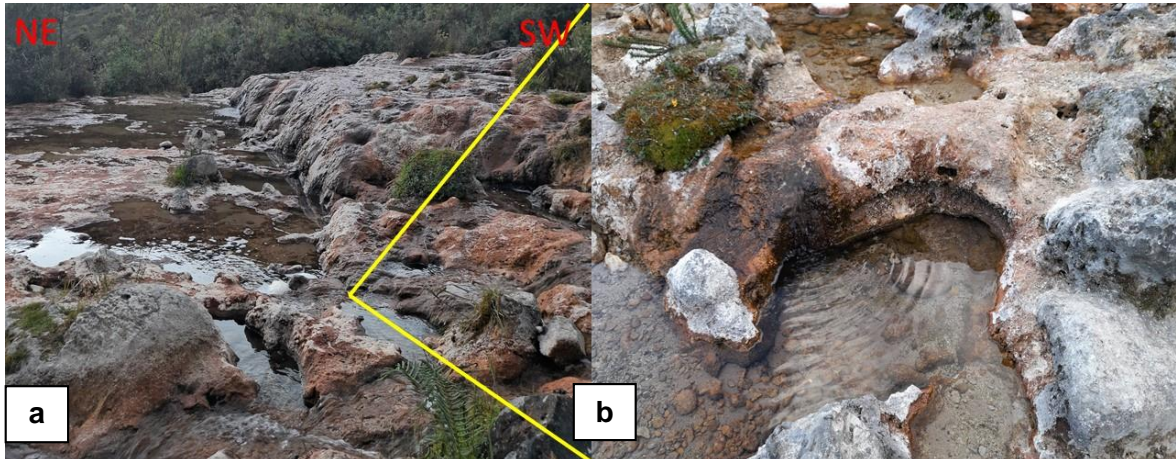


Foto 46. En a y b se aprecian marmitas en el transcurso de las cascadas las cuales han sido originadas principalmente por la acción del drenaje.

3.8.2.5. Unidades Geomorfológicas por Meteorización Química

Este tipo de unidades se encuentra controlado por procesos de disolución de rocas generando erosión química por disolución en rocas carbonatadas generando relieves cársticos y en rocas silicoclásticas generando relieves pseudocarst (Zinck, 2012).

Las unidades identificadas en nuestra zona de estudio han sido influenciadas por factores exógenos y endógenos en las rocas.

3.8.2.5.1. Meteorización química en Rocas Carbonatadas

Lapiáz o Lenares

Estas unidades han sido originadas por procesos de meteorización en las rocas carbonatadas de la Formación Cajamarca, la acción fluvial de los drenajes locales y precipitación en la zona han desencadenado en el modelamiento de los mismos.

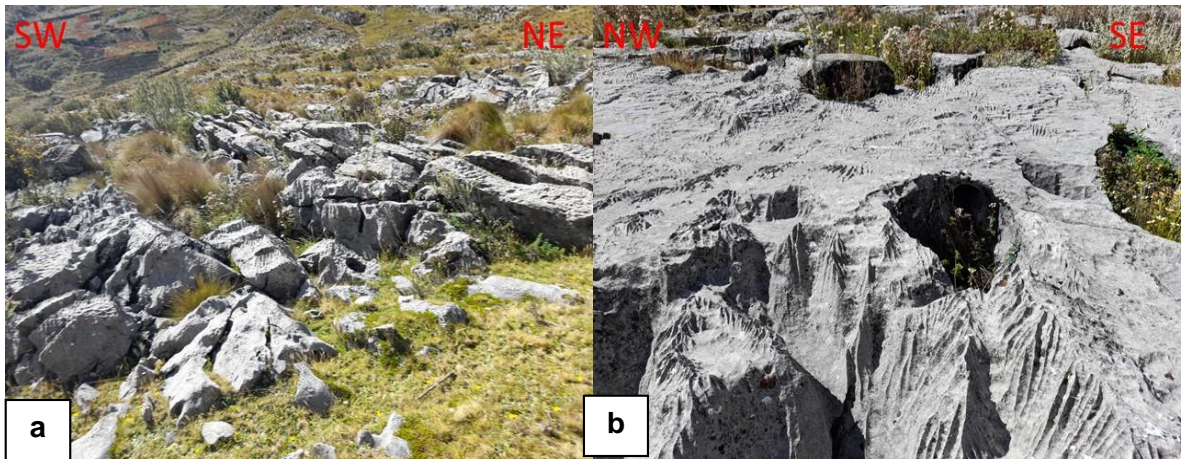


Foto 47. a, b. Corresponden a la identificación de lenares en la Fm. Cajamarca.



Foto 48. Se observa la acción del agua sobre la roca.

3.8.2.5.2. Meteorización química por oxidación

En nuestra zona de estudio este tipo de unidades están controlados por la acción de procesos de oxidación, juntamente con la acción del drenaje sobre las rocas de la Formación Inca y el Grupo Chúlec; los cuales han moldeado y ocasionado que las rocas posean el color característico rojizo.

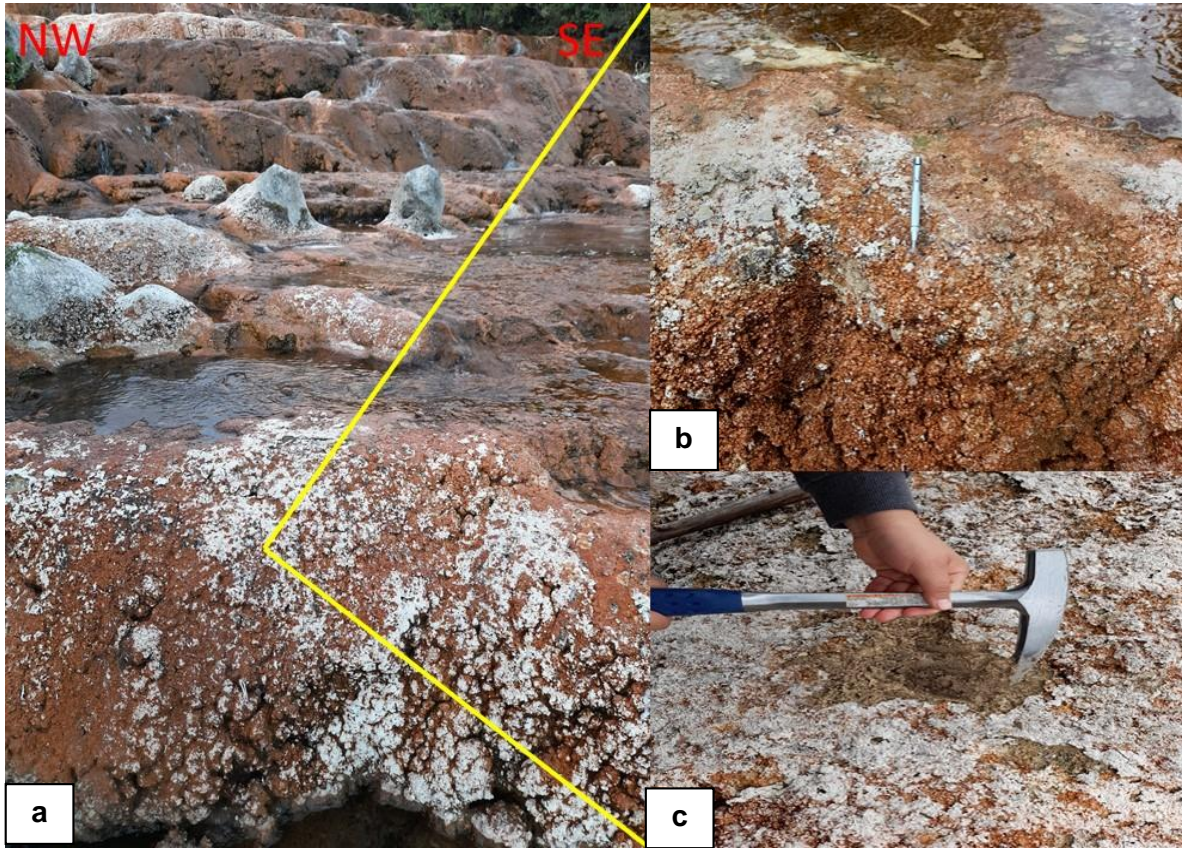


Foto 49. a, b, c: Se aprecia como la meteorización ha modificado el grado de resistencia de la roca encajonante.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación presenta un análisis de las principales características geológicas-geomorfológicas de la Microcuenca de la Laguna Yahuarcocha. La investigación está enfocada en describir las características geológicas-geomorfológicas que engloban a la microcuenca, así como intentar definir las etapas de evolución geológica y comprender las etapas del modelado geológico – geomorfológico en esta zona.

Los datos tomados en el trabajo de campo han sido procesados y modelados en los planos (Planos 01-08), columna estratigráfica (Plano 11) y los perfiles geológicos, geomorfológicos (Planos N°09-10).

La Microcuenca posee una red de drenajes los cuales son aportados por la Cuenca Alto-Marañón V, y pertenece a la Cuenca Crisnejas.

La influencia tectónica es un factor determinante en el moldeado de las estructuras que representan la zona, está emplazada en la Cordillera Occidental influenciada directamente por la Faja denominada Sitacocha- Sitabal la cual se extiende incluso hacia el cuadrángulo de San Marcos, esta estructura ha originado el emplazamiento de plegamientos sinclinales y anticlinales de gran extensión sobre los cuales se encuentra la Microcuenca.

Estratigráficamente la zona investigada está emplazada en las rocas sedimentarias del Cretácico Inferior – Superior, representado las formaciones silicoclásticas Farrat, Inca; así como las rocas carbonatadas de las Formaciones Chúlec, Cajamarca, estas unidades litoestratigráficas forman los flancos de plegamientos sinclinales y anticlinales de gran extensión; así como los Grupos Pulluicana y Quilquiñán, además de los depósitos recientes del Cuaternario. (Ver Plano 07)

Geomorfológicamente la Microcuenca presenta vestigios de glaciación (Reyes, 1980); sin embargo, estos vestigios se aprecian en mayor proporción al Sur de la zona, esta glaciación se aprecia en las partes más altas de la microcuenca >4000 m.s.n.m (Ver Plano 05), donde se encuentran los cerros emplazados en rocas del Cretácico.

Las unidades geomorfológicas identificadas están influenciadas por procesos exógenos, endógenos, la clasificación se determinó a partir del criterio morfogenético. (Ver Plano 08).

4.1. ANÁLISIS DE LA ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA

La estratigrafía de la zona investigada está representada por el Cretácico Inferior-Superior; esta caracterización ha sido plasmada en el plano geológico (Ver Plano N°07), asimismo se elaboró la Columna Estratigráfica Local. (Ver Plano N°11)

Dentro del Cretácico Inferior las Formaciones silicoclásticas identificadas son la Formación Farrat y la Formación Inca, estas Formaciones se encuentran distribuidas en menor proporción que las Formaciones carbonatadas.

4.1.1. Formación Farrat

Esta formación representa la base de nuestra Columna Estratigráfica Local, y se identifica en la parte inferior de la Microcuenca, forma parte de los flancos de los plegamientos de los sinclinales y anticlinales que predominan en la zona. Litológicamente está representada por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso intercaladas con pequeños estratos de arcillolitas. Esta Formación subyace concordantemente a la Formación Inca. Posee una extensión de aproximadamente 480 m.

4.1.2. Formación Inca

Esta Formación representa una etapa de transición entre las rocas silicoclásticas y carbonatadas, se ha identificado areniscas ferruginosas con intercalaciones de arcillolitas. Alcanza un espesor aproximado de 100 m.

4.1.3. Formación Chúlec

En la Microcuenca esta unidad se caracteriza por poseer una secuencia de calizas de grises con limolitas intercaladas con bancos de margas de color amarillento. Alcanza un espesor de 200 metros.

4.1.4. Grupo Pulluicana

Representa la unidad más extensa y representativa de la Microcuenca, formando parte del sinclinal de gran extensión que abarca desde el departamento de La Libertad mencionado en apartados anteriores. Alcanza un espesor de hasta 500 metros aproximadamente.

4.1.5. Grupo Quilquiñán

Esta unidad está representada por delgados estratos, que varían entre 15 a 20 cm aproximadamente, con un espesor aproximado de 150 m.

4.1.6. Formación Cajamarca

Esta unidad aflora con un grosor aproximado de 250 a 300 m, está representada como núcleo de un sinclinal y forma extensos estratos los cuales forman los flancos de los plegamientos, además de presentar geoformas características denominada lenares casi en toda su extensión.

4.2. ANÁLISIS DE LA GEOMORFOLOGÍA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA

4.2.1. Morfometría

Según De Pedraza, et al. (1996); el análisis morfométrico debe estar enfocado en su unidad de referencia denominada pendiente del terreno.

4.2.1.1. Pendientes

Para el análisis de las pendientes se realizó a través del criterio Carvajal, (2012). Se definió los 07 rangos que esta clasificación nos indica, dando como resultado que la inclinación de pendientes que predomina en la zona investigada es de 21-30°. (Ver Plano 06).

Tabla 7. Tipos de Pendientes en la Microcuenca.

| RANGO | DESCRIPCIÓN | AREA (Km ²) | PORCENTAJE (%) |
|--------|------------------------------|-------------------------|----------------|
| <5° | Plana o suavemente inclinada | 0.62 | 3% |
| 6-10° | Inclinada | 1.65 | 7% |
| 11-15° | Muy Inclinada | 2.72 | 12% |
| 16-20° | Abrupta | 3.08 | 14% |
| 21-30° | Muy Abrupta | 6.96 | 32% |
| 31-45° | Escarpada | 6.02 | 27% |
| >45° | Muy Escarpada | 1.04 | 5% |

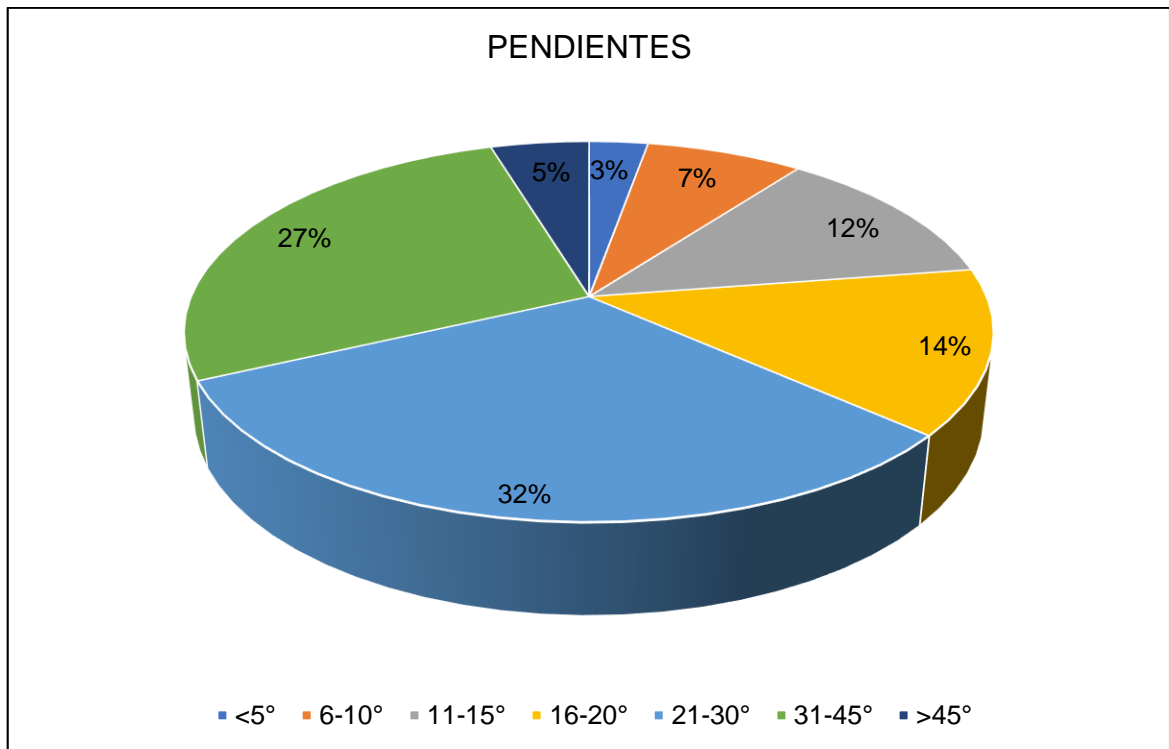


Gráfico 3. Representación de los Porcentajes de Pendientes.

4.2.2. Morfogénesis

La morfogénesis describe la descripción de las formas del terreno, relacionando el origen y la acción de los agentes endógenos y exógenos que han moldeado las geoformas de la Microcuenca.

4.2.2.1. Delimitación de Unidades Geomorfológicas

Los procesos geomórficos han moldeado las formas de la microcuenca desarrollando formas características de relieve. Las unidades geomorfológicas están clasificadas y definidas con criterios morfogenéticos, pendientes, topografía y estructural del terreno.

4.2.2.1.1. Ambientes Morfogenéticos

El ambiente morfogenético alude a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas en las cuales se generaron las Geoformas.

Se determina con base en la interpretación de los procesos geomorfológicos registrados (origen tanto endógeno como exógeno), que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de éstas (Carvajal, 2012).

Se han reconocido 05 ambientes morfogenéticos los cuales han generado la formación y evolución de las unidades identificadas. Los ambientes morfogenéticos son: Glaciar, Morfoestructural, Denudacional, Fluvial, Meteorización Química.

Tabla 8. Tipos de Ambientes Morfogenéticos

| N° | AMBIENTE MORFOGENÉTICO | ÁREA (Km ²) | PORCENTAJE |
|----|------------------------|-------------------------|------------|
| 1 | Morfoestructural | 12.98 | 59% |
| 2 | Denudacional | 5.64 | 26% |
| 3 | Glaciar | 2.25 | 10% |
| 4 | Fluvial | 1.04 | 5% |
| 5 | Meteorización Química | 0.19 | 1% |

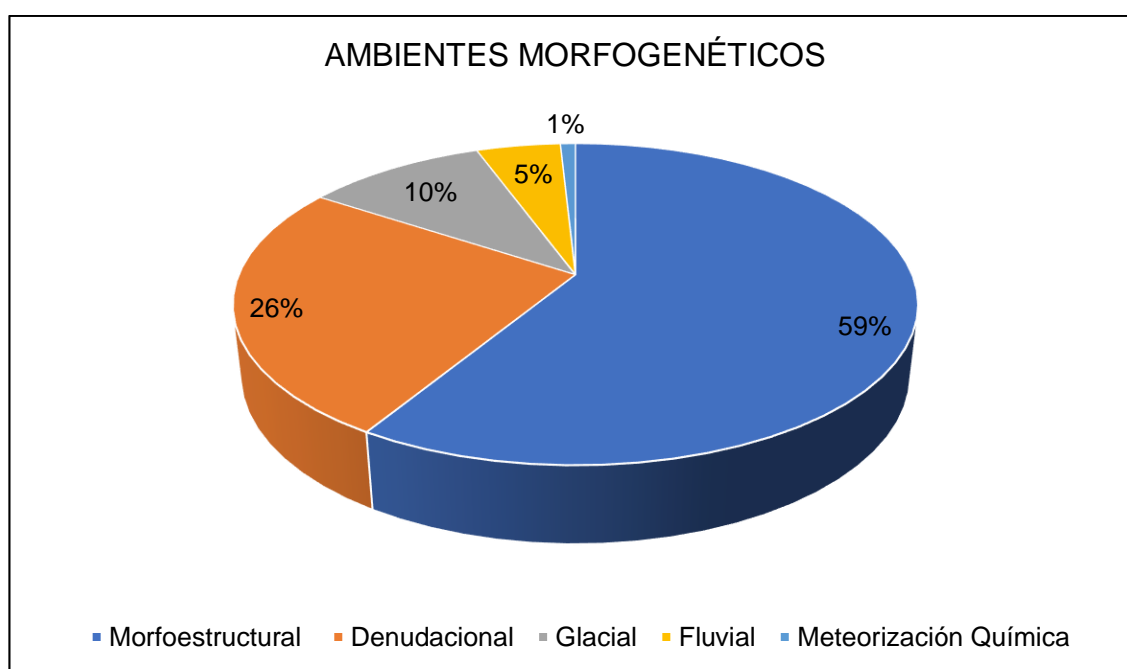


Gráfico 4. Representación de los porcentajes de los Ambientes Morfogenéticos

4.2.4.1.1. Análisis de Unidades por Ambiente Glaciar

En las partes altas de las montañas de la Cordillera Occidental el hielo ha incidido en el modelado del paisaje, la zona de estudio presenta algunos vestigios de esta glaciación, las geoformas identificadas corresponden a morrenas, canchales, cono de detritos, el valle principal de la microcuenca ha sido influenciado por la glaciación.

El ambiente glaciar ocupa alrededor del 10 % del total del área de estudio.

Tabla 9. Unidades Geomorfológicas por Ambiente Glaciar.

| N° | UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS | CÓDIGO | ÁREA (Km ²) | PORCENTAJE |
|----|--------------------------------|--------|-------------------------|------------|
| 1 | Cono de derrubios | Cd | 0.05 | 2% |
| 2 | Canchales | Cch | 0.02 | 1% |
| 3 | Morrenas | Mrr | 0.81 | 36% |
| 4 | Laderas glaciadas con morrenas | L_glm | 1.19 | 53% |
| 5 | Laguna | Lag | 0.17 | 8% |

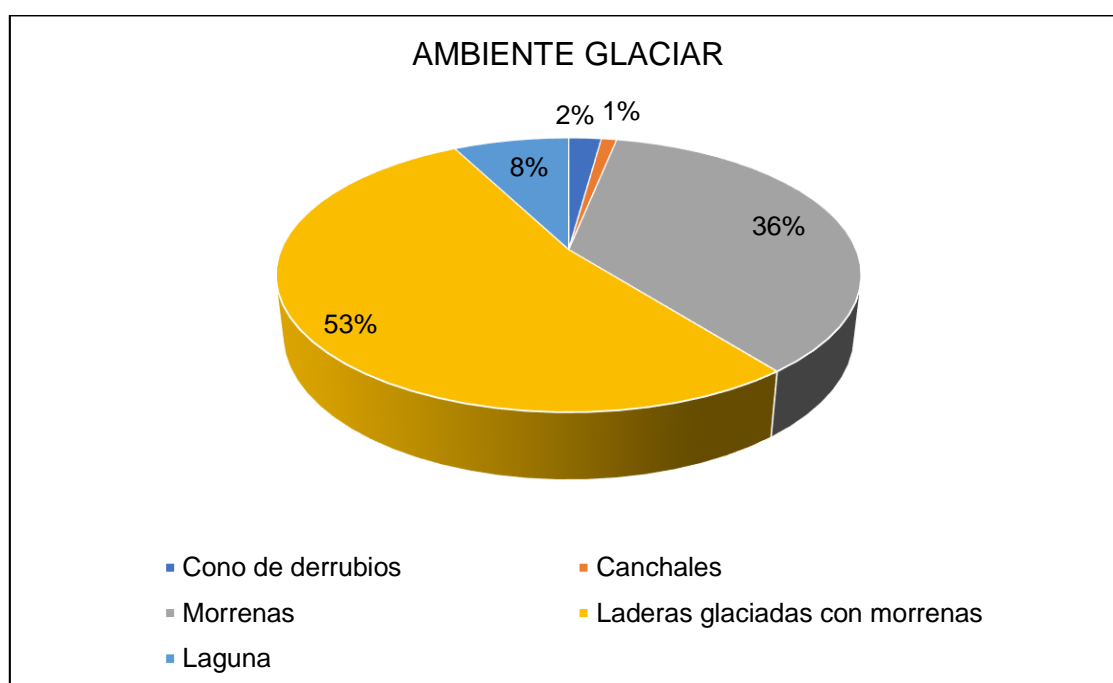


Gráfico 5. Representación de porcentajes por Ambiente Glaciar.

4.2.4.1.2. Análisis de Unidades por Ambiente Morfoestructural

En este ambiente las unidades identificadas están asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya disposición está controlada por las rocas encajonantes, estas unidades están íntimamente relacionadas con la Cordillera Occidental y el proceso compresional que han producido los levantamientos a lo largo de la Faja Sitacocha-Sitabal, estas unidades se caracterizan por ubicarse en las partes más altas, poseen un relieve montañoso a colinado, asociado a rocas silicoclásticas y carbonatadas del Cretácico.

Ocupa alrededor del 59% del total de área, siendo el ambiente más representativo de la Microcuenca.

Tabla 10. Unidades Geomorfológicas por Ambiente Morfoestructural.

| N° | UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS | CÓDIGO | ÁREA (Km ²) | PORCENTAJE |
|----|---|--------|-------------------------|------------|
| 1 | Montañas con plegamientos de sinclinal | M_ps | 9.02 | 69% |
| 2 | Montañas con plegamientos de anticlinal | M_pa | 3.96 | 31% |

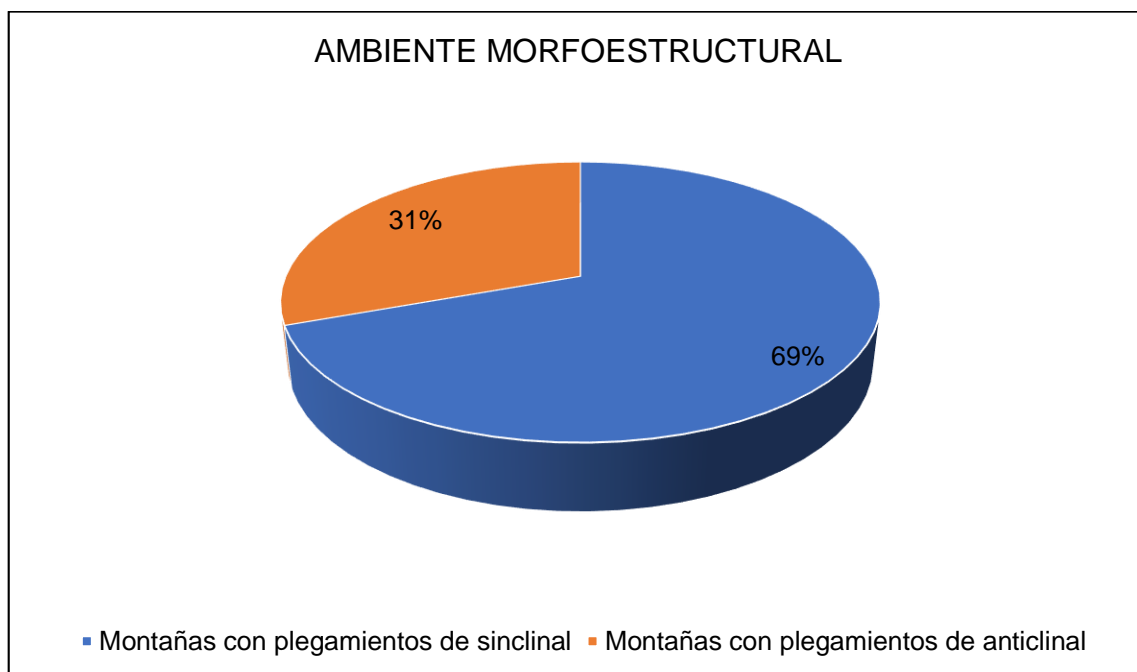


Gráfico 6. Representación de los porcentajes por Ambiente Morfoestructural

4.2.4.1.3. Análisis de Unidades por Ambiente Denudacional

Las unidades geomorfológicas identificadas por procesos de meteorización, erosión y transporte, estos procesos han influido en las geoformas morfoestructurales originando geoformas las cuales han sido caracterizadas según su grado de pendiente entre las cuales tenemos laderas, lomas, colinas, planicies y cárcavas. Este ambiente ocupa alrededor del 26%

Tabla 11. Unidades Geomorfológicas por Ambiente Denudacional.

| N° | UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS | CÓDIGO | ÁREA (Km ²) | PORCENTAJE |
|----|--|----------|-------------------------|------------|
| 1 | Laderas de pendiente inclinada a abrupta | L_pma | 0.73 | 13% |
| 2 | Laderas de pendiente muy abrupta | L_pma | 0.93 | 17% |
| 3 | Ladera de pendiente muy abrupta a escarpada | L_pmae | 2.15 | 38% |
| 4 | Laderas y colinas de pendiente abrupta | L_pa | 0.21 | 4% |
| 5 | Laderas y colinas de pendiente inclinada a muy inclinada | Lco_pimi | 0.26 | 5% |
| 6 | Laderas y colinas de pendiente inclinada a abrupta | Lco_pia | 1.08 | 19% |
| 7 | Planicie con lomas | Plo | 0.06 | 1% |
| 8 | Cárcavas | Cv | 0.21 | 4% |

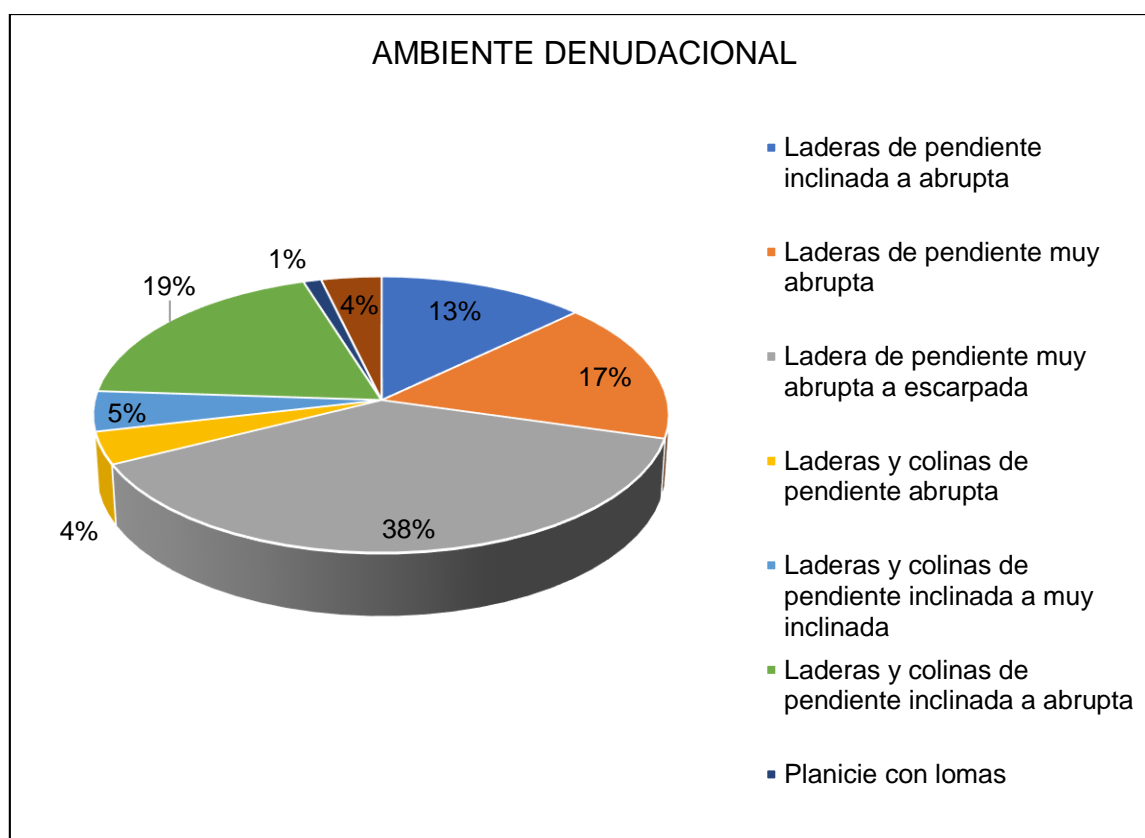


Gráfico 7. Representación de porcentajes por Ambiente Denudacional.

4.2.4.1.4. Análisis de Unidades por Ambiente Fluvial

Estas geoformas son el resultado de la interacción de los drenajes los cuales erosionan y transportan en su recorrido. Las geoformas identificadas son terraza, valles, cascadas, Pilancones o marmitas. Este ambiente ocupa alrededor del 5%.

Tabla 12. Unidades Geomorfológicas por Ambiente Fluvial

| N° | UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS | CÓDIGO | ÁREA (Km ²) | PORCENTAJE |
|----|--------------------------|--------|-------------------------|------------|
| 1 | Planicie aluvial | Pal | 0.06 | 6% |
| 2 | Planicie lagunar | Pla | 0.32 | 31% |
| 3 | Cascadas | Cas | 0.13 | 13% |
| 4 | Valle fluvio-glaciario | V_fg | 0.53 | 51% |

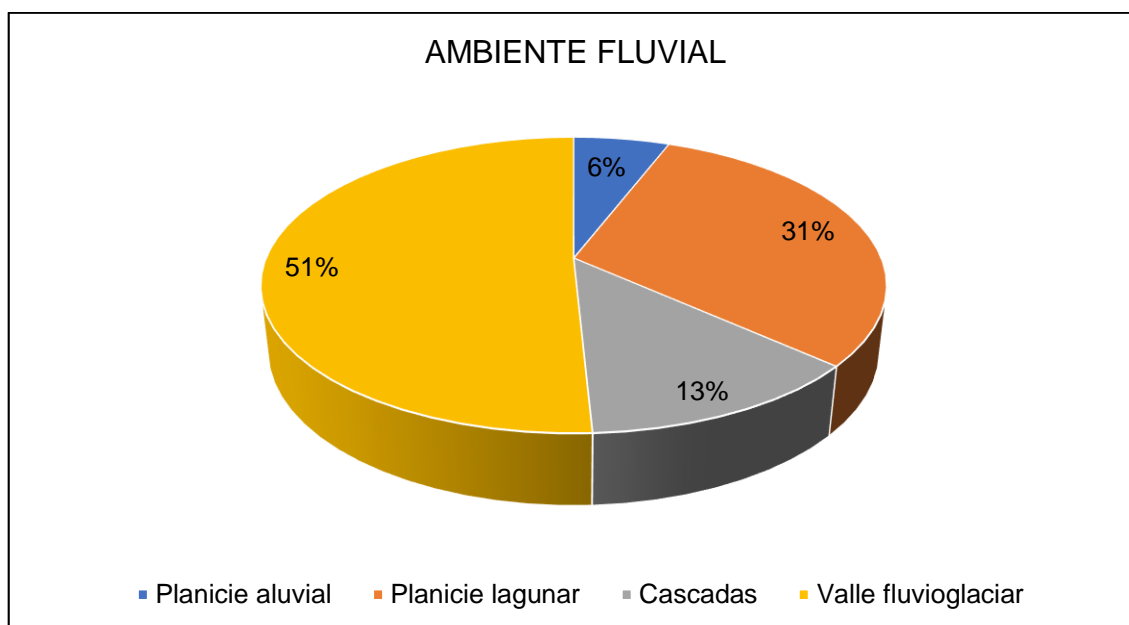


Gráfico 8. Representación de porcentajes por Ambiente Fluvial.

4.2.4.1.5. Análisis de Unidades por Meteorización Química

Los ambientes identificados son controlados por disolución en rocas carbonatadas y por oxidación ambos procesos han generado geoformas características las cuales moldean el relieve de la zona. Los procesos de formación actúan sobre las unidades de los ambientes descritos anteriormente, identificándose unidades formadas por meteorización química en rocas carbonatadas, denominadas lenares, y meteorización por oxidación que incide en rocas carbonatadas y silicoclásticas.

De acuerdo al análisis de las unidades geomorfológicas se evidencia que el ambiente que más ha influenciado y moldeado el relieve es el ambiente morfoestructural, seguido del ambiente denudativo.

A continuación, se muestra un análisis general de las unidades geomorfológicas descritas.

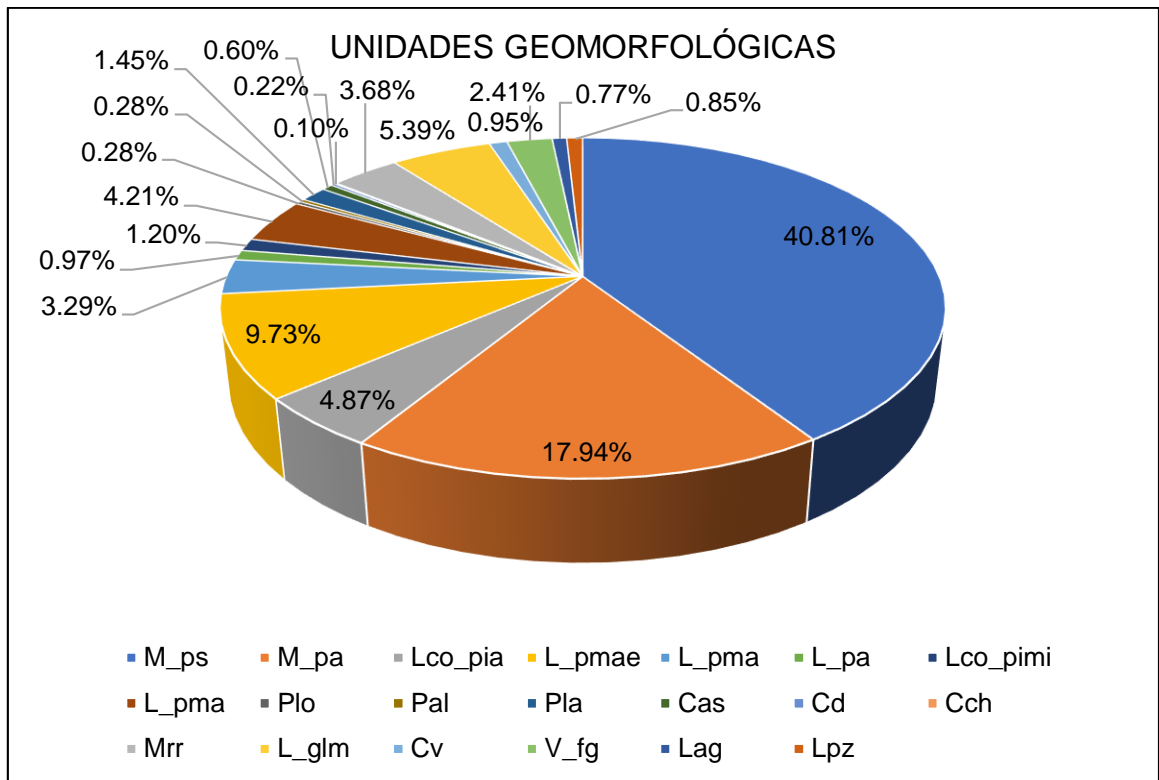


Gráfico 9. Unidades Geomorfológicas identificadas en la Microcuenca.

Tabla 13. Relación de Unidades Geomorfológicas y Geológicas

| AMBIENTE | UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS | CÓDIGO | ÁREA (Km ²) | % | EDAD | FORMACIÓN ESTRATIGRÁFICA | LITOLOGÍA | | |
|-------------------------|---|--------|-------------------------|-------|--------------------|---|--|-----------------------------------|---|
| Morfoestructural | Montañas con plegamientos de sinclinal | M_ps | 9.02 | 40.8% | Cretácico | Fm. Farrat, Fm. Inca, Fm. Chúlec, Gpo. Pulluicana, Gpo. Quilquiñán, Fm. Cajamarca | Rocas sedimentarias, silicoclásticas, carbonatadas. | | |
| | Montañas con plegamientos de anticlinal | M_pa | 3.96 | 17.9% | | | | | |
| Glaciar | Cono de derrubios | Cd | 0.05 | 0.2% | Holoceno | Depósito coluvio-aluvial | Detritos, | | |
| | Canchales | Cch | 0.02 | 0.1% | | Gpo. Pulluicana | Calizas grises | | |
| | Morrenas | Mrr | 0.81 | 3.7% | | Depósitos coluviales | Limos, arcillas | | |
| | Laderas glaciadas con morrenas | L_glm | 1.19 | 5.4% | | Gpo. Pulluicana, Depósitos coluviales | Calizas grises/ | | |
| | Laguna | Lag | 0.17 | 0.8% | | Depósito lagunar | Limos, arcillas | | |
| Denudacional | Laderas de pendiente inclinada a abrupta | L_pma | 0.73 | 3.3% | Cretácico Inferior | Fm. Inca, Fm. Chúlec | Areniscas ferruginosas /Calizas, Limolitas Carbonatadas. | | |
| | Laderas de pendiente muy abrupta | L_pma | 0.93 | 4.2% | | | | Fm. Farrat | Areniscas y cuarzosas blancas |
| | Ladera de pendiente muy abrupta a escarpada | L_pmae | 2.15 | 9.7% | | | | Fm. Farrat, Fm. Inca, Fm. Chúlec. | Areniscas, cuarzosas /Areniscas ferruginosas/ Calizas, limolitas Carbonatadas |

| AMBIENTE | UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS | CÓDIGO | ÁREA (Km ²) | % | EDAD | FORMACIÓN ESTRATIGRÁFICA | LITOLOGÍA |
|------------------------------|--|----------|-------------------------|------|--------------------|--|--|
| Denudacional | Cárcavas | Cv | 0.21 | 1.0% | Cretácico Inferior | Fm. Farrat, Fm. Inca, Fm. Chúlec. | Areniscas cuarzosas /Areniscas ferruginosas/ Calizas, limolitas carbonatadas |
| | Laderas y colinas de pendiente abrupta | L_pa | 0.21 | 1.0% | Cretácico | Fm. Inca, Fm. Chúlec, Gpo. Pulluicana | Areniscas ferruginosas/Calizas, limolitas carbonatadas/Calizas grises |
| | Laderas y colinas de pendiente inclinada a muy inclinada | Lco_pimi | 0.26 | 1.2% | | | |
| | Laderas y colinas de pendiente inclinada a abrupta | Lco_pia | 1.08 | 4.9% | | Fm. Farrat, Fm. Inca, Fm Chúlec, Gpo. Pulluicana | Areniscas cuarzosas /Areniscas ferruginosas/ Calizas, limolitas carbonatadas/Calizas grises. |
| Planicie con lomas | Plo | 0.06 | 0.3% | | Fm. Inca | Areniscas ferruginosas | |
| Fluvial | Planicie aluvial | Pal | 0.06 | 0.3% | Holoceno | Depósito aluvial | Limos, arcillas |
| | Planicie lagunar | Pla | 0.32 | 1.5% | | Depósito Lagunar | Limos, arcillas |
| | Valle fluvio-glaciar | V_fg | 0.53 | 2.4% | Cretácico Superior | Gpo. Pulluicana, Gpo. Quilquiñán, Fm. Cajamarca | Calizas grises/ calizas nodulares con margas/calizas grises |
| | Cascadas | Cas | 0.13 | 0.6% | Cretácico | Fm. Inca, Fm. Chúlec | Areniscas ferruginosas /Calizas, limolitas Carbonatadas. |
| Meteorización Química | Lapiaz o lenar | Lpz | 1.19 | 0.9% | Cretácico Superior | Gpo. Quilquiñán, Fm. Cajamarca | Calizas nodulares con margas/ Calizas grises |

4.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Mediante la investigación se ha podido determinar que la hipótesis inicialmente planteada es parcialmente correcta ya que a través de la observación en campo se pudo determinar las unidades litoestratigráficas específicas, así como las unidades geomorfológicas a detalle, confirmando además que un agente determinante en el modelo de la zona es el tectonismo seguido de la dinámica externa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La Caracterización Geológica se realizó mediante el cartografiado geológico siguiendo las etapas de campo y de gabinete; identificando la predominancia de rocas carbonatadas del Grupo Pulluicana en la Microcuenca.

La caracterización de la Geomorfología de la Microcuenca se ha realizado mediante el cartografiado geomorfológico realizado en campo, el cual ha permitido identificar diversas unidades geomorfológicas las cuales han sido clasificadas de acuerdo al tipo de ambiente morfogenético.

El Registro Estratigráfico se realizó mediante el levantamiento de la columna estratigráfica ejecutada en la fase de campo, la cual identifica y describe las unidades litoestratigráficas que afloran en la Microcuenca.

La tectónica regional a través de la Faja Sitacocha-Sitabal, ha influido en las unidades litoestratigráficas ocurridas durante el Cretácico en forma de plegamientos.

Se identificó 20 unidades geomorfológicas, las cuales están clasificadas y definidas con criterios morfogenéticos, pendientes, topográfico del terreno.

Las unidades geomorfológicas pertenecen a 05 ambientes morfogenéticos, dentro de los cuales el predominante es el ambiente Morfoestructural.

De acuerdo a la Morfometría en función de la pendiente; siguiendo la clasificación de Carvajal, quien indica una clasificación de 07 categorías; la Microcuenca posee una predominancia de pendientes que varían entre 21°-30° (Muy abrupta).

5.2. RECOMENDACIONES

La Municipalidad Provincial de Cajabamba debe implementar mejores vías de acceso a la Laguna Yahuarcocha, ya que los caminos existentes no están lo suficientemente aptos para el recorrido de la misma, a pesar de ser considerado una atracción turística.

Debido a que las instituciones gubernamentales planean represar las aguas de la Laguna Yahuarcocha, es necesario la ejecución de estudios, geofísicos, hidrogeológicos a detalle.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayay, R. 2018. Geomorfología del caserío Hierba Buena y entorno, Centro Poblado Porcón Alto - Cajamarca. Tesis Ing. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 108 p.
- Balcázar, RA. 2019. Sedimentología y Estratigrafía de la Formación Carhuaz en el distrito de la Encañada. Tesis Ing. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 116 p.
- Bellido, E. 1969. Sinopsis de la Geología del Perú: Boletín N°22. Lima, Perú. Ministerio de Energía y Minas. 53 p.
- Benavides, VE. 1956. Sistema Cretácico en el Norte del Perú: Boletín del Museo Americano de Historia Natural. Tesis PhD. Nueva York, Estados Unidos. Universidad de Columbia. 212 p.
- Brusi, D; Linares, R; Pallí, L; Roque, C. 2000. Lectura ambiental de la Cartografía Geológica. Girona, España, Enseñanzas de la Tierra. 14 p.
- Caballero, C. 2012. Construcción y Medición de Columnas Estratigráficas. Ciudad de México, México. 40 p
- Carvajal, JH. 2012. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Bogotá, Colombia, Imprenta Nacional de Colombia. 84 p.
- Cobbing, J; Pitcher, W; Wilson, J; Baldock, J; Taylor, W; McCourt, W; Snelling, N. 1981. Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú: Boletín N°10. Lima, Perú. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 262 p.
- Coronato, AM; Ponce, JF; Quiroga, DR; Gogorza, C. 2017. Caracterización Geológica y Geomorfológica de la cuenca de la Laguna Carmen (Estepa Fueguina, Argentina). Buenos Aires, Argentina, Revista de la Asociación Geológica de Argentina. 11 p.
- De Pedraza, J. 1996. Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones. Carrasco, RM (colab.); Diez, A (colab.); Martí, JF (colab.); Martín, A (colab.); Sanz, MA (colab.). Madrid, España, Editorial Rueda. 418 p.
- Díaz, A; Carpio, M; Ramírez, J. 2015. Estudio Geológico Económico de Rocas y Minerales Industriales en la Región Cajamarca: Boletín Serie B – N°33. Lima, Perú. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 76 p.
- Díaz, C; Valle, RB; Ramírez, R; Saavedra, CR; Estévez, E; Ordaz, A. 2014. Caracterización Geológica y Geomorfológica de la Península de Guanahacabibes, Cuba. Holguín, Cuba. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Nuñez Jiménez. 18 p.
- Durán, JC. 2018. Estudio Sedimentológico y Estratigráfico de la Microcuenca Cochamarca- San Marcos Cajamarca Perú. Tesis Ing. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 98 p.

- Figari, E; Scasso, R; Cúneo, R; Escapa, I. 2015. Estratigrafía y Evolución Geológica de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Provincia del Chubut, Argentina. Buenos Aires, Argentina. 35 p.
- Gutiérrez, M. 2008. Geomorfología. Madrid, España. Imprenta Pearson. 915 p.
- Jacay, J. 2005. Análisis de la Sedimentación del Sistema Cretáceo de los Andes del Perú Central. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 11 p.
- Jacay, J. 2015. Estilo Estructural de la Cordillera Occidental de los Andes del Perú central. Lima, Perú. Sociedad Geológica del Perú. 5 p.
- Karampaglidis, T. 2015. La evolución Geomorfológica de la cuenca de drenaje del río Lozoya (Comunidad de Madrid, España). Tesis Dr. Madrid, España. Universidad Complutense de Madrid. 337 p.
- Lagos, AC; Quispe, CZ. 2012. Caracterización Litológica y Paleontológica del Cretáceo Inferior en Cajamarca: Las Formaciones Santa y Carhuáz. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 6 p.
- León, W; Palacios, O; Vargas, L; Sánchez, A. 2000. Memoria explicativa del Mapa Geológico del Perú, escala 1: 1000000: Boletín N° 136. Lima, Perú. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 78 p.
- Lugo, J. 2011. Diccionario Geomorfológico. Distrito Federal, México. Universidad Nacional Autónoma de México. 478 p.
- Medina, L; Zavala, B; Villacorta, S. 2014. Caracterización Geomorfológica del Norte Peruano. Informe. Congreso Peruano de Geología (17, 2014, Lima, Perú). Lima, Perú. 5 p.
- Quispe, CZ. 2015. Caracterización Geológica del Centro Poblado de Combayo distrito de la Encañada. Tesis MSc. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 110 p.
- Quispe, CZ; Lagos, AC. 2017. Estudio Sedimentológico y Estratigráfico de la Formación Inca-Baños del Inca y alrededores de la Cuenca de Cajamarca. Cajamarca, Perú. 5 p.
- Reyes, L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba: Boletín Serie A – N°31. Lima, Perú. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 83 p.
- Robertson, Kim; Jaramillo, O. 2013. Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a escala 1:100.000. Bogotá, Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 88 p
- Sánchez, A; Vásquez, C. 2010. Mapa Climático del departamento de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Gobierno Regional de Cajamarca. 33 p.
- Spikermann, JP. 2010. Apuntes de Geología. Buenos Aires, Argentina. Fundación de Historia Natural. 472 p.

- Torres, PL. 2014. Estudio Bioestratigráfico de la Formación Chúlec en la zona de Puyllucana – Santa Úrsula. Tesis Ing. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 191 p.
- Varela, G; Blanco, J. 2012. Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la Cuenca de México: Unidades Morfogenéticas a escala 1:10000. Querétaro, México. Universidad Nacional Autónoma de México. 19 p.
- Vásquez, C. 2012. Estudio Hidrológico de la región Cajamarca. Cajamarca, Perú. Gobierno Regional de Cajamarca. 96 p.
- Vera, JA. 1994. Estratigrafía Principios y Métodos. Madrid, España. Editorial Rueda. 820 p.
- Vergara, LM. 2017. Caracterización de las Unidades Geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca. Tesis Ing. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 113 p.
- Villota, H. 2005. Geomorfología aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación física de Tierras. Bogotá, Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 183 p.
- Wilson, J; Reyes L. 1964. Geología del Cuadrángulo de Pataz. Lima, Perú. Comisión de la Carta Geológica Nacional. 101 p.
- Zinck, A. 2012. Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. Enschede, Países Bajos. Facultad de Ciencias de la Geoinformación y Observación de la Tierra. 131 p.

ANEXOS

Anexo N°01. Plano de Ubicación.

Anexo N°02. Plano MDE.

Anexo N°03. Plano Imagen Satelital.

Anexo N°04. Plano Hidrológico.

Anexo N°05. Plano de Altitudes.

Anexo N°06. Plano de Pendientes.

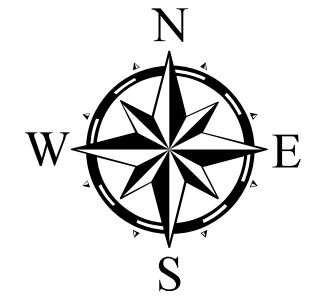
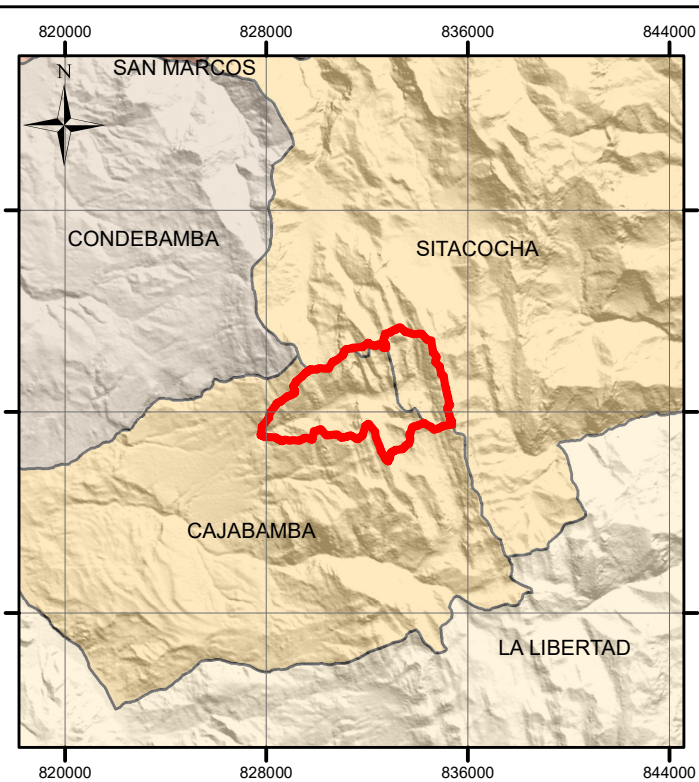
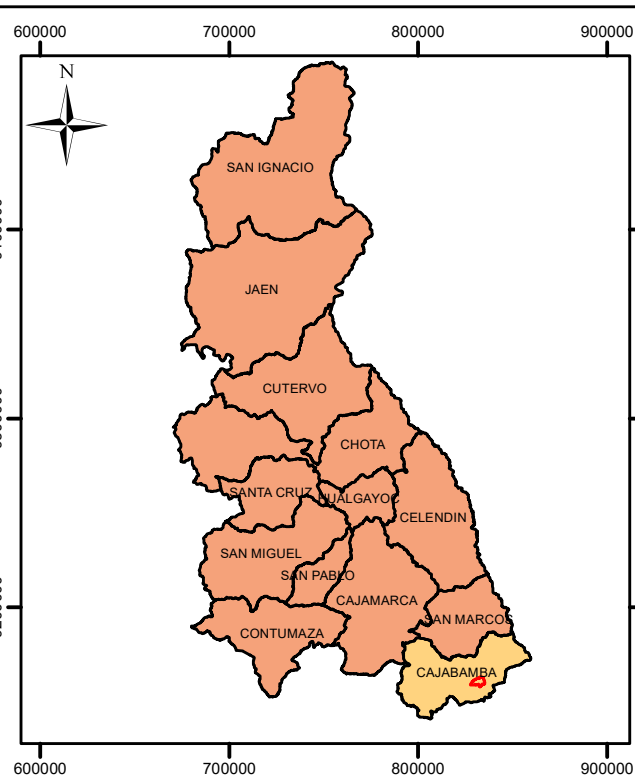
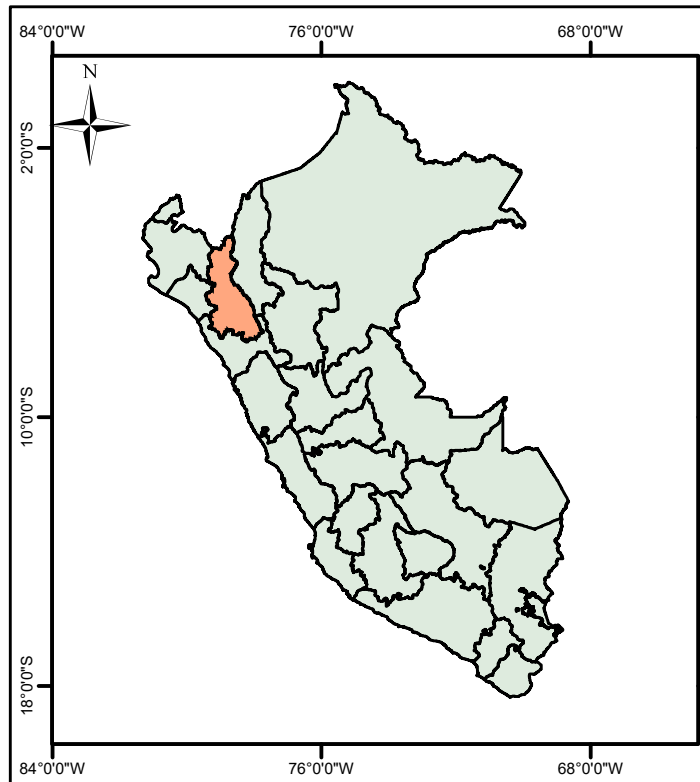
Anexo N°07. Plano Geológico.

Anexo N°08. Plano Geomorfológico.

Anexo N°09. Perfil Geológico A-A'

Anexo N°10. Perfil Geomorfológico B-B'.

Anexo N°11. Columna Estratigráfica A-A'.



SIMBOLOGÍA

- Ciudades
- Capital de Distrito
- Centros Poblados

Tipos de Vías

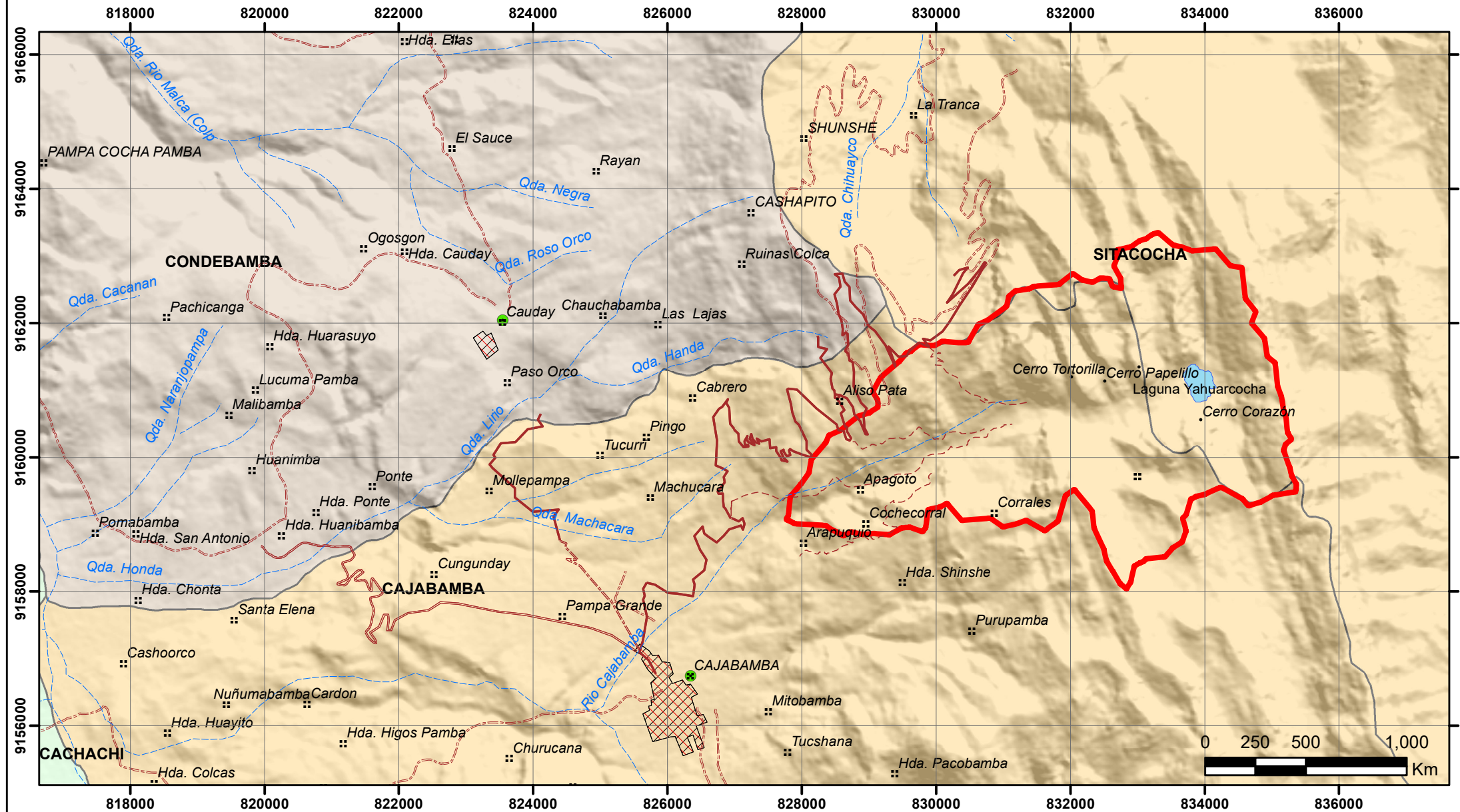
- Afirmada
- Asfaltada
- Camino de Herradura
- Trocha

Drenajes

- Quebradas
- Ríos

LEYENDA

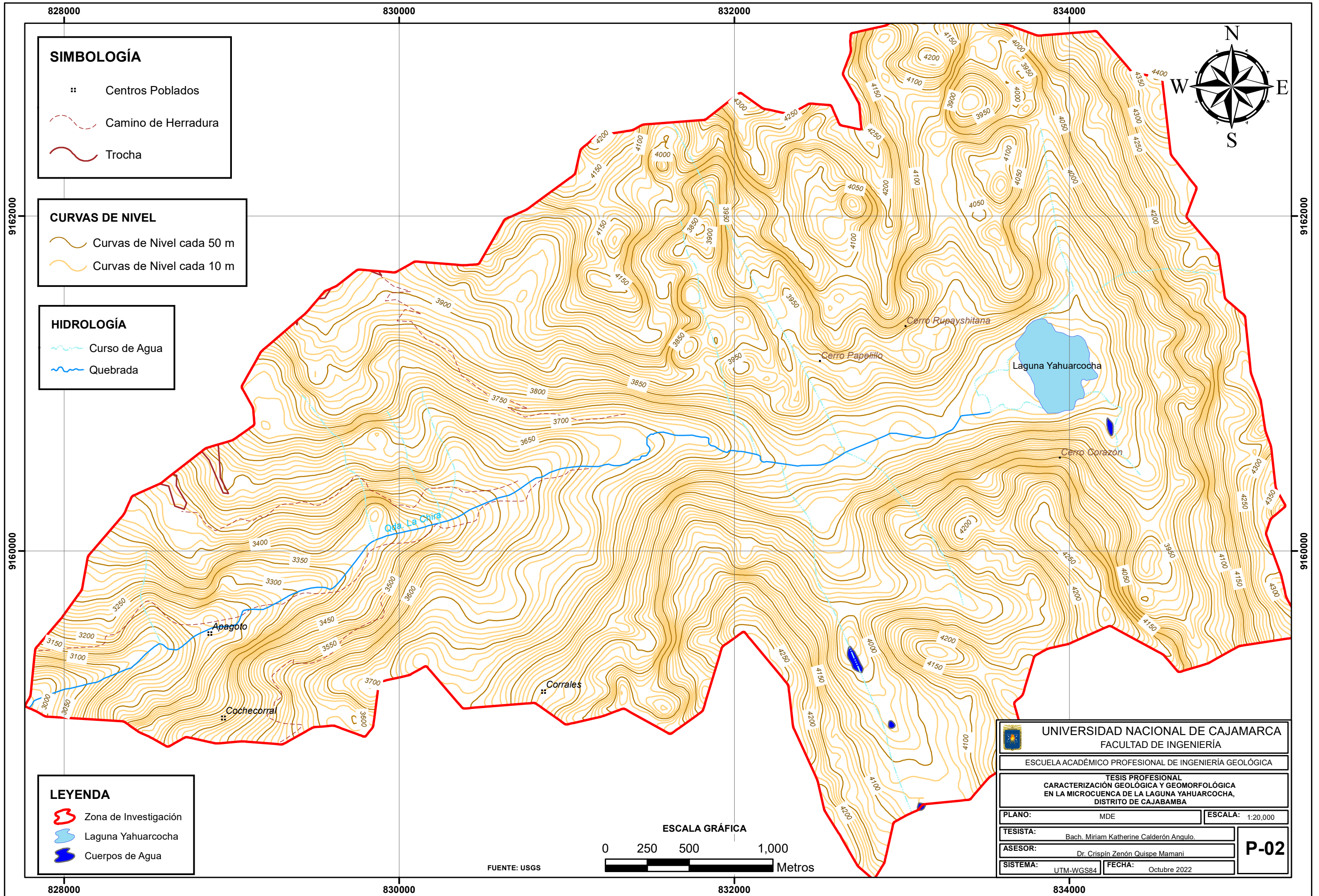
- Laguna Yahuarcocha
- Zona de Investigación



FUENTE: GEOCATMIN, 2022

| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | |
| TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA, DISTRITO DE CAJABAMBA | |
| PLANO: | UBICACIÓN |
| ESCALA: 1:75,000 | |
| TESISTA: | Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo. |
| ASESOR: | Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani |
| SISTEMA: | UTM-WGS84 |
| FECHA: | Octubre 2022 |

P-01



SIMBOLOGÍA

- :: Centros Poblados
- - - Camino de Herradura
- ~ Trocha

CURVAS DE NIVEL

- ~ Curvas de Nivel cada 50 m
- ~ Curvas de Nivel cada 10 m

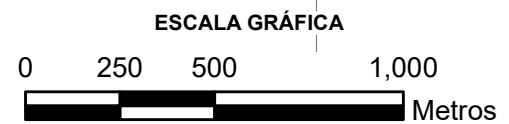
HIDROLOGÍA

- ~ Curso de Agua
- ~ Quebrada

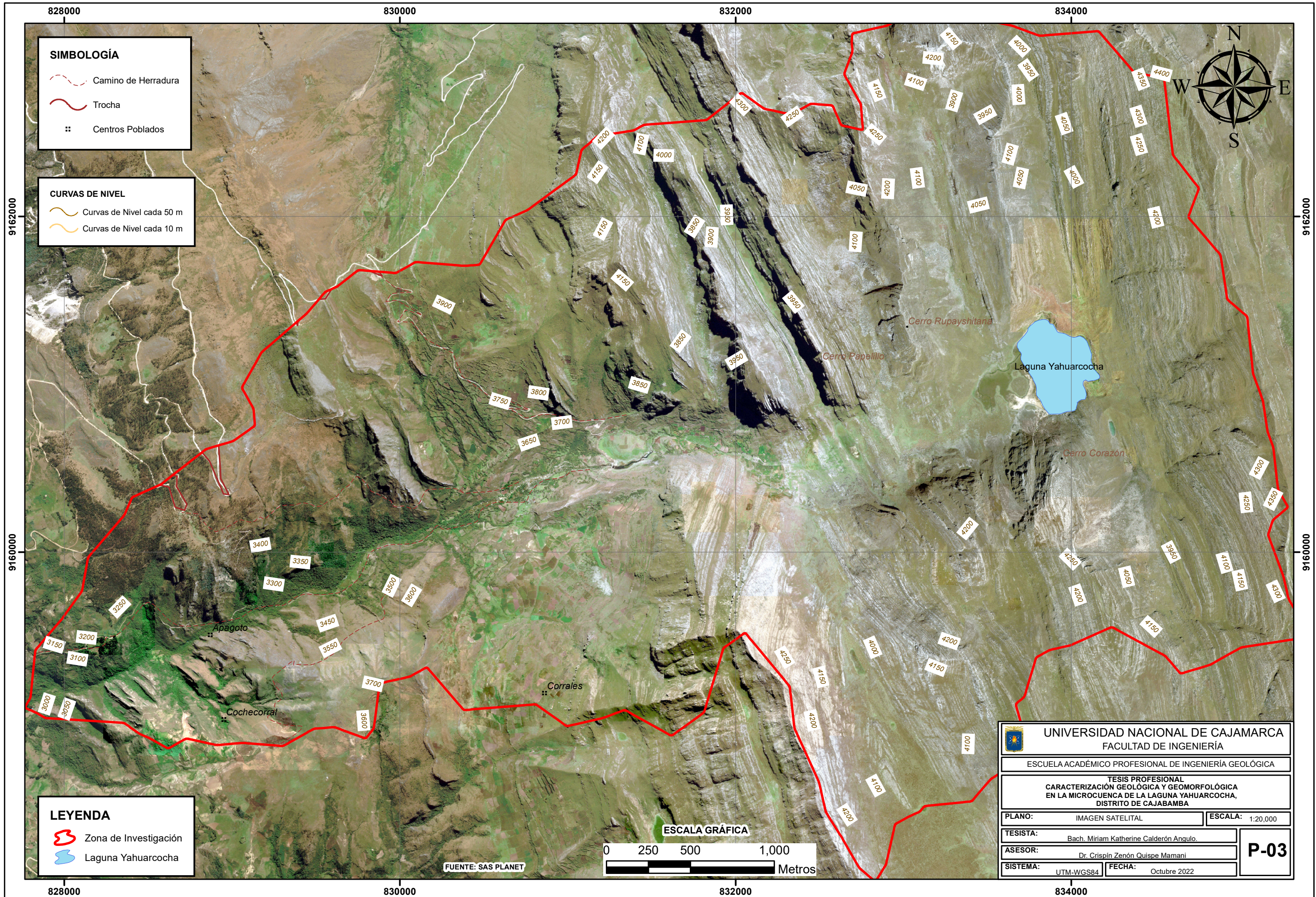
LEYENDA

- ~ Zona de Investigación
- ~ Laguna Yahuarcocha
- ~ Cuerpos de Agua

| | |
|--|--|
|  UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | |
| TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA, DISTRITO DE CAJABAMBA | |
| PLANO: | MDE |
| ESCALA: | 1:20,000 |
| TESISTA: | Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo |
| ASESOR: | Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani |
| SISTEMA: | UTM-WGS84 |
| FECHA: | Octubre 2022 |
| P-02 | |



FUENTE: USGS



SIMBOLOGÍA

- Camino de Herradura
- Trocha
- Centros Poblados

CURVAS DE NIVEL

- Curvas de Nivel cada 50 m
- Curvas de Nivel cada 10 m

LEYENDA

- Zona de Investigación
- Laguna Yahuarcocha

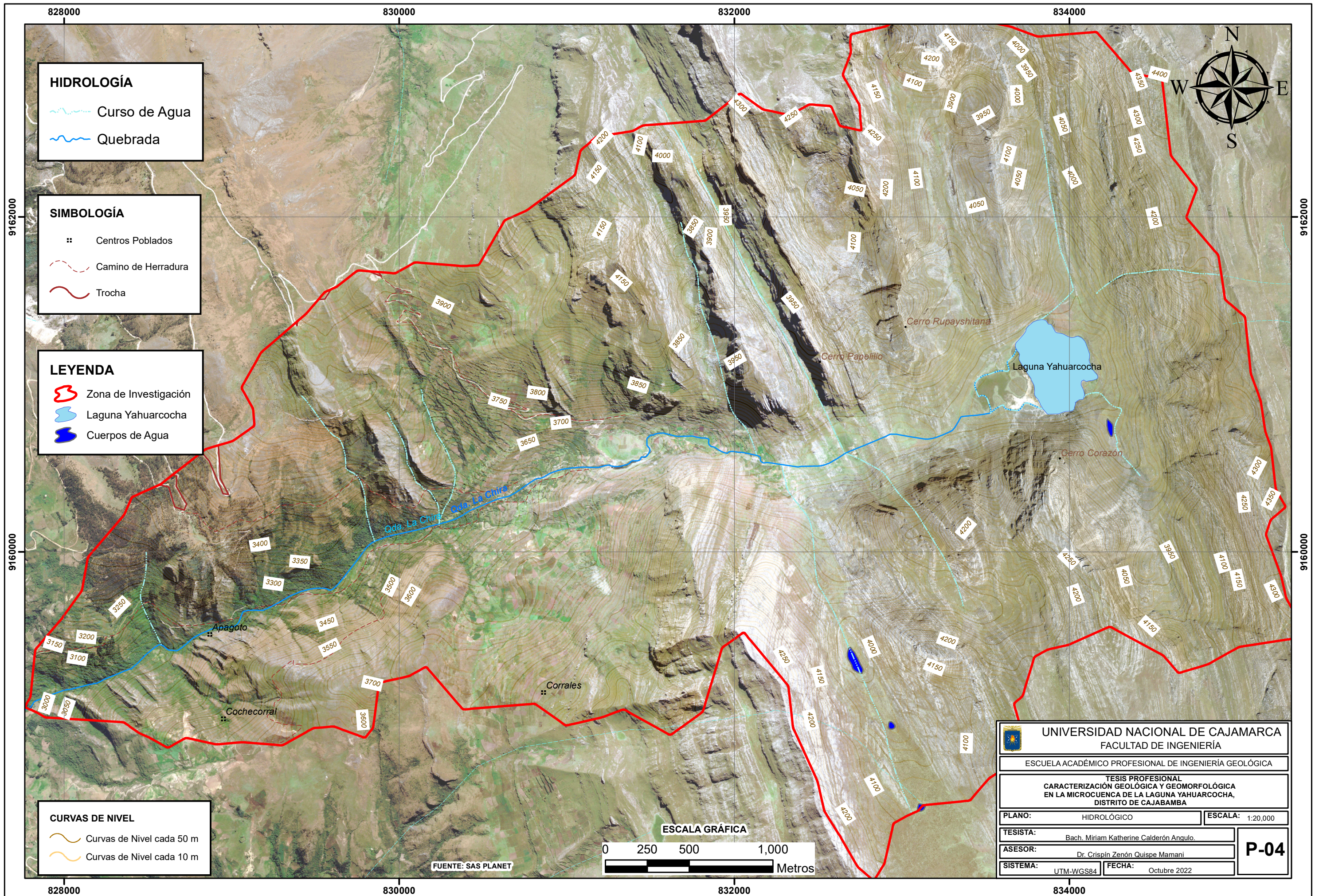


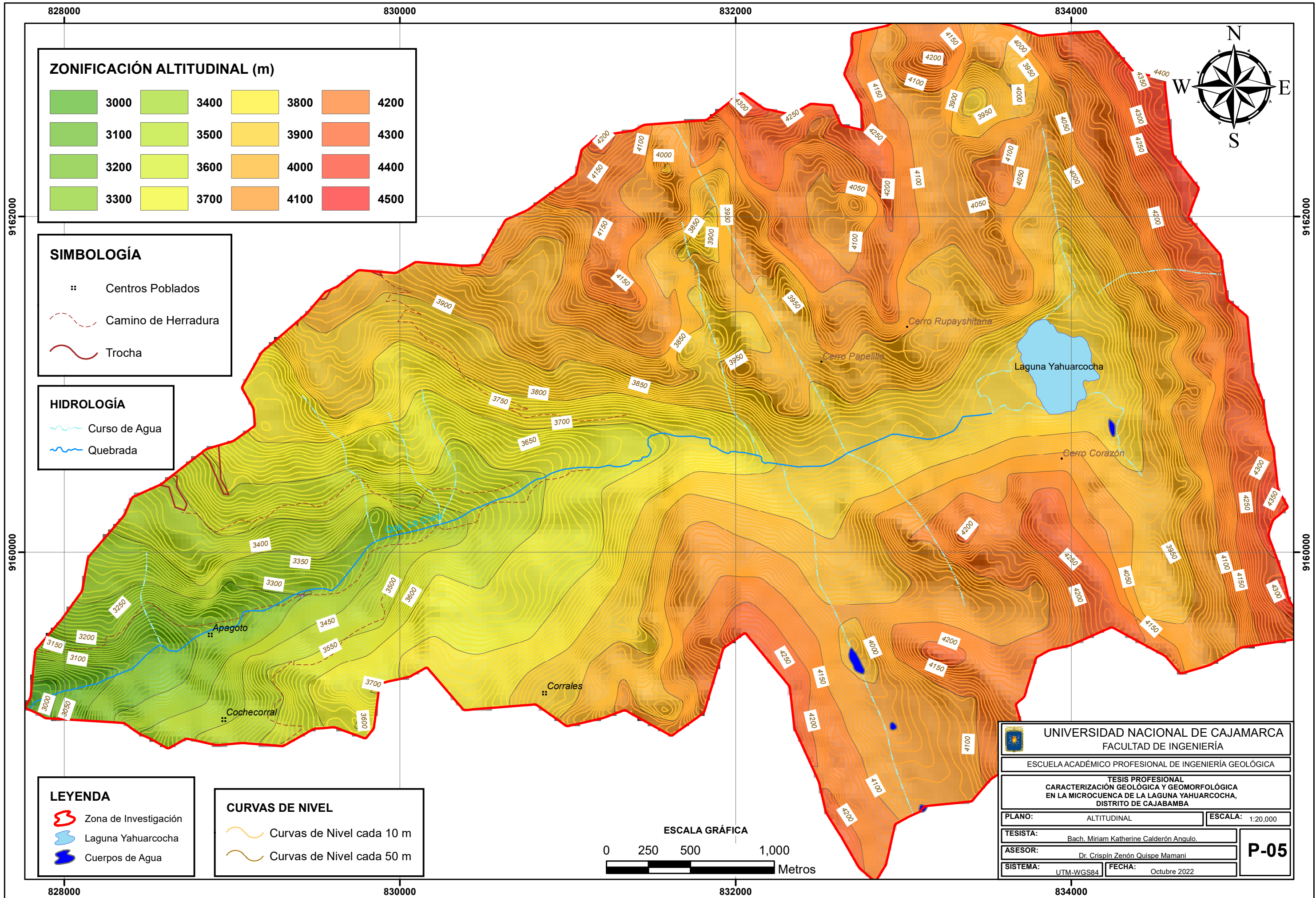
| | |
|---|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | |
| TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA, DISTRITO DE CAJABAMBA | |
| PLANO: | IMAGEN SATELITAL |
| ESCALA: | 1:20,000 |
| TESISTA: | Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo |
| ASESOR: | Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani |
| SISTEMA: | UTM-WGS84 |
| FECHA: | Octubre 2022 |



FUENTE: SAS PLANET

P-03





ZONIFICACIÓN ALTITUDINAL (m)

| | | | |
|------|------|------|------|
| 3000 | 3400 | 3800 | 4200 |
| 3100 | 3500 | 3900 | 4300 |
| 3200 | 3600 | 4000 | 4400 |
| 3300 | 3700 | 4100 | 4500 |

SIMBOLOGÍA

- Centros Poblados
- Camino de Herradura
- Trocha

HIDROLOGÍA

- Curso de Agua
- Quebrada

LEYENDA

- Zona de Investigación
- Laguna Yahuarcocha
- Cuerpos de Agua

CURVAS DE NIVEL

- Curvas de Nivel cada 10 m
- Curvas de Nivel cada 50 m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS PROFESIONAL
 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA
 EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA,
 DISTRITO DE CAJABAMBA

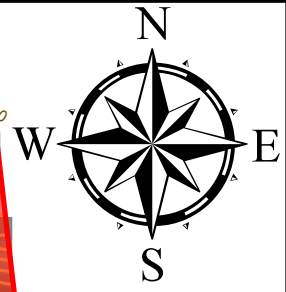
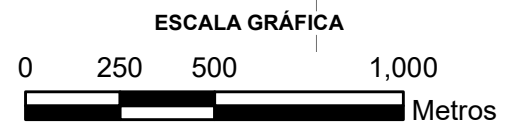
PLANO: ALTITUDINAL ESCALA: 1:20,000

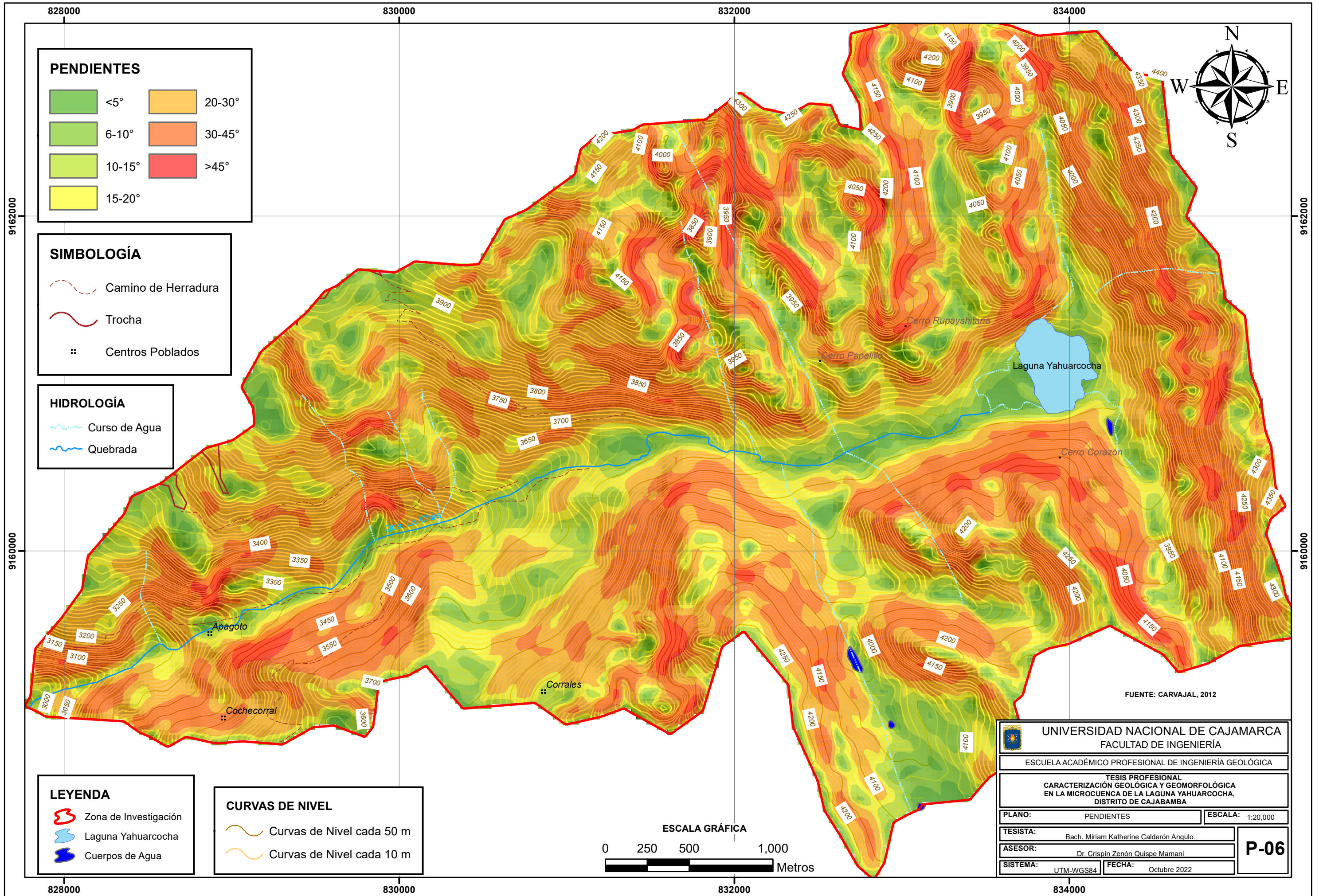
TESISTA: Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo

ASESOR: Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani

SISTEMA: UTM-WGS84 FECHA: Octubre 2022

P-05





PENDIENTES

| | | | |
|--|--------|--|--------|
| | <5° | | 20-30° |
| | 6-10° | | 30-45° |
| | 10-15° | | >45° |
| | 15-20° | | |

SIMBOLOGÍA

- Camino de Herradura
- Trocha
- Centros Poblados

HIDROLOGÍA

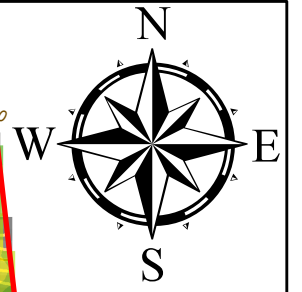
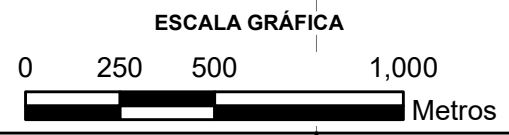
- Curso de Agua
- Quebrada

LEYENDA

- Zona de Investigación
- Laguna Yahuarcocha
- Cuerpos de Agua

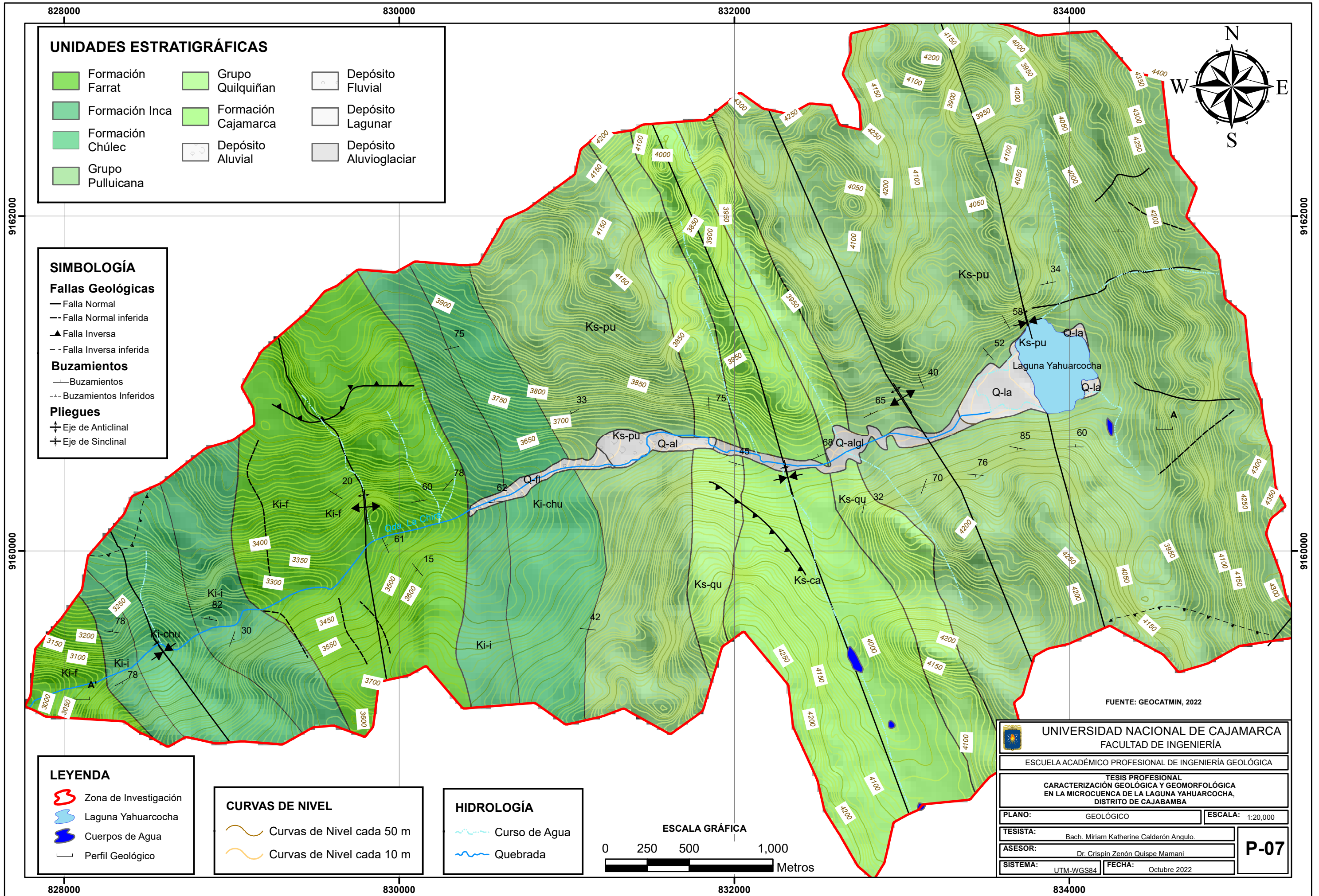
CURVAS DE NIVEL

- Curvas de Nivel cada 50 m
- Curvas de Nivel cada 10 m



FUENTE: CARVAJAL, 2012

| | | | |
|---|--|--|--------------|
| | | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | |
| | | FACULTAD DE INGENIERÍA | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | | | |
| TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA, DISTRITO DE CAJABAMBA | | | |
| PLANO: | PENDIENTES | ESCALA: | 1:20,000 |
| TESISTA: | Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo | | |
| ASESOR: | Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani | | |
| SISTEMA: | UTM-WGS84 | FECHA: | Octubre 2022 |
| | | | P-06 |



UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

- | | | |
|------------------|---------------------|--------------------------|
| Formación Farrat | Grupo Quilquiñan | Depósito Fluvial |
| Formación Inca | Formación Cajamarca | Depósito Lagunar |
| Formación Chúlec | Depósito Aluvial | Depósito Aluvioglaciario |
| Grupo Pulluicana | | |

SIMBOLOGÍA

- Fallas Geológicas**
- Falla Normal
 - - - Falla Normal inferida
 - ▲ Falla Inversa
 - - - Falla Inversa inferida
- Buzamientos**
- Buzamientos
 - - - Buzamientos Inferidos
- Pliegues**
- ⊕ Eje de Anticlinal
 - ⊖ Eje de Sinclinal

LEYENDA

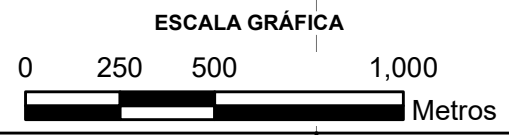
- Zona de Investigación
- Laguna Yahuarcocha
- Cuerpos de Agua
- Perfil Geológico

CURVAS DE NIVEL

- Curvas de Nivel cada 50 m
- Curvas de Nivel cada 10 m

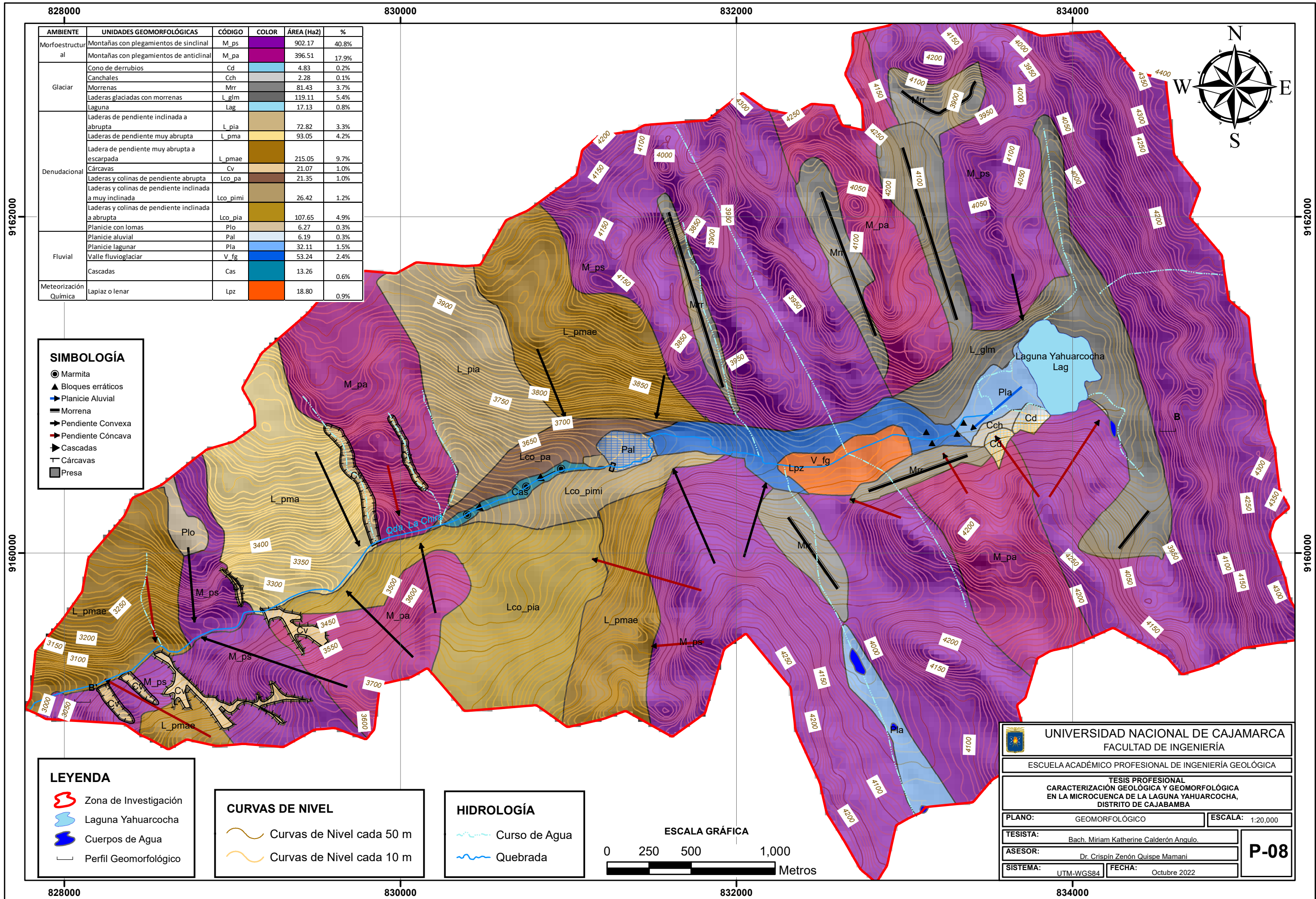
HIDROLOGÍA

- Curso de Agua
- Quebrada



FUENTE: GEOCATMIN, 2022

| | |
|--|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | |
| TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA, DISTRITO DE CAJABAMBA | |
| PLANO: | GEOLÓGICO |
| ESCALA: | 1:20,000 |
| TESISTA: | Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo |
| ASESOR: | Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani |
| SISTEMA: | UTM-WGS84 |
| FECHA: | Octubre 2022 |
| P-07 | |



| AMBIENTE | UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS | CÓDIGO | COLOR | ÁREA (Ha ²) | % |
|-----------------------|--|----------|-------|-------------------------|-------|
| Morfoestructural | Montañas con plegamientos de sinclinal | M_ps | | 902.17 | 40.8% |
| | Montañas con plegamientos de anticlinal | M_pa | | 396.51 | 17.9% |
| Glaciar | Cono de derrubios | Cd | | 4.83 | 0.2% |
| | Canchales | Cch | | 2.28 | 0.1% |
| | Morrenas | Mrr | | 81.43 | 3.7% |
| | Laderas glaciadas con morrenas | L_glm | | 119.11 | 5.4% |
| Denudacional | Laguna | Lag | | 17.13 | 0.8% |
| | Laderas de pendiente inclinada a abrupta | L_pia | | 72.82 | 3.3% |
| | Laderas de pendiente muy abrupta | L_pma | | 93.05 | 4.2% |
| | Ladera de pendiente muy abrupta a escarpada | L_pmae | | 215.05 | 9.7% |
| | Cárcavas | Cv | | 21.07 | 1.0% |
| | Laderas y colinas de pendiente abrupta | Lco_pa | | 21.35 | 1.0% |
| | Laderas y colinas de pendiente inclinada a muy inclinada | Lco_pimi | | 26.42 | 1.2% |
| | Laderas y colinas de pendiente inclinada a abrupta | Lco_pia | | 107.65 | 4.9% |
| | Planicie con lomas | Plo | | 6.27 | 0.3% |
| | Planicie aluvial | Pal | | 6.19 | 0.3% |
| Fluvial | Planicie lagunar | Pla | | 32.11 | 1.5% |
| | Valle fluvio-glaciar | V_fg | | 53.24 | 2.4% |
| Meteorización Química | Cascadas | Cas | | 13.26 | 0.6% |
| | Lapiaz o lenar | Lpz | | 18.80 | 0.9% |

SIMBOLOGÍA

- Marmita
- ▲ Bloques erráticos
- ▶ Planicie Aluvial
- ▬ Morrena
- Pendiente Convexa
- Pendiente Cóncava
- ▶ Cascadas
- └ Cárcavas
- Presa

LEYENDA

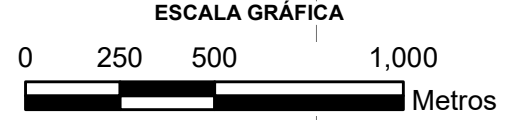
- 🔴 Zona de Investigación
- 🟦 Laguna Yahuarcocha
- 🟩 Cuerpos de Agua
- Perfil Geomorfológico

CURVAS DE NIVEL

- 🟡 Curvas de Nivel cada 50 m
- 🟠 Curvas de Nivel cada 10 m

HIDROLOGÍA

- 🟦 Curso de Agua
- 🟦 Quebrada



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS PROFESIONAL
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA
EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA,
DISTRITO DE CAJABAMBA

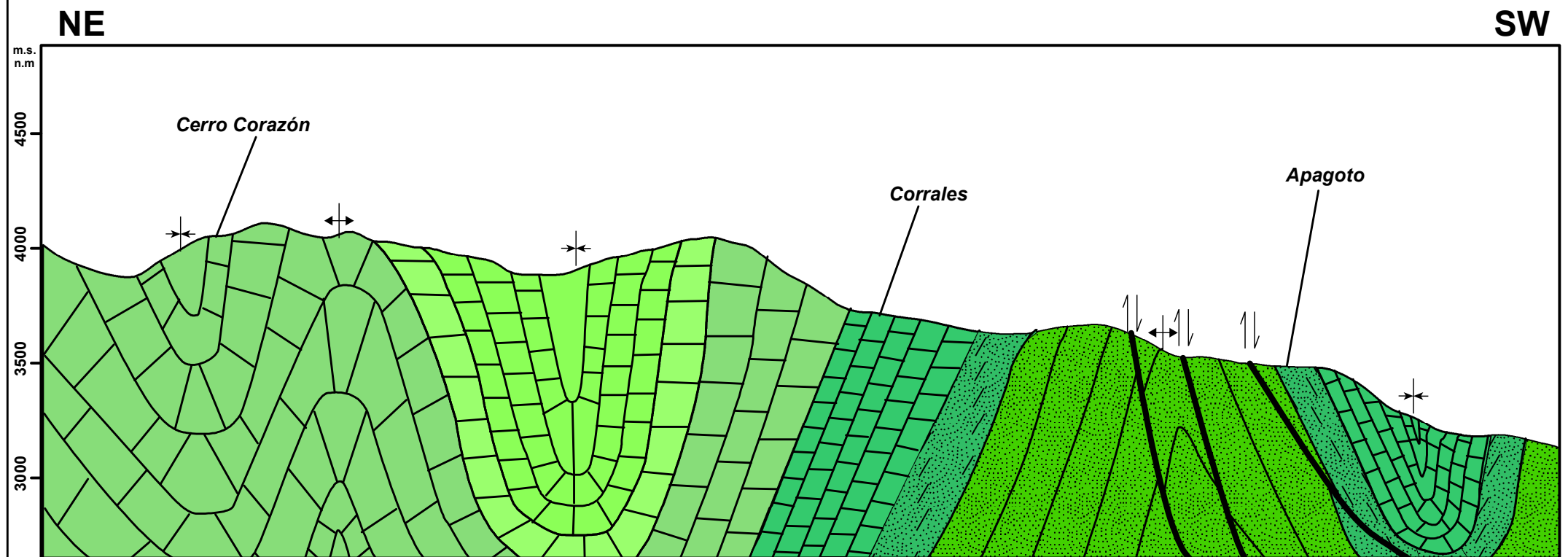
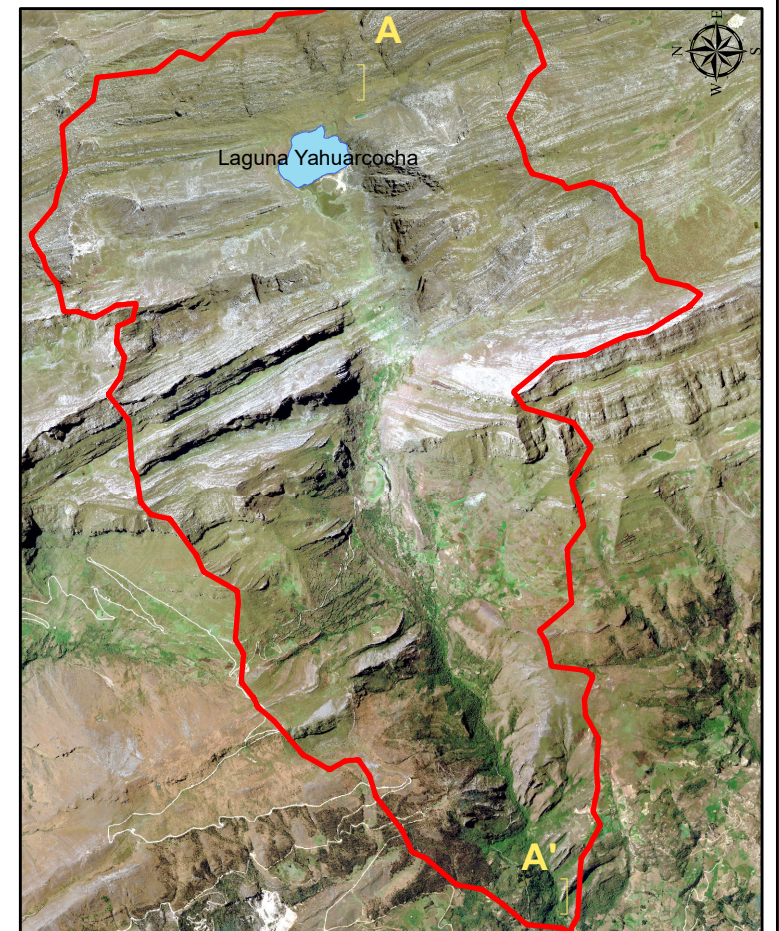
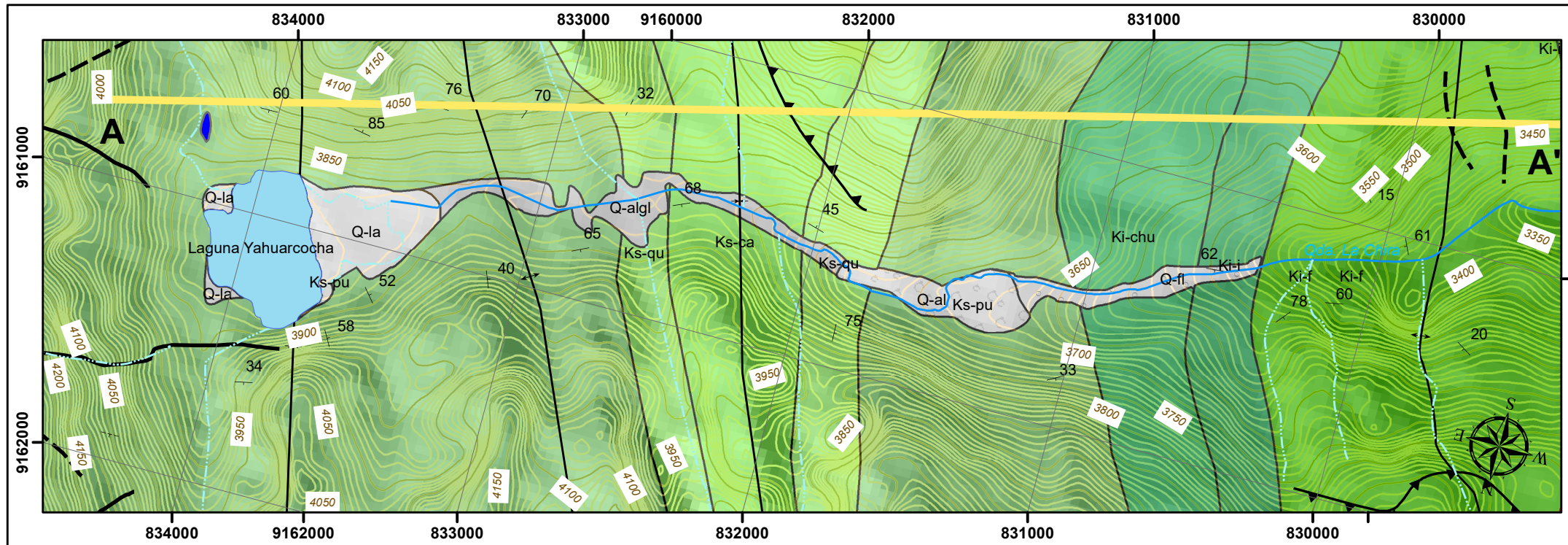
PLANO: GEOMORFOLÓGICO ESCALA: 1:20,000

TESISTA: Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo

ASESOR: Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani

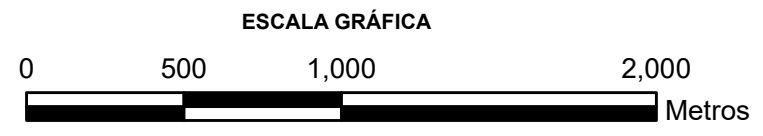
SISTEMA: UTM-WGS84 FECHA: Octubre 2022

P-08

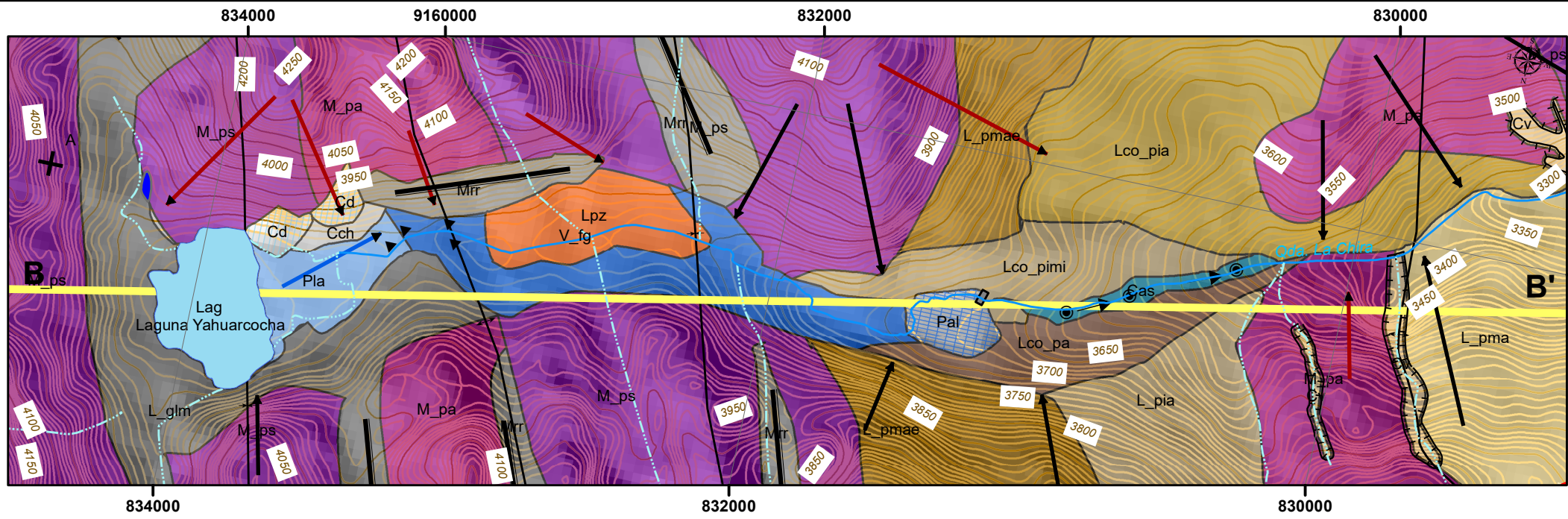


LEYENDA

| | |
|--|---------------------|
| | Formación Cajamarca |
| | Grupo Quilquiñan |
| | Grupo Pullucana |
| | Formación Chúlec |
| | Formación Inca |
| | Formación Farrat |

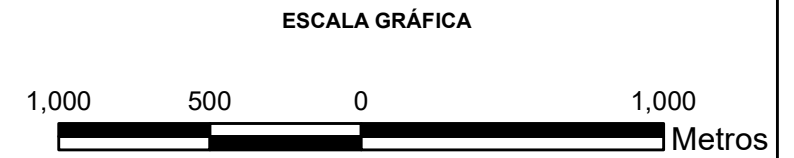
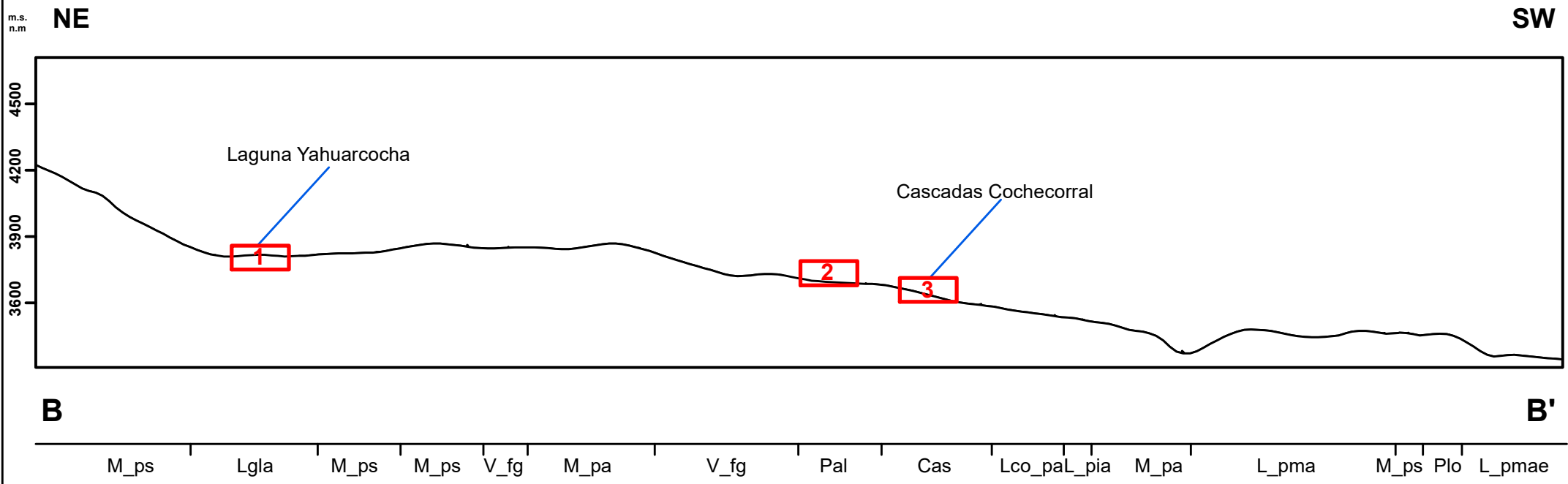


| | |
|--|----------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | |
| TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA, DISTRITO DE CAJABAMBA | |
| PLANO: PERFIL GEOLÓGICO A-A' | ESCALA: 1:20,000 |
| TESISTA: Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo | |
| ASESOR: Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani | |
| SISTEMA: UTM-WGS84 | FECHA: Octubre 2022 |
| P-09 | |



UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS


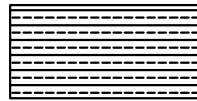
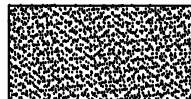
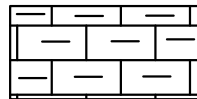
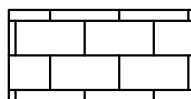
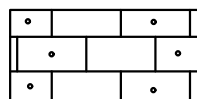
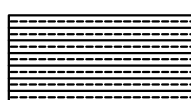
| | |
|--|---|
| Lco_pa, Laderas y colinas de pendiente abrupta | L_pmae, Ladera de pendiente muy abrupta a escarpada |
| Lgla, Laderas glaciadas con morrenas | Plo, Planicie con lomas |
| L_psi, Laderas de pendiente suave a inclinada | Cv, Cárcavas |
| Lco_pima, Laderas y colinas de pendiente inclinada a muy abrupta | M_ps, Montañas con plegamientos de sinclinal |
| Lco_pimi, Laderas y colinas de pendiente inclinada a muy inclinada | M_pa, Montañas con plegamientos de anticlinal |
| L_pia, Laderas de pendiente inclinada a abrupta | V_fg, Valle fluvio-glaciar |
| Lco_pia, Laderas y colinas de pendiente inclinada a abrupta | Lag, Laguna |
| L_pma, Laderas de pendiente muy abrupta | Pla, Planicie lagunar |
| | Pal, Planicie aluvial |
| | Cas, Cascadas |
| | Mrr, Morrenas |
| | Cch, Canchales |
| | Cd, Cono de derrubios |
| | Lpz, Lapiaz o lenar |








| | |
|--|----------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA | |
| TESIS PROFESIONAL CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA, DISTRITO DE CAJABAMBA | |
| PLANO: PERFIL GEOMORFOLÓGICO B-B' | ESCALA: 1:25,000 |
| TESISTA: Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo | |
| ASESOR: Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani | |
| SISTEMA: UTM-WGS84 | FECHA: Octubre 2022 |
| P-10 | |

| ERATEMA | SISTEMA | SERIE | UNIDAD ESTRATIGRÁFICA | ESPESOR (m) | LITOLOGÍA | ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS | DESCRIPCIÓN | |
|-----------|-----------|----------------------|-----------------------|-------------|-----------|---|--|--------------------------------------|
| MESOZOICA | CRETÁCICO | SUPERIOR | Cenozoica | Cuaternario | Holoceno | Cuaternario | | Depósitos fluvioglaciares, aluviales |
| | | | Formación Cajamarca | 300 m | | | Calizas grises. | |
| | | | Grupo Quilquiñán | 150 m | | | Calizas nodulares con margas pardoamarillentas con intercalaciones de limolitas calcáreas. | |
| | | Formación Pulluicana | 500 m | | | Calizas grises con pequeños estratos de limolitas | | |
| | | Formación Chúlec | 200 m | | | Calizas grises nodulosas Margas amarillentas intercaladas con limolitas calcáreas. | | |
| | | Formación Inca | 100 m | | | Areniscas ferruginosas de grano medio a fino con intercalaciones de arcillolitas. | | |
| | | Formación Farrat | 480 m | | | Intercalación de areniscas cuarzosas de grano grueso a medio con arcillolitas | | |
| | | INFERIOR | | | | | | |

LITOLOGÍA

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
|  | Arenisca de grano medio a grueso |  | Arcillolita |
|  | Arenisca de grano medio a fino |  | Marga |
|  | Caliza |  | Caliza nodular |
|  | Limolita | | |

SIMBOLOGÍA

| | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------|
|  | Laminación paralela |  | Estratificación sesgada |
|  | Bioturbación ligera |  | Fragmentos de fósiles |
|  | Superficie Karstificada | | |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS PROFESIONAL
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA
EN LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA YAHUARCOCHA,
DISTRITO DE CAJABAMBA

| | |
|---|-----------------------|
| PLANO: Columna Estratigráfica A-A' | ESCALA: 1:8000 |
| TESISTA: Bach. Miriam Katherine Calderón Angulo. | |
| ASESOR: Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani. | |
| FECHA: Octubre 2022 | |

P-11