

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



TESIS PROFESIONAL

**CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL CENTRO POBLADO DE
OTUZCO - CAJAMARCA**

Tesis para optar el Título Profesional de:
INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

Bach. CASTRO COTRINA MELINA

Asesor:

MCs. Ing. ARAPA VILCA, VICTOR AUSBERTO

CAJAMARCA-PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: CASTRO COTRINA MELINA

DNI: 47359534

Escuela Profesional: INGENIERÍA GEOLÓGICA

2. Asesor: M. CS. ING. ARAPA VILCA VICTOR AUSBERTO

Facultad: INGENIERÍA

3. Grado académico o título profesional

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

5. Título de Trabajo de Investigación:

"CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL CENTRO POBLADO DE OTUZCO - CAJAMARCA"

6. Fecha de evaluación: 20 de agosto del 2024

7. Software antiplagio: TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 21%

9. Código Documento: oid: 3117:374239852

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 22 de agosto del 2024



FIRMA DEL ASESOR

M. CS. ING. ARAPA VILCA VICTOR AUSBERTO

DNI: 29552145



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258801 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 22/08/2024 22:34:25-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater Universidad Nacional de Cajamarca y a mi querida Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica por formarme de manera profesional.

A mis docentes por los conocimientos y enseñanzas adquiridos en mis años de universitaria.

A mi familia por el apoyo incondicional y por los ánimos que me dan día a día para ser más fuerte.

A mis amigos por el apoyo y su amistad sincera de todos estos años.

Al MCs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca por compartir sus conocimientos y por la asesoría para que esta tesis profesional se haga realidad.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres Jorge y Elena, por su apoyo incondicional, por estar conmigo en las buenas y en los malos momentos, por sus sabios consejos y por su amor infinito.

A mis hermanos Karla y Andy, por darme siempre ánimos y por todo su amor.

A toda mi familia en general, por creer siempre en mí y por todo el apoyo.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
CONTENIDO	III
INDICE DE TABLAS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE FOTOS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPITULO I : INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	3
2.1.3. Antecedentes Locales	4
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. Etimología y Definiciones de Geomorfología.....	4
2.2.2. El Mapa Geomorfológico. Definición.....	8
2.2.3. Elementos básicos de representación	9
2.2.4. Clasificación de Geoformas	9
2.2.5. Metodología que utilizó el Ingemmet para el Mapa Geomorfológico del Perú.....	10
2.2.6. Jerarquización Geomorfológica.....	11
2.2.7. Fundamentos de la Cartografía Geomorfológica	14
2.2.8. Nomenclatura y colores para los polígonos de los mapas geomorfológicos.....	25
2.2.9. Proceso Geodinámico.....	26
2.2.10. Geomorfología Kárstica	28
2.2.11. Definición de Términos Básicos	32

	Pág.
CAPITULO III:MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.1.1. Geográfica	34
3.1.2. Política.....	34
3.1.3. Accesibilidad	35
3.1.4. Clima	36
3.1.5. Vegetación.....	36
3.2. PROCEDIMIENTOS.....	38
3.2.1. Etapa pre campo	38
3.2.2. Etapa campo	38
3.2.3. Etapa Gabinete.....	38
3.2.4. Metodología.....	38
3.3. GEOLOGÍA LOCAL	39
3.3.1. Cretáceo	39
3.3.2. Cuaternario	42
3.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	43
3.4.1. Estructuras continuas.....	43
3.4.2. Estructuras discontinuas	46
3.5. GEOMORFOLOGÍA	47
3.5.1. Unidades por Proceso Estructural	47
3.5.2. Unidades por Procesos Denudativos	49
3.5.3. Unidades por Procesos Fluviales.....	55
3.5.4. Unidades por Procesos Kársticos	61
3.5.5. Unidades Geomorfológicos por Procesos Antropogénicos	65
3.6. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	67
3.6.1. Análisis Morfométrico.....	67
CAPÍTULO IV:ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
4.1. CONTEXTO MORFOGENÉTICO	76

	Pág.
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	90
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
5.1. CONCLUSIONES.....	92
5.2. RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	96

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clases o atributos y sus ejemplos del perfil de la topografía	16
Tabla 2. Formas de la superficie	18
Tabla 3. Relación de Procesos Geodinámicos y Unidades Geomorfológicas.	19
Tabla 4. Clasificación de Unidades Morfogénicas.....	22
Tabla 5. Colores establecidos para los polígonos de las geoformas	26
Tabla 6. Relación de colores propuesta en función de su morfogénesis.....	26
Tabla 7. Delimitación del área de análisis.	34
Tabla 8. Accesibilidad al área de análisis	35
Tabla 9. Clasificación de Unidades Morfogenéticas.....	76
Tabla 10. Unidades Geomorfológicas con la metodología del INGEMMET en el área de análisis.....	78
Tabla 11. Áreas según tipo de Ambiente Morfogenético.....	80
Tabla 12. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Estructurales del área de análisis.	81
Tabla 13. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Denudacionales del área de análisis.....	83
Tabla 14. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Fluviales del área de análisis.	84
Tabla 15. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Kársticos del área de análisis.	86
Tabla 16. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Antrópicos del área de análisis.	88
Tabla 17. Unidades Geomorfológicas según el Ambiente Morfogenético identificadas en el Centro Poblado de Otuzco.	90

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo de Erosión de Davis. (a) Estado inicial del relieve (b) y (c) Etapa de juventud (d) y (e) Etapa de madurez (f) Etapa de Senectud con la elaboración de la penillanura y algunos monadnocks (g) Levantamiento y comienzo de un nuevo ciclo de erosión. (Dibujado por Raisz en Strahler, 1965).	7
Figura 2. Fuerzas internas y fuerzas externas en el modelado del relieve terrestre (M.J. Selby,1990).	8
Figura 3. Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto para Ingeominas	12
Figura 4. Clases o atributos de un perfil topográfico (Zinck, 2012)	16
Figura 5. Perfil esquemático del ambiente estructural, mostrando las unidades morfoestructurales con laderas estructurales, crestas estructurales, mesetas estructurales y laderas erosionales con procesos erosivos variables (Robertson y Jaramillo,2012).	20
Figura 6. Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales con terrazas aluvial torrenciales de edad relativa (Robertson y Jaramillo, 2012).	21
Figura 7. Perfil esquemático de Ambiente Fluvial (Robertson y Jaramillo,2012).....	22
Figura 8. Ciclo Kárstico (Grund,1914)	29
Figura 9. Principales tipos de dolinas de subsidencia. No se incluyen las dolinas de disolución generadas por rebajamiento por corrosión de la superficie del terreno (Gutiérrez et al., 2008)	31
Figura 10. Iniciación y desarrollo de dolinas de disolución en zonas de incremento de infiltración con un importante diaclasado tectónico. (Williams ,1983).....	32
Figura 11. Promedio de temperatura normal para Cajamarca.....	36
Figura 12. Loma en la Formación Cajamarca en el área de análisis.....	50
Figura 13. Rio Chonta cauce permanente en el área de análisis. (Coordenadas 781217E 9211599N).	57
Figura 14. Abanico Aluvial en la Quebrada Samanay, en la Formación Mujarrum. (Coordenadas UTM 783078E 9209855N). Fuente Google Earth fecha del 21/02/2024.	59
Figura 15. Calera en el área de análisis.	67
Figura 16. Áreas en hectáreas del área de análisis según la clasificación de Rodríguez.	77

	Pág.
Figura 17. Áreas en porcentaje de las Unidades Morfogenéticas en el área de análisis, según la clasificación de Rodríguez.	77
Figura 18. Unidades y Subunidades Geomorfológicas con la metodología del INGEMMET en el área de análisis.	79
Figura 19. Subunidades Geomorfológicas en porcentaje con la metodología del INGEMMET.	79
Figura 20. Área por tipo de Ambiente Morfogenético del área de estudio.	81
Figura 21. Áreas en ha de las Unidades Geomorfológicas Estructurales del área de análisis.	82
Figura 22. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Estructurales.	82
Figura 23. Áreas en ha de las Unidades Geomorfológicas Denudacionales del área de análisis.	83
Figura 24. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Denudacionales.	84
Figura 25. Áreas en ha de las Unidades Geomorfológicas Fluviales del área de análisis.	85
Figura 26. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Fluviales.	86
Figura 27. Áreas en ha de las Unidades Geomorfológicas Kársticos del área de análisis.	87
Figura 28. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Kársticos.	87
Figura 29. Áreas en Ha de las Unidades Geomorfológicas Antrópicas del área de análisis.	88
Figura 30. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Antrópicas.	89

INDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Acceso al área de análisis.	35
Foto 2. Vegetación del lugar de estudio, como son eucaliptos y pinos.	37
Foto 3. Vegetación perteneciente al área de análisis.	37
Foto 4. Formación Quilquiñan- Mujarrun, estratos de calizas con intercalaciones de lutitas pardo-amarillentas, con una orientación de la foto de 273 W.	39
Foto 5. Formación Cajamarca con calizas grises azuladas con venillas de calcita.	40
Foto 6. Formación Cajamarca con rocas nodulares con presencia de lenares.	40
Foto 7. Calizas con lutitas pardo amarillentas, Coordenadas UTM 782517 E 9211382 N, con orientación 76° NE.	41
Foto 8. Lutitas pardo amarillentas de la Formación Celendín con Coordenadas UTM 777633 E 9209730 N.	41
Foto 9. Depósitos Lagunares que se encuentran en la parte baja del área de análisis, los pobladores lo utilizan para tierra de cultivo.	42
Foto 10. Depósitos lagunares en la zona de estudio, ubicados al Este de la Quebrada Campanarume.	43
Foto 11. Quebrada Campanarume, donde se encuentra el eje del Pliegue (Sinclinal en forma de abanico) ubicado en el área de análisis. En amarillo el eje del Sinclinal y en rojo un flanco del Sinclinal.	44
Foto 12. Deformación del Sinclinal en la Quebrada Campanarume.	44
Foto 13. Deformación sufrida por la estructura continua (Sinclinal en abanico).	45
Foto 14. Monoclinal en el área de estudio en la Formación Cajamarca.	45
Foto 15. Sistema formado por dos familias de diaclasas en plano de estrato (Coordenadas UTM 783236 E, 9211232N) (Orientación 80°NE).	46
Foto 16. Sistema formado por dos familias de diaclasas en plano de estrato en la Formación Celendín (Coordenadas UTM 783380E, 9211244N) (Orientación 179°S).	46
Foto 17. Escarpe estructural con una inclinación máxima de 71°, aproximada a la Quebrada Campanarume.	47

	Pág.
Foto 18. Izquierda. Foto satelital de plegamientos en el área de análisis Fuente Google Earth Fecha de imágenes 21/02/2024. Derecha. Foto en campo de plegamientos en el área de análisis.....	48
Foto 19. Flanco del Anticlinal de Otuzco en la Quebrada Campanarume.....	48
Foto 20. Vista del Cerro Coñorpunta con pendiente mayor de 65°, ubicada al Oeste de la Quebrada Samanay.....	49
Foto 21. Ladera denudacional con vista de los ángulos de inclinación. (Coordenadas UTM 782487 E 9211343 N, Orientación foto 274°W).....	49
Foto 22. Colina en el área de análisis en la Formación Mujarrum.....	50
Foto 23. Vista de un deslizamiento en la Formación Celendín, identificando sus partes. (Orientación de la foto 154° SE).....	51
Foto 24. Deslizamiento en la Formación Celendín, ubicado al margen izquierdo de la Quebrada Campanarume, formado por movimientos de masa favorecido por la pendiente y gravedad. (Coordenadas 782486E 9211335N, Orientación de foto 178°S).....	52
Foto 25. Vista de tres deslizamientos continuos en la Formación Celendín, dos de ellos son cortados por una quebrada secundaria, la pendiente de la zona de ocurrencia favorece la formación de estos deslizamientos.....	52
Foto 26. Deslizamiento en el lado izquierdo de la Quebrada Campanarume. (Coordenadas 783304E 9211166N, Orientación de foto 181°S).....	53
Foto 27. Deslizamiento favorecido por la pendiente en la Formación Celendín debido a los procesos denudativos.....	53
Foto 28. Planicie en el área de análisis perteneciente a los depósitos lagunares, con una pendiente de 4°.....	54
Foto 29. Planicie en la Formación Cajamarca y Formación Quilquiñan, con una pendiente de 4°.....	54
Foto 30. Altiplanicie con terrenos ligeramente ondulados con diferentes elevaciones. (Coordenadas UTM 782739E, 9210040 N) Orientación de foto 64° NE.....	55
Foto 31. Terrazas de acumulación a la zona izquierdo de la Quebrada Campanarume (Coordenadas UTM 783727 E 9211015 N, Orientación de foto 141°SE).....	56
Foto 32. Terraza de acumulación a la zona izquierda de la Quebrada Campanarume. (Coordenadas UTM 783703 E 9211026 N, Orientación de foto 190° S).....	56

	Pág.
Foto 33. Terraza de erosión (Coordenadas UTM 783606 E 9211033 N, Orientación de foto 12°N).	57
Foto 34. Canal en el área de análisis, cauce artificial realizado por la mano del hombre para transportar el agua para darle diferentes usos uno de ellas el cultivo. (Coordenadas UTM 782784E 9211287N, Orientación de foto 189°S).....	58
Foto 35. Cauce intermitente en la Quebrada Campanarume, esta depende de las lluvias para que haya presencia de agua. (Coordenadas 783565E 9211036N, Orientación de foto 289°W).	58
Foto 36. Llanura de inundación al margen derecho de la Quebrada Campanarume. (Coordenadas UTM 782486 E 9211335 N, Orientación 178°S).....	59
Foto 37. Valle fluvial en el área de análisis, característico la forma en V. (Coordenadas UTM 783571E 9211036N, Orientación 110°E).....	60
Foto 38. Reservorio de agua en la Formación Celendín en el área de análisis. (Coordenadas UTM 783187 E, 9211223 N, Orientación de foto 234° SW).....	61
Foto 39. Captación de agua de un manantial en Formación Celendín en el área de análisis. (Coordenadas UTM 783284E 9211208 N, Orientación de foto 168° S).....	61
Foto 40. Ladera Ondulada Kárstica en rocas sedimentarias de la Formación Cajamarca, con una inclinación aproximada de 65°.....	62
Foto 41. Ladera Ondulada Kárstica con pendiente moderada de aproximadamente 75° en rocas sedimentarias de la Formación Cajamarca.	62
Foto 42. Meteorización química (disolución en rocas calcáreas).	63
Foto 43. Disolución superficial de roca caliza de la Formación Cajamarca en el área de análisis.....	63
Foto 44. Lenares formados por agentes de meteorización química como el agua, se aprecia en la foto la acumulación del agua de lluvia que está empezando a realizar una disolución superficial en la roca calcárea.	64
Foto 45. Lenares con presencia de aristas con cierta continuidad debido a la dirección del agua por el cual ha sido afectada la roca calcárea, perteneciente a la Formación Cajamarca.	64
Foto 46. Roca calcárea con presencia de canaladuras angulosas por de disolución del carbonato cálcico.	65

	Pág.
Foto 47. Construcciones de edificaciones en el Centro Poblado de Otuzco, asentado en Depósitos Lagunares.....	66
Foto 48. Charcas artificiales realizadas por los pobladores en el área de análisis.	66

LISTA DE ABREVIATURAS

EIA	:	Estudio de Impacto Ambiental
Fm	:	Formación
GPS	:	Sistema de Posicionamiento Global
UTM	:	Universal Transversal de Mercator
UM	:	Unidad Morfogenética
INGEMMET	:	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

RESUMEN

La Tesis se llevó a cabo en el centro poblado de Otuzco, en el distrito de Los Baños del Inca y provincia de Cajamarca, se realizó la caracterización de las unidades geomorfológicas de la área de análisis; para esto se utilizó la metodología del INGEMMET que se basa en la publicación sobre geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación de tierras propuesto por Villota (2005), la leyenda internacional de la Unión Geográfica Internacional (UGI), el método holandés establecido por el Instituto de Levantamientos Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra-ITC (Verstappen y Van Zuidam, 1991) y el sistema español siguiendo la metodología desarrollada por el Instituto Geológico y Minero de España–IGME en la “Guía para la elaboración del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50,000 (Martín-Serrano et al, 2004), dando como resultado el mapa 06 ; también se utilizó la clasificación realizada por Carvajal y se obtuvo que tenemos cinco Ambiente Morfogénicos los cuales son: Estructural, Denudacional, Fluvial, Kárstico y Antrópico, teniendo 3 del primero, 6 del segundo ,6 del tercero, 2 del cuarto y 3 del quinto unidades geomorfológicas, por lo tanto tenemos 20 unidades geomorfológicas en total caracterizados en la área de análisis ; estos datos obtenidos se realizaron gráficos para saber el área (ha) y el porcentaje que ocupa en la área de análisis; se obtuvo cuatro perfiles topográficos realizados en el Google Earth los cuales se describieron ; también se realizó un cartografiado lo cual nos da como resultado el plano geomorfológico-estructural realizado a escala 1 : 15000 con todas las unidades geomorfológicas encontradas en la área de análisis , para ello se empleó la propuesta de estandarización de Carvajal y en complemento con la simbología utilizada por el Instituto Geológico y Minero de España.

Palabras claves: Ambiente morfogenético, unidades geomorfológicas.

ABSTRACT

The Thesis was carried out in the town of Otuzco, in the district of Los Baños del Inca and province of Cajamarca, characterizing the geomorphological units of the analysis área; for this, the INGEMMET methodology was used, based on the publication on geomorphology applied to soil surveys and land zoning proposed by Villota (2005), the international legend of the International Geographic Union (IGU), the Dutch method established by the INGEMMET (2005), the Dutch method established by the International Geographic Institute (INGEMMET) and the Dutch method of the International Geographic Union (IGU), the Dutch method established by the Institute of Aerospace Surveys and Earth Sciences-ITC (Verstappen and Van Zuidam, 1991) and the Spanish system following the methodology developed by the Geological and Mining Institute of Spain -IGME in the “Guide for the elaboration of the Geomorphological Map of Spain at scale 1: 50,000 ”(Martin-Serrano et al, 2004), resulting in map 06; the classification made by Carvajal and it was obtained that we have five morphogenetic environments which are: Structural, Denudational, Fluvial, Karstic and Anthropic, having 3 of the first, 6 of the second, 6 of the third, 2 of the fourth and 3 of the fifth geomorphological units, therefore we have 20 geomorphological units in total characterized in the study área; these data obtained were made graphs to know the área (ha) and the percentage occupied in the study área; four topographic profiles were obtained from Google Earth, which were described; a mapping was also carried out, resulting in a geomorphological-structural plan at a scale of 1:15000 with all the geomorphological units identified in the analysis área, for this purpose, the Carvajal standardization proposal was used and in addition to the symbolism used by the Geological and Mining Institute of Spain.

Key words: Morphogenetic environment, geomorphologic unit

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El relieve tarda mucho tiempo para poder formarse e influyen muchos factores para su transformación y evolución como son la meteorización y erosión que nos van a dar como resultado el relieve actual y así poder estudiar las formas superficiales de la tierra que es la geomorfología.

La geomorfología de Cajamarca cuenta con unidades geomorfológicas como altiplanicie, colinoso, montañoso y planicie, pero en este trabajo de investigación vamos a conocer las unidades geomorfológicas que existen en la zona de Otuzco en específico.

La zona de estudio que comprende el centro poblado de Otuzco y sus alrededores, el cual debido a los diversos procesos exógenos y endógenos el área de análisis ha sufrido diversas transformaciones obteniendo el relieve actual.

Se podrá identificar las diferentes geoformas en el centro poblado de Otuzco para poder realizar un estudio posterior que nos va ayudar a identificar los peligros geológicos.

Guiándonos con la geomorfología de Cajamarca que tiene diferentes relieves vamos a realizar un análisis de las unidades geomorfológicas que encontramos en el centro poblado de Otuzco y pueda aportar a la geomorfología local, ejecutar un estudio posterior e interpretar los peligros geológicos que pueden afectan a los pobladores de las zonas cercanas a la área de análisis; debido a esto se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las características geomorfológicas presentes en el centro poblado de Otuzco? ; por la cual se plantea la siguiente hipótesis : Con la aplicación de la metodología utilizada por el INGEMMET se podrá caracterizar la geomorfología de la zona de estudio teniendo en cuenta el cartografiado geomorfológico y unidades geomorfológicas.

La justificación de la investigación es, que, va a servir como antecedente para estudios posteriores, modelamiento actual, susceptibilidad, identificación de riesgos, Estudio de Impacto Ambiental (EIA) semidetallado, detallado y ordenamiento territorial.

Con respecto a la delimitación espacial la investigación se realizará en el caserío de Otuzco y sus alrededores, y el área será medido en Km²; la delimitación se centrará en la caracterización geomorfológica de la zona de estudio.

La investigación tiene como objetivo principal: caracterizar las unidades geomorfológicas presentes en la zona de Otuzco; como objetivos específicos: Identificar unidades geomorfológicas en la zona de estudio, Realizar el cartografiado geomorfológico de la zona de estudio, Determinar el modelamiento actual de la zona de estudio.

La siguiente es una lista de los capítulos que componen este trabajo de investigación:

Capítulo II. Corresponde al marco teórico de la investigación, donde hace mención a los autores con títulos bibliográficos; antecedentes internacionales, nacionales y locales; teoría y términos que nos ayudaron a realizar esta tesis.

Capítulo III. Materiales y métodos Materiales, se considera la ubicación, accesibilidad, clima y vegetación, Hidrología y los procedimientos, tratamiento, contexto Geológico y contexto Geomorfológico.

Capítulo IV. Análisis y Discusión de Resultados; se describe, explica y se discuten los resultados.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones, de acuerdo a los resultados obtenidos basado en los objetivos propuestos se determina las conclusiones, asimismo se plantean algunas recomendaciones.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Quesada, R (2017). En la tesis denominado: Cartografía Geomorfológica de la cuenca del río Guacimal– Costa Rica, nos presenta la cartografía geomorfológica a escala 1:25.000 del río Guacimal, la cual permite explicar la dinámica de los agentes involucrados responsables del modelado de la cuenca.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Durand, D (2004). En la tesis denominada: Geomorfología del origen del río Amazonas. Aborda el no hasta hace mucho discutido tema del origen de río Amazonas, analizando para ello las formas del relieve y los procesos morfodinámicos más saltantes, de esta parte de la cordillera del Chila, a la cual se ha llegado finalmente después de numerosos acercamientos efectuadas por expediciones anteriores.

Vásquez, J (2009). En la tesis denominada: Movimientos en masa en la quebrada Canto Grande, Lima. Este trabajo tiene como fin detectar las áreas afectadas por los fenómenos de remoción en masa movimientos en masa generados en la Qda. Canto Grande, para apoyar la gestión de riesgos, dentro de la planificación, el ordenamiento territorial, afianzando el papel de la Geología en el diseño urbano.

2.1.3. Antecedentes Locales

Ayay, R (2018). En la tesis denominada: Geomorfología del caserío del Hierba Buena y entorno, centro poblado de Porcón Alto – Cajamarca. Se concluye que hay cuatro ambientes geomorfológicos: Estructural, Denudacional, Fluvial y Volcánico.

Vergara, R (2017). En la tesis denominada: Caracterización de las unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca. Se concluyo que existen cuatro ambientes geomorfológicos: Estructural, Denudacional, Fluvial y Antrópico, ocho unidades geomorfológicas y trece subunidades Geomorfológicas que conforman el distrito de Jesús.

Manya, J (2016). En la tesis denominada: Geomorfología de la laguna San Nicolás y el entorno entre los distritos de Jesús y Namora- Cajamarca. Concluye que las unidades geomorfológicas estructurales tuvieron un origen debido a los plegamientos (sinclinal colgado) y fallas normales. También concluye que existen unidades geomorfológicas Denudacionales que son debido a los procesos erosivos que afectaron a las rocas silicoclásticas y calcáreas.

2.2. BASES TEÓRICAS

Para poder realizar este trabajo debemos conocer ciertos bases teóricas y conceptos que nos ayudaran para realizar el trabajo de investigación.

2.2.1. Etimología y Definiciones de Geomorfología

Etimológicamente, Geomorfología deriva de las raíces griegas geo (Tierra), morfhos (forma) y logos (tratado). Por lo tanto, esta ciencia se preocupa por la forma de la tierra.

Varios autores dan definiciones más prácticas sobre esta materia.

Así, según Vierns (1973) la geomorfología es una ciencia de síntesis que tiene por objeto clasificar y explicar las formas del relieve. También Derruau (1966) la define como “el estudio de las formas del relieve terrestre “. Según él es una ciencia que se propone describir y explicar; esto es, describir las formas y explicar el relieve, su evolución y los procesos de su modelado. Así mismo Van Zuidam (1973) relaciona la geomorfología con el análisis del terreno, el que define como “un estudio que describe las formas del terreno y los procesos que condujeron a su formación, y que, además, investiga las interrelaciones de esas formas y procesos en su distribución o arreglo espacial”. Mas adelante Strahler (1974) lo define como “el estudio del origen y desarrollo sistemático de todas las formas del relieve de la tierra “se denomina

geomorfología, aunque puede muy bien llamarse “el estudio del relieve”. Para este autor, la geomorfología se interesa igualmente en el aspecto, en los procesos y estados de desarrollo de esas geofomas. Dos años después Soeters (1976) define a la geomorfología como “la ciencia que trata de la superficie terrestre y sus orígenes”. Un tiempo después Schumm (1991) define la geomorfología como la ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se preocupa entre las interacciones de varios tipos de materiales y procesos implicando los sólidos, líquidos y gaseosos.

La geomorfología tiene como objeto:

La descripción de las formas del terreno.

La explicación de su génesis, o sea, de su origen y evolución a través del tiempo geológico.

La definición de la naturaleza y distribución de los materiales que constituyen las geofomas.

La clasificación de los paisajes, principalmente con base en su morfología, origen, edad y composición.

La explicación y descripción de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores.

Según Verstappen (1987), la geomorfología involucra los siguientes conceptos, que en orden cronológico han marcado la evolución y el desarrollo de esta disciplina:

Forma del terreno. Descripción cualitativa y cuantitativa de las formas del terreno (geomorfología estática). Prevalece antes del siglo XVIII.

Procesos. Trata de los cambios de las geofomas a corto plazo (geomorfología dinámica).

Concepto aplicado a finales del siglo XVII y comienzos del XVIII.

Génesis. Desarrollo a largo plazo de las geofomas (geomorfología genética). Prevalece desde mitad del siglo XIX.

Medio Ambiente. Involucra la relación entre el paisaje y la ecología (geomorfología ambiental).

Concepto aplicado desde la mitad del siglo XX hasta la actualidad.

La geomorfología involucra los siguientes conceptos, de acuerdo con Van Zuidam (1985):

Morfología. Trata de la apariencia y forma del relieve en general.

Morfografía. Descripción cualitativa de las geofomas.

Morfometría. Trata de los aspectos cuantitativos de las geofomas. Medidas, dimensiones y valores.

Morfogénesis. Estudia el origen y la evolución de las formas del terreno.

Etapa de senilidad o senectud: las pendientes de los valles se reducen más, la topografía es suave con pocos desniveles y se llega a formar una penillanura.

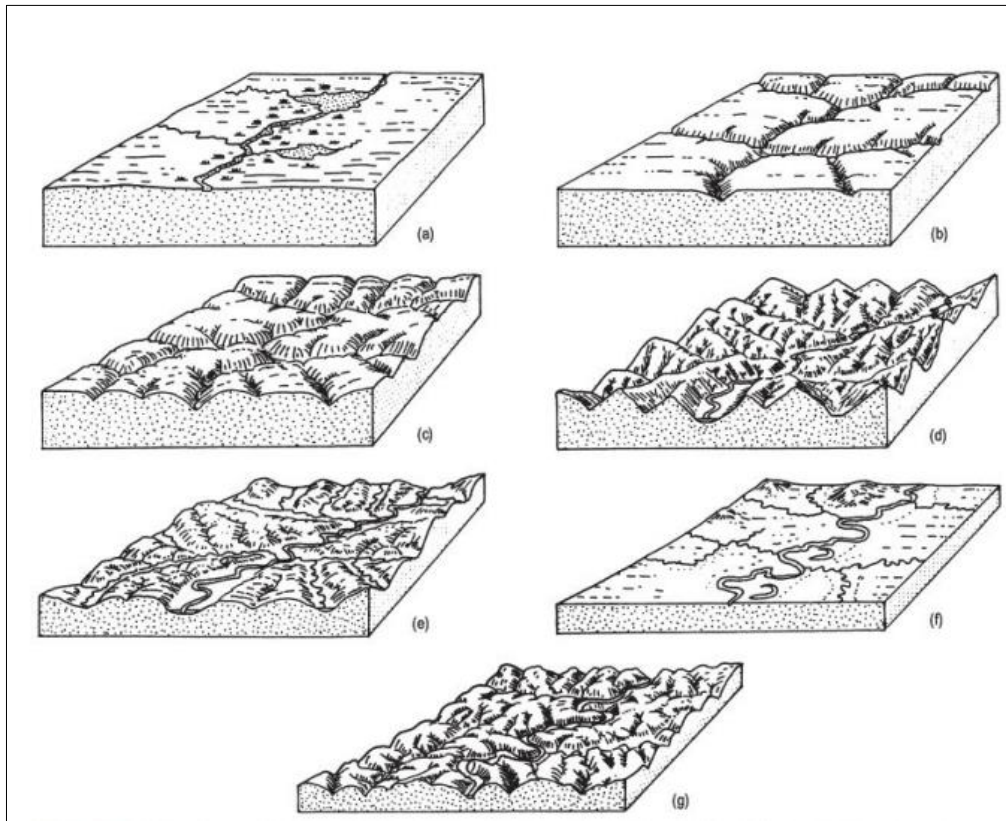


Figura 1. Ciclo de Erosión de Davis. (a) Estado inicial del relieve (b) y (c) Etapa de juventud (d) y (e) Etapa de madurez (f) Etapa de Senectud con la elaboración de la penillanura y algunos monadnocks (g) Levantamiento y comienzo de un nuevo ciclo de erosión. (Dibujado por Raisz en Strahler, 1965).

En cualquier sistema geomórfico se manifiestan procesos endógenos o internos (tectónica, volcanismo) y exógenos o externos (geomórficos), que derivan de gran parte de la fuerza climática. (Scheidegger, 1961).

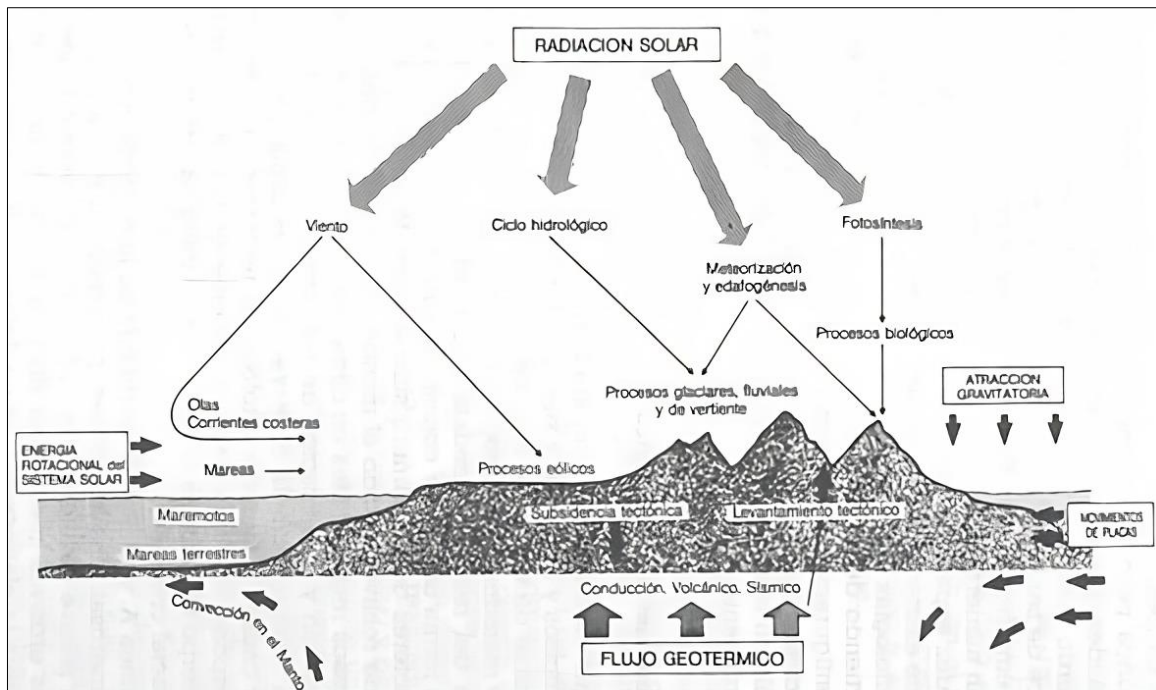


Figura 2. Fuerzas internas y fuerzas externas en el modelado del relieve terrestre (M.J. Selby,1990).

2.2.2. El Mapa Geomorfológico. Definición

A pesar de lo reciente de su concepción y desarrollo, existen visiones muy diferentes acerca de lo que debe entenderse por Mapa Geomorfológico, influyendo decisivamente en esta amplia variabilidad la especialización formativa de los autores y la aplicación concreta a la que va destinada la cartografía.

Así, PANIZZA (1972) señala que el mapa geomorfológico "estudia las formas del relieve desde un punto de vista interpretativo, el análisis de las causas que han determinado los procesos y formas, la relación de interdependencia entre éstas, así como las características evolutivas y el grado de equilibrio que mantienen en el ambiente natural". También GARZON (1978) indica que "debe realizarse esta representación gráfica dentro del marco de unas normas generales que definan previamente los contenidos del mapa y los signos y elementos cartográficos necesarios para su percepción gráfica. Lo primero que hay que hacer es, pues, decidir el método que se va a aplicar". Así pues, el mapa geomorfológico es un documento gráfico en el que están representadas de forma sintética todas las formas del relieve de una región. Se trata de una interpretación subjetiva del paisaje geomorfológico, pero debe ser fácilmente referenciable sobre el terreno. El mapa debe incluir la representación de las formas del relieve, de modo individual o formando unidades territoriales, la génesis de los procesos, la evolución de las formas y el grado de equilibrio dinámico. La representación se hará a una

escala adecuada con la textura del relieve y con la finalidad concreta de la representación, siguiendo a ser posible una metodología o normas generales. Más adelante lo define RODOLFI (1983) el mapa geomorfológico es "un documento que representa sintéticamente las características de las formas del paisaje y su distribución en el interior de una unidad territorial; el detalle de la representación está en función de la escala a la que compete la observación y de la textura del relieve". Mas adelante HERRERO (1988) define el Mapa geomorfológico como "un mapa temático que proporciona un inventario explicativo del relieve, debidamente especializado. Su contenido debe ser referenciable sobre el terreno".

2.2.3. Elementos básicos de representación

Los mapas geomorfológicos representan el relieve continental y del fondo de los océanos, es decir los límites entre el cuerpo sólido terrestre (litosfera) y sus envolturas líquida y gaseosa (hidrosfera y atmósfera). A pesar de la gran diversidad de escuelas y métodos de cartografía geomorfológica parece claro que hay una serie de elementos que deben ser representados en los mapas básicos y que pueden resumirse en los siguientes:

Información topográfica. Normalmente, la base topográfica del mapa nacional, a una escala adecuada para el trabajo geomorfológico.

Información hidrológica. Existente igualmente en el mapa topográfico de base.

Datos geológicos. Litología, tectónica, formaciones superficiales, marco morfoestructural. Información basada normalmente en mapas geológicos ya existentes (Peña,1997).

2.2.4. Clasificación de Geoformas

➤ *De carácter tectónico degradacional y erosional*

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas colinas, lomadas y planicies o antiplanicies.

➤ *De carácter deposicional o agradacional*

Son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, las cueles tienden a nivelar la

superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados (Ingemmet, 2016).

2.2.5. Metodología que utilizó el Ingemmet para el Mapa Geomorfológico del Perú

Para su elaboración, se usó como apoyo la carta geológica del Ingemmet, la base topográfica del IGN, fotografías aéreas e imágenes de satélite.

En la actualización de las subunidades geomorfológicas, se consideró aspectos como la escala de trabajo (1: 250,000), la escala de presentación de los resultados (1:1, 000,000), entre otros detalles. Se usó para este propósito, la publicación sobre geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación de tierras propuesto por Villota (2005), la leyenda internacional de la Unión Geográfica Internacional (UGI), el método holandés establecido por el Instituto de Levantamientos Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra-ITC (Verstappen y Van Zuidam, 1991) y el sistema español siguiendo la metodología desarrollada por el Instituto Geológico y Minero de España–IGME en la “Guía para la elaboración del Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50,000 (Martin-Serrano et al, 2004).

➤ *Leyenda*

El etiquetado y el coloreado fue propuesto en este proyecto, cuya aplicación se encuentra en proceso de evaluación hasta su publicación oficial y es como sigue:

- *Etiquetado del Mapa*

Para el etiquetado del mapa, se consideró lo siguiente: la abreviatura que representa a la unidad geomorfológica se indica en letras mayúsculas y la abreviatura de la subunidad geomorfológica en minúscula; así mismo, están separadas por un guion intermedio. Para el caso de montañas, colinas y lomadas se le antecede con la letra “R” que significa relieve. En casos excepcionales se etiquetó con nomenclatura diferente (Ingemmet, 2016).

- *Coloreado del Mapa*

Con el fin de identificar y visualizar fácilmente las diferentes subunidades geomorfológicas se utilizó distintos colores y sus respectivos degradé y son como sigue:

Las geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional están coloreadas de acuerdo a su litología, como es el caso de las rocas volcánicas que están de color morado, si son afloramientos en rocas sedimentarias se extiende a una variedad de verdes, si son metamórficos se utilizaron las tonalidades cafés; en el caso de los intrusivos están representadas del color rojo y si son sub-volcánicos llevan tonalidades del color fucsia. Para las geoformas de carácter deposicional y agradacional llevan las diferentes tonalidades de azul a celeste claro. En casos excepcionales se ha considerado conveniente usar tramas para diferenciarlos de mejor manera las geoformas (Ingemmet, 2016).

2.2.6. Jerarquización Geomorfológica

➤ *Categorización Geomorfológica*

Se proponen y adoptan los siguientes rangos de clasificación de mayor a menor.

- *Geomorfoestructura*

Se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, 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). Se consideran geomorfoestructuras los escudos, los bloques de origen continental (plateaus orogénicos o epirogénicos), grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y rift valleys, plataformas y cinturones orogénicos. Según Velásquez (1999) corresponde a escalas de trabajos menores de 1:2.500.000.

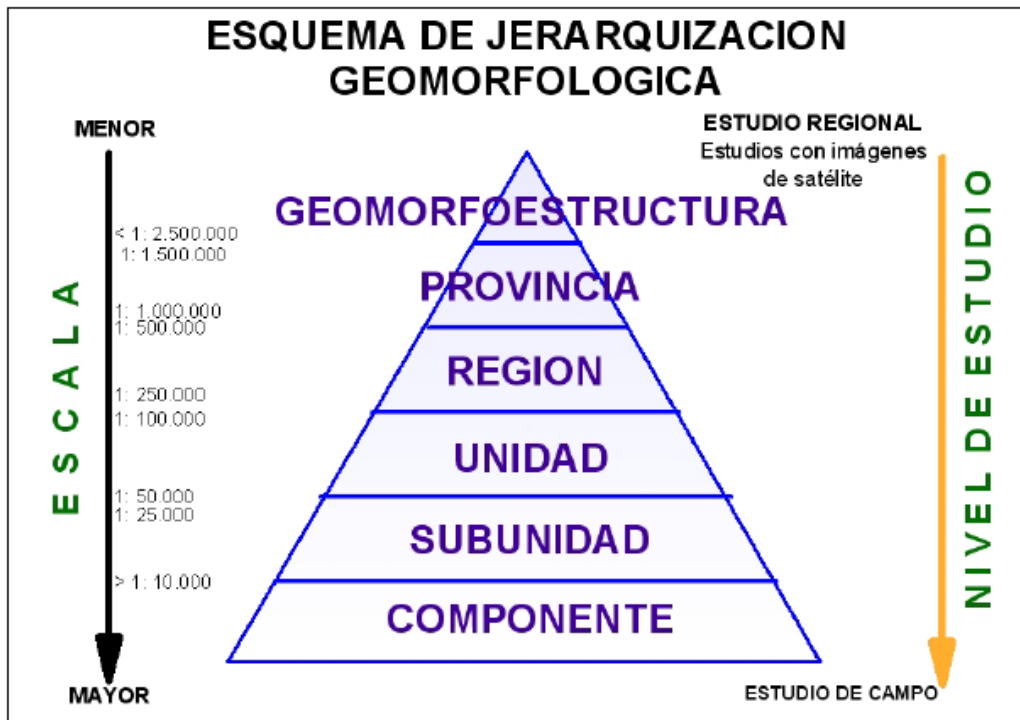


Figura 3. Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto para Ingeominas (Tomado y modificado de Velásquez (1999), e Ingeominas (1999) y Carvajal (2002-2008)).

- *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 entre 1:1.000.000-1:500.000.

- *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 1:250.000 y 1:500.000 (Velásquez ,1999; Ingeominas, 1999; Vestappen y Van Zuidam, 1992; Carvajal, 2008).

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.

Los ambientes morfogenéticos se agrupan de manera general en:

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

Ambiente volcánico (V). Definido por las geoformas generadas, tanto por la intrusión como por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra.

Ambiente denudacional (D). Determinado por la actividad de los procesos erosivos hídricos y pluviales, y producto principalmente de procesos de meteorización, erosión y remoción de masas, sobre geoformas existentes.

Ambiente fluvial y lagunar (F). Corresponde a las geoformas producidas por procesos (erosión-sedimentación), generadas por corrientes de agua tales como ríos y arroyos, y lagos y lagunas, respectivamente.

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.

Ambiente glacial y periglacial (G). Definido por las geoformas originadas por los glaciares tanto continentales (casquetes polares) como de alta montaña.

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

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.

Ambiente antropogénico (A). Corresponde a las formas del terreno, producto de la actividad del hombre que modifica la superficie terrestre.

- *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 morfogenético dado.

- *Subunidad geomorfológica*

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 de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos o determinados. La escala de trabajo oscila entre 1:10.000 y 1:25.000.

- *Componente o elemento geomorfológico*

El elemento o componente geomorfológico corresponde al máximo nivel de detalle de jerarquía en la subdivisión propuesta (escalas mayores de 1:10.000). Está establecida por los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, 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 micro relieves asociados con una característica litológica o sedimentaria establecida con base en análisis detallados (Velásquez,1999; Ingenominas,1999; Meijerink,1988; Damen,1990).

2.2.7. Fundamentos de la Cartografía Geomorfológica

La geomorfología involucra y relaciona al paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales. Por lo tanto, para lograr una descripción y caracterización adecuada es necesario representarla y transmitirla en forma gráfica o de mapas.

Para lograr una adecuada cartografía geomorfológica se deben incluir tres aspectos principales (Carvajal et.al. 2004).

➤ ***Morfología***

Aquí incluye los atributos morfométricos y morfográficos se aplican principalmente al componente externo de la geoforma, son esencialmente descriptivos, y pueden ser extraídos de documentos de sensoramiento remoto o derivados de modelos digitales de elevación. (Carvajal et. al, 2004).

➤ *Morfografía*

Corresponde a aspectos relacionados a la geometría y descritos según adjetivos descriptivos y representativos. 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 Modelo Digital de Elevaciones. (Zinck, 2012).

• *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 forma de la topografía. La caracterización de este rasgo es particularmente importante en áreas de pendiente. La forma y el perfil de la topografía están relacionados entre sí, pero se describen a niveles categóricos diferentes. 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. El tercer descriptor, la exposición que indica la orientación del relieve en las cuatro direcciones cardinales y sus subdivisiones, puede utilizarse a cualquier nivel del sistema. (Zinck, 2012).

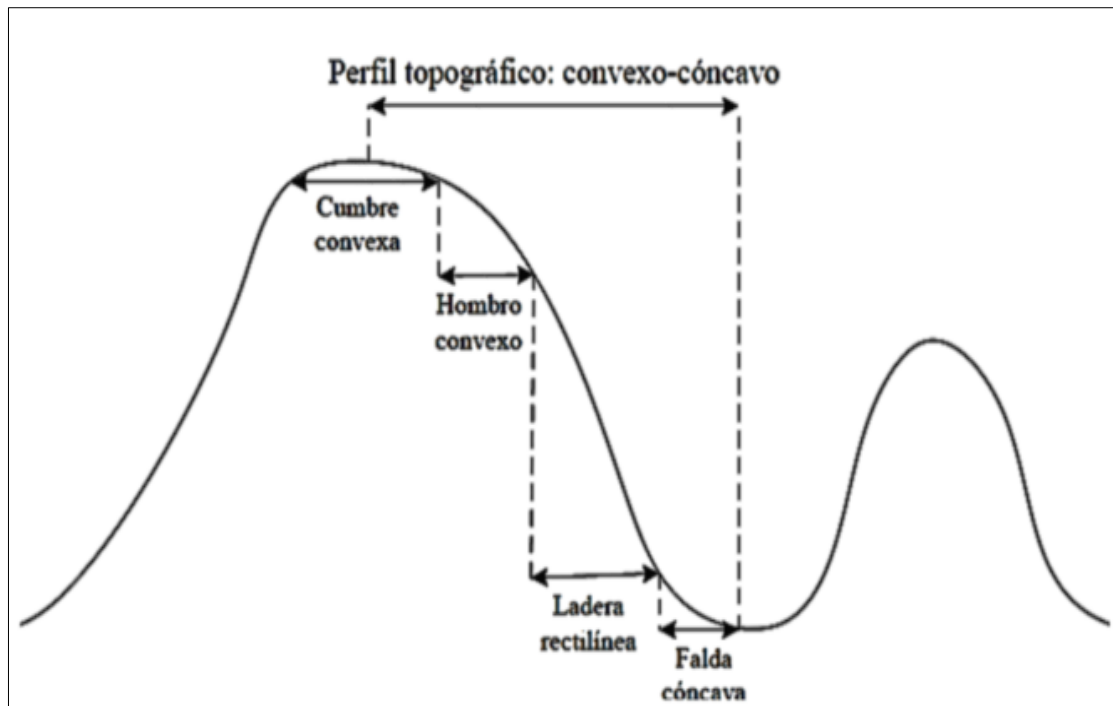


Figura 4. Clases o atributos de un perfil topográfico (Zinck, 2012)

Tabla 1. Clases o atributos y sus ejemplos del 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: Zinck, 2012

➤ **Morfometría**

La morfometría corresponde al atributo de la geomorfología que estudia las características cuantitativas de las formas del relieve (alturas, superficies, pendientes, volúmenes, etc.), a partir de diversos índices numéricos. (UNAM, 1989). En otras palabras, este atributo comprende la caracterización y el análisis digital de las superficies topográficas continuas (Pike et al., 2009 en Zinck, J., 2012), abarcando los rasgos dimensionales de las geoformas, los cuales se derivan de una representación numérica de la topografía, (Pike, 1995; Pike & Dikau, 1955 en Zinck, J., 2012).

- *Pendiente de la superficie*

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje (SGC, 2013). Provee información acerca de del tipo de material que conforma la unidad geomorfológica y con la susceptibilidad de dicha geoforma a la generación de movimientos en masa, en relación de, a mayor el grado de pendiente, aumenta la susceptibilidad y a menor porcentaje de pendiente, la susceptibilidad a presentar movimientos en masa disminuye.

El mapa de pendientes es una variable cuantitativa y continua, derivada del modelo digital de elevación (DEM).

- *Forma de la superficie*

La forma de la pendiente se puede dividir en recto, cóncava, ondulada, irregular o escalonada y compleja. Esta expresión de pendiente refleja la uniformidad de la resistencia del material, así como la presencia o control de estructuras geológicas (Carvajal, 2012).

Tabla 2. Formas de la superficie

Clase	Características del material	Fenómenos de remoción de masas asociados
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente.	Deslizamiento Traslacional
Cóncava	Material blando y disposición estructural no diferenciada.	Deslizamiento Rotacional
Convexa	Material blando y disposición estructural casi horizontal.	Predominan meteorización y erosión. Pequeños
Irregular o escalonada	Material con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de bloques. Erosión diferencial
Compleja	Mezcla de materiales	Deslizamientos complejos

Fuente: Carvajal, 2012

➤ **Morfodinámica**

La morfodinámica es parte de la geomorfología que se ocupa de los procesos geodinámicos externos (principalmente la denudación), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas o unidades del terreno actuales.

Todos los elementos móviles determinados por las fuerzas de cambio, capaces de obtener, transportar y depositar los productos provenientes de la meteorización y de la sedimentación, se conocen como agentes morfodinámicos, siendo los más importantes: la escorrentía del agua lluvia, las olas, corrientes costeras y de mareas; los glaciares y el viento. A estos factores de cambio se pueden agregar los animales y el hombre.

Estos agentes son responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan la superficie terrestre, ya sea degradándola o bien construyendo nuevos paisajes (Acosta et al.,2001).

➤ **Morfogénesis**

El agua, el viento y el hielo son agentes morfogenéticos que causa erosión o deposición de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecientes. Las geoformas resultantes son generalmente más homogéneas que las geoformas controladas por la estructura interna. Por esta

razón, muchas de las geoformas originadas por agente externos pueden se clasificadas a nivel de forma de terreno (Zinck,2012).

Tabla 3. Relación de Procesos Geodinámicos y Unidades Geomorfológicas.

PROCESOS GEODINÁMICOS (AGENTES)	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	PROCESO MORFOGENÉTICO	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS MAYORES	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS MENORES
INTERNOS (Endógenos) Deriva continental Tectónica de placas	ESTRUCTURAL	Magmatismo: (intrusión volacanicismo) Tectonismo: Compresión, plegamiento, fallamiento. Sísmicos	Cadenas montañosas (Cordilleras) Altillanuras (Llanos orientales) Piedemonte	Gravens, Horst valles Sinclinales Laderas estructurales Anticlinales Pie de monte Cordilleranos Escarpes, laderas irregulares Montaña de pliegue Escarpe de falla
EXTERNOS (Exógenos) Agua, hielo, viento, gravedad, Fenómenos meteorológicos, Corrientes fluviales y marinas, lluvias)	DENUDATIVO (Marino, Fluvial, Glaciar, Eólico, Lacustre, antrópico). (Degradacional)	Meteorización Erosión: fluvial, glaciar, hídrica y marina Fenómenos de Remoción de masas	Valles Intramonanos Altiplanicies Planicies Marinas	Planicies, colinas, mesetas y laderas denudadas Valles con cañones pronunciados Valles amplios antiguos Valles aluviales
	AGRADACIONAL (Marino, fluvial, glaciar, eólico, lacustre)	Formación de: suelos depósitos (residuales, coluviales, aluviales, glaciares, fluvio-glaciales, Marinos, lacustres)	Llanuras aluviales; Sabanas Llanuras costeras Llanuras lagunares Campos de duna	Cerros de deyección Abanicos aluviales Abanicos glaciar y fluvio-glaciares Llanuras de inundación Espigas Planos aluviales Terrazas
	ANTRÓPICO	Actividad humana y/o biológica	Planicies antrópicas	Planos de relleno Excavaciones superficiales Rellenos de detritos

Fuente: Carvajal, 2004.

- *Ambientes Morfogenéticos*

- *Ambiente morfoestructural*

Se refiere a las geoformas producidas por la dinámica del interior de la tierra, especialmente los asociados a los pliegues y fallas. El ambiente tectónico corresponde al área dominada por bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y macizos ígneos-

metamórficos, y otros ambientes no representarían geoformas. En este caso, tanto la litología como la estructura deformada de la roca incluyen en la anatomía única de los bloques de levantamiento y plegamiento. Mientras que el grado de plegamiento de las rocas sedimentarias favorece geoformas geológicas específicas, como mesetas y crestas tectónicas, las tendencias a gran escala en las rocas metamórficas ígneas tienden a formar crestas con pendientes y patrones de drenaje similares basados en sistemas de diaclasas y fallas geológicas.

Por estas razones, los criterios de clasificación se agrupan principalmente por las diferencias litológicas y el control estructural de los pliegues y fallas presentes en la zona de levantamiento. Las tres geoformas clásicas están representadas por pliegues de rocas sedimentarias basadas en formaciones rocosas competentes, mesetas, crestas (pendientes estructurales) y pendientes inclinadas (Robertson y Jaramillo, 2013).

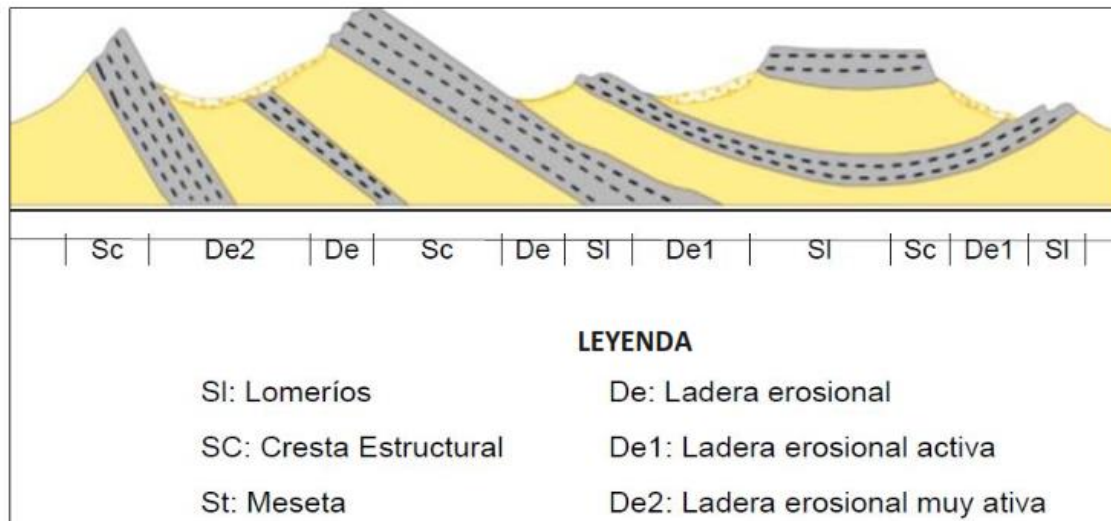


Figura 5. Perfil esquemático del ambiente estructural, mostrando las unidades morfoestructurales con laderas estructurales, crestas estructurales, mesetas estructurales y laderas erosionales con procesos erosivos variables (Robertson y Jaramillo, 2012).

– *Ambiente Denudacional*

Determinado por la actividad principal del proceso de erosión hidráulica y el fenómeno de transposición o remoción en masa de geoformas preexistentes. La disección del paisaje por procesos exógenos se manifiesta como procesos de erosión hidráulica y gravitacional o una combinación de ambos.

En climas secos, las formas de erosión asociadas a la disección y la pérdida de suelo producen fenómenos de erosión laminar, cárcavas y barrancos. Por otro lado, las condiciones

húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y el movimiento gravitatorio, así como los deslizamientos de tierra, el suelo y los flujos de escombros. Sin duda, estos dos procesos interactúan para producir innumerables combinaciones (Robertson y Jaramillo, 2013).

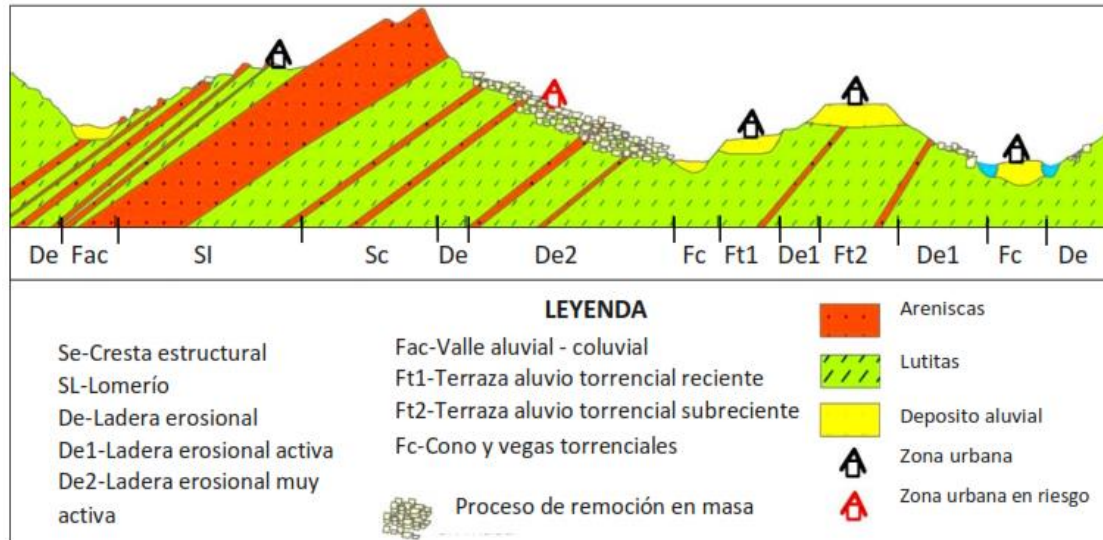


Figura 6. Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales con terrazas aluvial torrenciales de edad relativa (Robertson y Jaramillo, 2012).

– *Ambiente fluvial*

Este ambiente es principalmente la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos en la superficie terrestre. Los ríos son los encargados de transportar sus cargas líquidas y sólidas a lo largo del sistema fluvial, produciéndose procesos de erosión y acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos.

Estos procesos conducen a la formación de las formas características del sistema fluvial, principalmente abanicos y llanura de inundación. La composición de los sedimentos varía ampliamente para formaciones geológicas anteriores, y estos aspectos pueden analizarse para reconstruir el ambiente de acumulación (Robertson y Jaramillo, 2013).

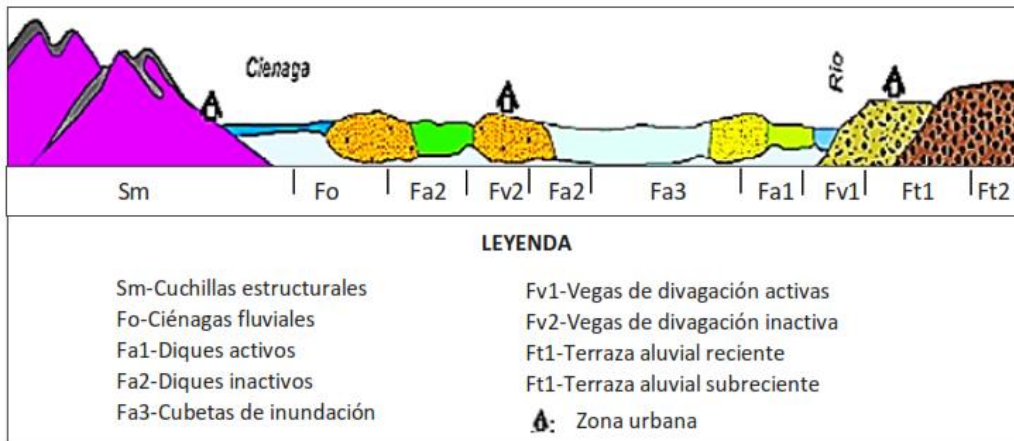


Figura 7. Perfil esquemático de Ambiente Fluvial (Robertson y Jaramillo,2012).

- *Unidades Geomorfológicas*

La clasificación de unidades morfológicas realizada por el Gobierno Regional Cajamarca, en su documento Zonificación Ecológica y Económica de Cajamarca (ZEE, 2011), con 4 clases y 28 subclases, es bastante amplia y frondosa, además complicada para ser utilizada en áreas pequeñas.

Es por ello que, para las geformas o unidades morfogenéticas (UM) que encontramos en nuestra zona se han definido según la clasificación que se muestra en la tabla 4, considerándose para áreas pequeñas y cuyas variables base fueron las propuestas por Tapia-Varela, G. y López-Blanco, J. (2001) y modificadas por Rodríguez, las cuales se denominaron: planicies, lomadas, laderas y escarpas; cuya clasificación es bastante simple, concreta y económica cuando se trata de definir el comportamiento y estabilidad de lugares con problemas geodinámicos y geotécnicos. La clasificación propuesta se diferencia de la clasificación de Tapia-Varela, G. y López-Blanco, J. (2001), por la denominación del relieve como Unidades Morfogenéticas (UM) y la cuantificación de la geometría (pendientes) (Rodríguez, 2016).

Tabla 4. Clasificación de Unidades Morfogénicas

Unidades Morfogénicas	Pendiente
Planicies	0°-8°
Lomadas	8°-20°
Laderas	20°-50°
Escarpes	>50°

Fuente: Rodríguez, 2016

– *Planicies*

Se ha denominado planicie a una superficie bastante homogénea, poco cambiante en su morfología, ligeramente ondulada, poca erosión actual y fácil de manejar para actividades agrícolas y ganaderas. Está afectada por los procesos de erosión pluvial y puede encontrarse en cualquier lugar del área.

– *Lomadas*

Las lomadas o colinas, se definen como elevaciones que no deben sobrepasar los 150 a 200 metros, con geoformas de tendencia cómica, pequeñas elevaciones, homogéneas y pendientes suaves. Su rango de pendientes está entre 8° y 20°, y sirven parcialmente como terrenos de pastoreo, agricultura y ganadería.

– *Laderas*

Son geoformas inclinadas de una cadena montañosa según Dávila (2011), lo cual no es determinante ni cuantificable para ubicarlos con relativa exactitud; es por ello que en la investigación se ha definido como laderas a superficies inclinadas con promedios de 200 a 300 metros de altura (base-tope), pendientes en el intervalo de 20° a 50° y pueden afectar a cualquier tipo de litología, con lo cual determinamos estas geoformas con mayor precisión.

– *Escarpas*

Dávila (2011) lo define como fuerte desnivel en los terrenos que delimita a dos superficies más o menos planas. Para nuestra investigación se definió como fuerte desnivel entre dos puntos o dos superficies no necesariamente planas, porque en nuestro caso se tiene geoformas dentro de ambientes geoestructurales que han sido modificados por los procesos geomórficos y tienen siempre diversas formas como, alargadas, cómicas, pendientes suaves en sus toques y pisos, erosionados por los ríos y demás agentes modeladores; pero si con fuertes pendientes.

- *Análisis Geomorfológico según la Morfogénesis*

La identificación, descripción, clasificación y explicación de las formas del terreno, pueden ser abordada mediante los procesos que las originan y según los siguientes niveles:

- *Procesos exógenos y formas unitarias*

Analiza los “procesos” de la dinámica externa, en tanto son responsables del “modelado” de la superficie terrestre, los “depósitos correlativos” a dicho modelado y las “formas asociadas” a esos de depósitos.

Desde el punto de vista secuencial, este nivel se subdivide en dos:

“El geodinámico elemental” o conjunto de acciones individuales (erosión, transporte, sedimentación), que generan elementos y formas simples (una pendiente, un escarpe, una llanura aluvial, una duna, etc).

“El morfogenético unitario” o conjunto de acciones elementales articuladas (recurrentes en el espacio y tiempo), inductoras también de la articulación ente los elementos y formas simples para dar formas compuestas; éstas pueden ser unidades geomorfológicas (un sistema de aterramiento, una cuenca glaciar, una vertiente, etc).

En esta obra, ambos niveles quedan agrupados según el esquema metodológico siguiente:

Agente que caracteriza el proceso: tipo, definición, propiedades, distribución, dinámica, etc., en cada caso (meteóricos, edáficos, gravitacional, periglacial, glaciar, eólico y litoral).

Acciones elementales: modalidades y funcionalidad de éstas; en general, transformación, arranque o erosión, movilización o transporte y sedimentación.

Productos morfológicos: formas y jerarquías resultantes de las acciones elementales individuales o articuladas en el tiempo; elementos, formas simples y formas compuestas (p.ej.: barras aluviales-llanura aluvial-terrazas-sistema de terrazas).

- *Tipos de relieve y asociaciones de formas*

Es el análisis morfológico a escala regional. Trata de identificar fisonomías características o “conjunto de formas”, cuya homogeneidad se debe a sus relaciones genéticas: proceden de las “asociaciones- sucesiones” que presentan los procesos geodinámicos en un espacio o región definida a lo largo del tiempo y debidas al control que ejercen los “factores del

relieve”. Las asociaciones o conjuntos de formas, corresponden a cada uno de los factores allí donde sean dominantes; así aparecen:

Relieves climáticos: regiones cuya fisonomía responde a asociaciones características de una secuencia de procesos controladas por el clima.

Relieves litológicos: regiones cuya fisonomía responde a asociaciones características de una secuencia de procesos dirigidos por la composición de los materiales o controlados por la petrogénesis.

Relieves estructurales: regiones cuya fisonomía responde a asociaciones características de una secuencia de procesos dirigidos por la disposición de los materiales o controlados por la tectónica (De Pedraza Gilsanz,1996).

2.2.8. Nomenclatura y colores para los polígonos de los mapas geomorfológicos

➤ *Nomenclatura*

Para la notación, se propone usar una abreviatura de hasta 6 caracteres; el primero en mayúscula. El primero y el segundo carácter se utilizan para identificar el ambiente morfogenético principal ej: (Denudativo: D, Volcánico: V, Estructural: S, Fluvial y deltaico: F, Kárstico: K, Marino y costero: M, Glacial: G, Eólico: E, Antropogénico: A). Se utilizan en el tercero y cuarto carácter letras que especifican las iniciales del nombre de la geoforma típica de cada ambiente morfogenético (Carvajal,2004).

• *Colores para los polígonos*

Los colores de los polígonos de las unidades geomorfológicas se definen según su correspondiente morfología y morfogénesis (Carvajal,2011).

Tabla 5. Colores establecidos para los polígonos de las geoformas

Unidad de mapeo por génesis de las Geoformas	Color	
	Sistema ITC	Carvajal 2011
Formas de Origen Morfoestructural	Púrpura	Púrpura
Formas de Origen Volcánico	Rojo	Rojo
Formas de Origen Denudativo	Marrón	Marrón
Formas de Origen Fluvial	Verde	Azul
Formas de Origen Lacustre/Marino	Azul oscuro	Verde
Formas de Origen Glaciar/Periglaciar	Azul claro	Grisés
Formas de Origen Eólico	Amarillo	Amarillo
Formas de Origen Kárstico	Naranja	Naranja
Formas de Origen Antropogénico/Biológico	Gris-negro	Tramas en negro

Fuente: Carvajal ,2011.

Tabla 6. Relación de colores propuesta en función de su morfogénesis

Morfogénesis	Color
Elementos y formas estructurales	Negro
Elementos y formas volcánicas	Rosa oscuro
Gravitacional	Marrón
Fluvial y escorrentía superficial	Verde
Glaciar y periglaciar	Morado
Eólica	Amarillo intenso
Lacustre y/o endorreica	Azul claro
Litoral	Azul oscuro
De meteorización química	Rojo
Otras formas, poligénicas o de difícil adscripción	Naranja
Antrópica	Verde lima

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España, 2004

2.2.9. Proceso Geodinámico

Es el conjunto o sistema de relaciones que se establecen entre las acciones desarrolladas por agentes de la dinámica terrestre y sus productos o resultados.

Los agentes son medios para transferir energía y por ello su cualificación básica tiene en cuenta las fuentes de la misma; es decir, endógenas y exógenas. Dentro de éstas, hay que recurrir a criterios diversos para la clasificación, siendo lo más común referir elementos dinámicos como: ríos, glaciares, viento, placas litosféricas, magna, etc.

Las acciones debidas a estos agentes, en su nivel más elemental e individual, tienen naturaleza físico-química: descomposición-fragmentación, arranque o erosión, transporte o denudación, sedimentación o agradación, desnivelación, etc.; dado su carácter no histórico, pueden suponerse inmutables a lo largo del tiempo. Para las acciones que proceden de la actividad biológica e incluso humana, sus efectos son reducibles a la categoría físico-química; por ejemplo, una rotura en los materiales es una acción mecánica, sea producida por una raíz, una máquina, explosivos o el hielo ambiental.

Los productos son aspectos o configuraciones, componentes minerales, secuencias deposicionales, etc., presentes en la Geosfera. Por sus propiedades y desde este punto de vista, se han considerado tradicionalmente los siguientes: rocas (materiales), estratos (secuencias), formas del terreno (o configuración superficial) y estructuras tectónicas (configuración interna). Los procesos geodinámicos forman un conjunto de acciones articuladas a lo largo del tiempo; este tiempo debe ser entendido como las consecuencias o sucesiones de acciones (es decir, tiempo geológico) y no sólo como el lapso que necesita cada una de ellas para desarrollarse (es decir, tiempo geológico newtoniano).

De acuerdo con lo anterior, en Geomorfología hay valor tanto la esencia y cualidad de las acciones, como su secuencia o sucesión; acciones con la misma naturaleza, generan productos muy diferentes. Por ese motivo, al igual que aparecen formas simples y compuestas según unas jerarquías geométricas, también hay categorías genéticas y son las responsables de la “complejidad morfogenética” ya aludida.

En un esquema simplificador, es posible describir esas categorías genéticas como sigue:

Acciones elementales o procesos físico-químicos unitarios e inmanentes: descomposición, desagregación, arranque-erosión, transporte, sedimentación-agradación y desnivelación, fundamentalmente.

Conjunto de acciones articuladas a través del tiempo. Constituyen los procesos genéticos referenciales en Geomorfología o Morfogénesis; a su vez, quedan estructuradas en tres niveles de acuerdo con los productos generados (Pedro D. Rivas,1997).

➤ ***Procesos elementales***

Son los procesos exógenos en el sentido más estricto configuran articulaciones o secuencias de acciones modales y características para cada agente-producto.

A este nivel, el sistema geodinámico es estable o metaestable y constituye un “sistema físico” frente al “sistema histórico” o evolutivo (Schumm, 1977). Corresponde a desarrollos temporales de muy corta duración, ya que, una vez establecidos los elementos implicados, apenas hay estímulos externos; sería, por ejemplo, un río funcionando sin interferencia tectónica, con estabilidad climática y escasa influencia directa de las vertientes sobre el lecho o canal.

Sus productos asociados con los elementos morfológicos y las formas simples: una llanura aluvial, tipos de canales, una duna, un complejo morrénico, una cuenca de recepción, etc.

➤ ***Procesos complejos o morfogenéticos***

Se trata de los “procesos elementales” funcionando como un sistema abierto y acumulativo a lo largo del tiempo; esto da lugar a un producto compuesto.

Son la realidad funcional del sistema geodinámico: cada conjunto de acciones modales que caracterizan el proceso elemental, interferirá entre sí y con las de otros procesos; esto genera productos en los cuales intervienen, no sólo el tipo de acciones, sino también la modalidad e intensidad de la interferencia entre todas ellas.

Corresponden al “sistema histórico” antes aludido y es el caso, por ejemplo, de un río con modificaciones en su nivel de base por causas tectónicas o climáticas, dando lugar a sobreexcavación, abandono de la antigua llanura aluvial y formación de una terraza.

Sus productos asociados son las formas mayores o compuestas, que pueden llegar a tener categoría de unidades geomorfológicas: un sistema de terrazas, una vertiente, una cuenca glaciar, un sistema de dunas, etc. (Pedro D. Rivas, 1997).

2.2.10. Geomorfología Kárstica

En el estudio de las formas kársticas el proceso de disolución de las rocas por el agua constituye el agente más importante para la generación de los distintos tipos de modelados. Se trata de terrenos en los que la hidrología y las diferentes morfologías surgen de una combinación de rocas muy solubles con una porosidad secundaria bien desarrollada (Ford y Williams, 1989; Ford, 2004). Las formas características de las regiones kársticas son, según White (1988):

Depresiones cerradas de tamaño variable.

Drenaje superficial desorganizado.

Cuevas y sistemas de drenaje subterráneo.

En el estudio de las formas kársticas el proceso de disolución de las rocas por el agua constituye el agente más importante para la generación de los distintos tipos de modelados. Se trata de terrenos en los que la hidrología y las diferentes morfologías surgen de una combinación de rocas muy solubles con una porosidad secundaria bien desarrollada (Ford y Williams, 1989; Ford, 2004).

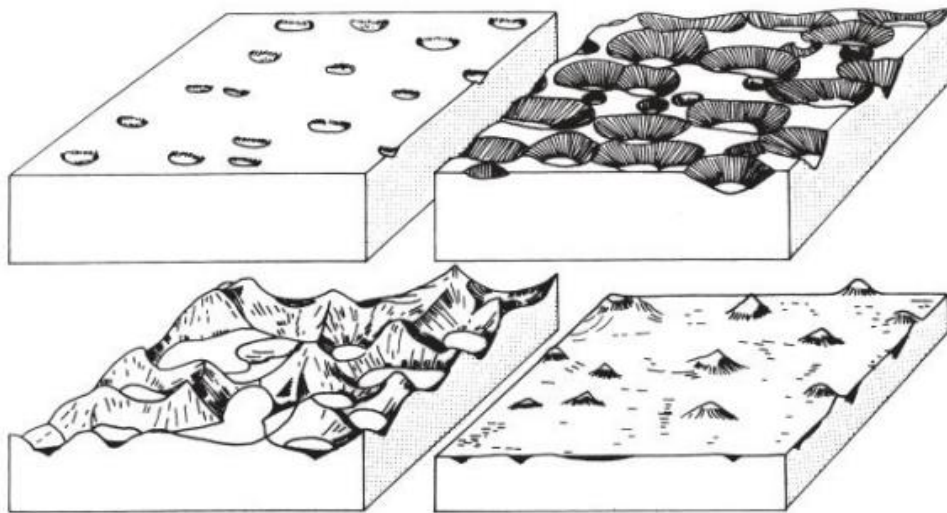


Figura 8. Ciclo Kárstico (Grund, 1914)

Las depresiones cerradas tienen tamaños muy diversos y en los poljes pueden alcanzar docenas de kilómetros de eje mayor. Están desconectadas entre sí y constituyen el exokarst, que se caracteriza por un modelo caótico y desordenado (Martonne, 1924).

El drenaje superficial desorganizado es de tipo centrípeto y totalmente distinto al desarrollado en las rocas no karstificables, que es de carácter ordenado. La última característica deriva de un drenaje vertical que desarrolla una circulación subterránea, dentro de lo que se denomina endokarst.

➤ ***Disolución de los carbonatos***

La disolución es un proceso en el que la roca o parte de la misma se combina con el agua para formar una solución o conjunto de solutos. Existen grandes variaciones en la solubilidad de los minerales, desde la gipsita que es virtualmente insoluble (0,001 mg/l a pH=7) y la halita (360.000 mg/l a pH=7) (Gunn, 2004a).

La disolución o corrosión (Bögli, 1980) de las rocas carbonatadas es una reacción química reversible que da lugar a la formación del Karst carbonatado en calizas y dolomías relativamente puras.

➤ ***Características superficiales de las calizas: Karren o lapiaz***

Las superficies rocosas constituidas por calizas aflorantes están cinceladas por pequeños surcos con agujeros, denominados karren en la literatura kárstica internacional, lapiés en francés y lapiz en español. También pueden desarrollarse en calcarenitas con un 90% de CO₃Ca (Gutiérrez e Ibañez, 1979). Estos micromodelados, de gran variedad morfológica, constituyen una de las características más sobresalientes y llamativas de los procesos de disolución en áreas kársticas. Estas microformas suelen aparecer agrupadas, formando campos de lapiaz. Cuando el lapiaz se desarrolla por agua que fluye por los afloramientos calizos se denomina lapiaz libre y si la solución se produce en la interface suelo-caliza, reciben el nombre de lapiz cubierto o semilibre.

➤ ***Dolinas***

Son depresiones cerradas, de forma circular o elipsoidal en planta, de metros a un kilómetro y su profundidad puede ser de pocos metros a más de un centenar de metros. Los procesos que producen la generación de dolinas son la disolución, flexión (sagging), sufosión y colapso. La combinación de estos procesos da origen a siete tipos básicos de dolinas (Gutiérrez et al., 2008).

• ***Dolinas de disolución.***

El agua al penetrar por las diaclasas y fracturas produce la disolución de las calizas y los solutos y el material insoluble se infiltran en el macizo kárstico. De todo ello, resulta un

ensanchamiento en los planos de fracturación y una pérdida de volumen, que trae consigo un asentamiento y descenso de la superficie, que viene representado por la colina de disolución y en su interior permanece la arcilla de descalcificación y el material transportado a la depresión cerrada.

TIPOS PRINCIPALES DE DOLINAS DE SUBSIDENCIA			
MATERIALES	PROCESOS		
	Flexión	Sufosión	Colapso
Flexión	<p>Dolina de cobertura por flexión</p>	<p>Dolina de cobertura por sufosión</p>	<p>Dolina de cobertura por colapso</p>
Substrato insoluble	<p>Dolina de substrato insoluble por flexión</p>		<p>Dolina de substrato insoluble por colapso</p>
Substrato soluble	<p>Dolina de substrato soluble por flexión</p>		<p>Dolina de substrato soluble por colapso</p>

Figura 9. Principales tipos de dolinas de subsidencia. No se incluyen las dolinas de disolución generadas por rebajamiento por corrosión de la superficie del terreno (Gutiérrez et al., 2008)

- *Dolinas de colapso*

Incluye cuatro tipos diferentes que dependen del tipo de material afectado por el movimiento gravitacional (roca, sustrato insoluble y cobertura no consolidada) y por subsidencia (colapso o sufosión). Las rocas y los sustratos insolubles pueden sufrir un colapso frágil, mientras que los depósitos de cobertura pueden ser afectados por colapso y sufosión.

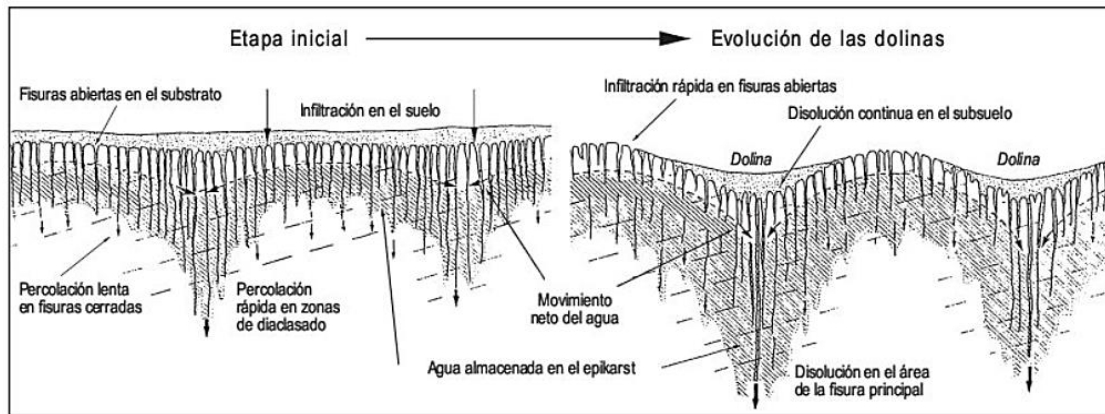


Figura 10. Iniciación y desarrollo de dolinas de disolución en zonas de incremento de infiltración con un importante diaclasado tectónico. (Williams ,1983).

2.2.11. Definición de Términos Básicos

➤ *Geoformas*

Cuerpo tridimensional; tiene forma, tamaño, volumen y topografía, además está compuesta por materiales que le son característicos, tiene una génesis y por lo tanto una dinámica que explica los materiales que la forman (Villegas, 2004).

➤ *Montaña*

Gran elevación natural del terreno, constituida por una agrupación o cadena de cerros. La Orogénesis es la parte de la geología que estudia el origen y formación de las montañas. Las montañas se clasifican en: Montañas plegadas, montañas falladas, montañas volcánicas, montañas de erosión, montañas complejas (Dávila, 2011).

➤ *Colina*

Elevación natural del terreno con desniveles mayores a 100 m, cuyas laderas se inclinan en promedio con valores superiores a 16% de pendiente (Jiménes,1983).

➤ *Pie de monte*

Superficie marginal a las montañas, de las que se distingue por una pendiente aproximadamente de 6° en el contacto con la ladera y descendiendo gradualmente, en ocasiones se une con una

planicie de nivel de base de inclinación menor a 0.5° ; su altura es considerablemente menor que la de las elevaciones contiguas (Lubp, 2011).

➤ ***Planicie***

Porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación. En geomorfología el término se aplica también a los grandes territorios con relieves de poca diferencia altitudinal. (Lubp, 2011).

➤ ***Altiplano o Altiplanicie***

Territorio elevado (superior a 3,000 m.s.n.m), más o menos plano, generalmente corresponde a una superficie de erosión (Dávila, 2011).

➤ ***Agradación***

Proceso geológico, mediante el cual se realiza la acumulación de sedimentos en las zonas de depresión. Es la etapa final de gradación que comprende tres etapas: 1.-Degradación (erosión, denudación); 2.- Transporte y 3.- Agradación (sedimentación,deposición). Mediante el proceso de agradación las superficies deprimidas tienden a rellenarse (Dávila, 2011).

➤ ***Denudación***

Se refiere a la meteorización de las masas de rocas continentales expuestas al desgaste del regolito resultante, por acción combinada de las fuerzas de desplazamiento y de los agentes geomorfológicos, con la consecuente remodelada y paulatina reducción de la superficie terrestre (Jiménes,1983).

➤ ***Ladera***

Termino descriptivo usado en geomorfología para designar los terrenos inclinados de una cadena montañosa, o para las pendientes de cualquier tipo de elevación de terreno (Dávila, 2011).

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

El área de investigación se encuentra ubicada geográficamente en el norte del Perú, con un área de 15.5 Km² perteneciente a la zona 17M cuyas coordenadas UTM-WGS 84 de los vértices se describen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Delimitación del área de análisis.

Delimitación del área de investigación		
Vértice	Latitud	Longitud
1	9212500	781500
2	9212500	787000
3	9209500	787000
4	9209500	781500

3.1.2. Política

Políticamente la investigación se encuentra en el Centro poblado de Otuzco, distrito de Los Baños del Inca y provincia de Cajamarca.

3.1.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca al centro poblado de Otuzco con una distancia de 12 km, partiendo desde el paradero a Otuzco en Cajamarca, luego se camina unos 20 minutos aproximadamente al área de análisis.



Foto 1. Acceso al área de análisis.

Tabla 8. Accesibilidad al área de análisis

Accesibilidad al área de análisis			
Ruta	Distancia	Tipo de vía	Tiempo
Cajamarca-Otuzco	12km	Asfaltada	15 minutos
Otuzco - Área de estudio	4 km	Trocha carrozable	8 minutos
Baños del Inca- Área de análisis	8 km	Trocha carrozable	15 minutos

3.1.4. Clima

Para Cajamarca, el mes con temperatura más alta es setiembre (22.2°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (4.9°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de marzo (118.78 mm/mes).

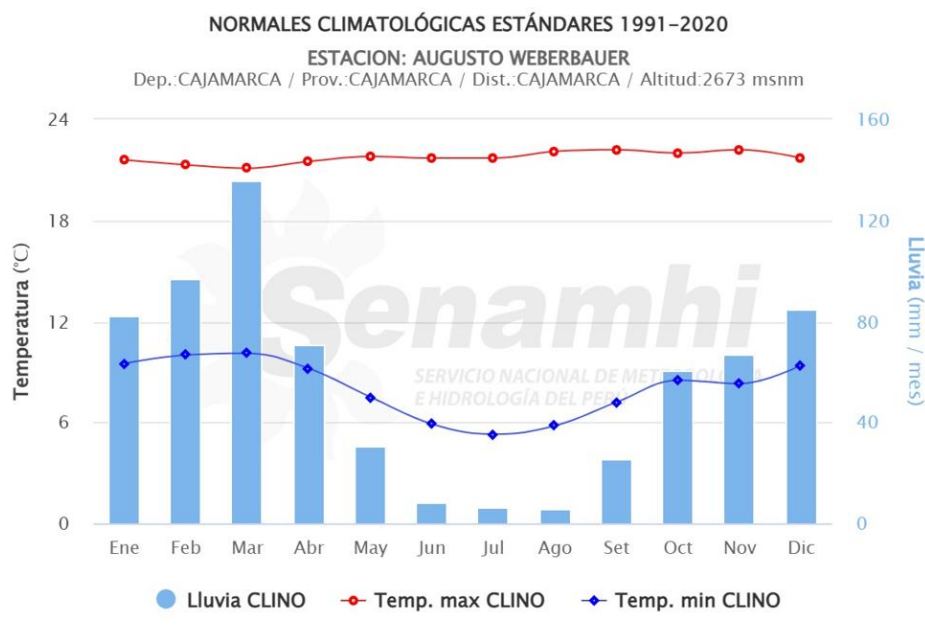


Figura 11. Promedio de temperatura normal para Cajamarca

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=pronostico-detalle>

3.1.5. Vegetación

La vegetación que se encuentra en la zona es variada como: pinos, eucaliptos, ichu, entre otros. Las partes planas de la zona la población lo utiliza para la agricultura temporaria (en temporada de lluvia), además de utilizarlo para la nutrición de sus animales como el ganado.



Foto 2. Vegetación del lugar de estudio, como son eucaliptos y pinos.



Foto 3. Vegetación perteneciente al área de análisis.

3.2. PROCEDIMIENTOS

3.2.1. Etapa pre campo

En esta etapa se recabo información bibliográfica referente al tema realizado en este trabajo, lo cual involucró la compilación, selección y revisión de diferentes informes y trabajos realizados en el departamento y a nivel local que serán de ayuda para este estudio.

Además, de la elaboración y revisión de imágenes satelitales, planos topográficos y geológicos, los cuales fueron procesados en el software ArcGIS.

También se obtuvo y reviso el estado de los equipos a emplear como el GPS, Brújula, picota y cámara fotográfica; para que no tengamos inconvenientes cuando estemos realizando el trabajo de campo.

3.2.2. Etapa campo

Esta etapa inicia con el reconocimiento general del área de estudio y de acuerdo a lo establecido al cronograma de trabajo, para luego identificar las principales unidades geomorfológicas y los procesos exógenos u endógenos que modificaron el relieve; al final comparar nuestro plano geológico y topográfico para conocer más de cerca la realidad en campo como la relación entre las formas del terreno, la litología y los procesos involucrados.

3.2.3. Etapa Gabinete

Esta etapa consiste en el procesamiento de la información obtenida en campo para posteriormente poder plasmarlo en los planos presentados en el presente trabajo, identificando las principales unidades geomorfológicas y siendo procesados nuestros datos en el software ArcGIS 10.8.3.

3.2.4. Metodología

La metodología que se utilizó para la realización de esta investigación fue la descriptiva-explicativa no experimental y transversal en el tiempo, en razón a la descripción de las

características de forma, tamaño, incluyéndose además el análisis, la comparación y explicación de las unidades geomorfológicas.

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

3.3.1. Cretáceo

➤ *Grupo Quilquiñan-Mujarrum*

En el área de análisis el Grupo Quilquiñan- Mujarrum está formado por estratos de rocas calizas nodulares macizas con intercalaciones de lutitas pardo amarillentas, dicha formación se percibe en el Cerro Coñorpunta y al Oeste de la Quebrada Samanay.



Foto 4. Formación Quilquiñan- Mujarrum, estratos de calizas con intercalaciones de lutitas pardo-amarillentas, con una orientación de la foto de 273° W.

➤ *Formación Cajamarca*

En el área de análisis la Formación Cajamarca está formada por rocas calizas mudstone con venillas de calcita, también tenemos calizas con lenares o lapiaces formados por la disolución superficial de la roca que ha sido afectada por el agua de escorrentía modelándolos con surcos, orificios y aristas agudas; ubicadas al Sur de la Quebrada Campanarume.

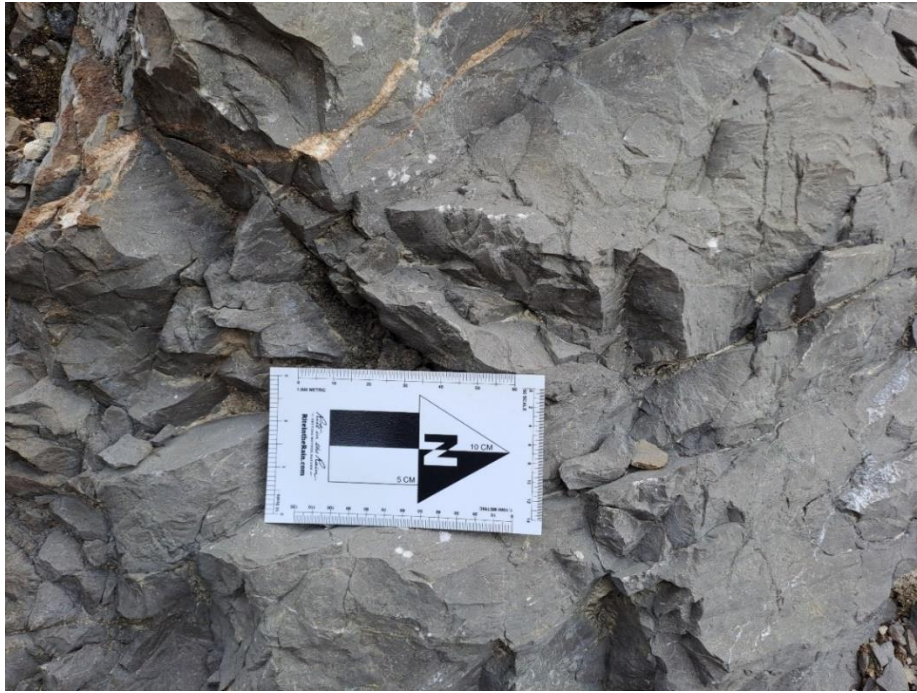


Foto 5. Formación Cajamarca con calizas grises azuladas con venillas de calcita.



Foto 6. Formación Cajamarca con rocas nodulares con presencia de lenares.

➤ ***Formación Celendín***

Esta formación en el área de análisis está constituida por calizas y lutitas pardo amarillentas, dicha formación se encuentra ubicada al Norte de la Quebrada Campanarume.



Foto 7. Calizas con lutitas pardo amarillentas, Coordenadas UTM 782517 E 9211382 N, con orientación 76° NE.



Foto 8. Lutitas pardo amarillentas de la Formación Celendín con Coordenadas UTM 777633 E 9209730 N.

3.3.2. Cuaternario

➤ *Depósitos Fluviales*

Los depósitos fluviales en el área de análisis se localizan en laderas del río Chonta, encontramos rocas redondeadas por el transporte que ha sufrido por el agua.

➤ *Depósitos Lagunares*

Los depósitos lagunares se localizan donde hay mayor zona poblacional, donde son aprovechados por los pobladores como zonas de cultivo; otra parte de dichos depósitos se encuentran ubicados al Este de la Quebrada Campanarume.



Foto 9. Depósitos Lagunares que se encuentran en la parte baja del área de análisis, los pobladores lo utilizan para tierra de cultivo.



Foto 10. Depósitos lagunares en la zona de estudio, ubicados al Este de la Quebrada Campanarume.

3.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

3.4.1. Estructuras continuas

Las estructuras continuas que encontramos en el área de análisis son el sinclinal de Otuzco que se encuentra situado en la quebrada llamada Campanarume en la zona central de nuestra área de trabajo.

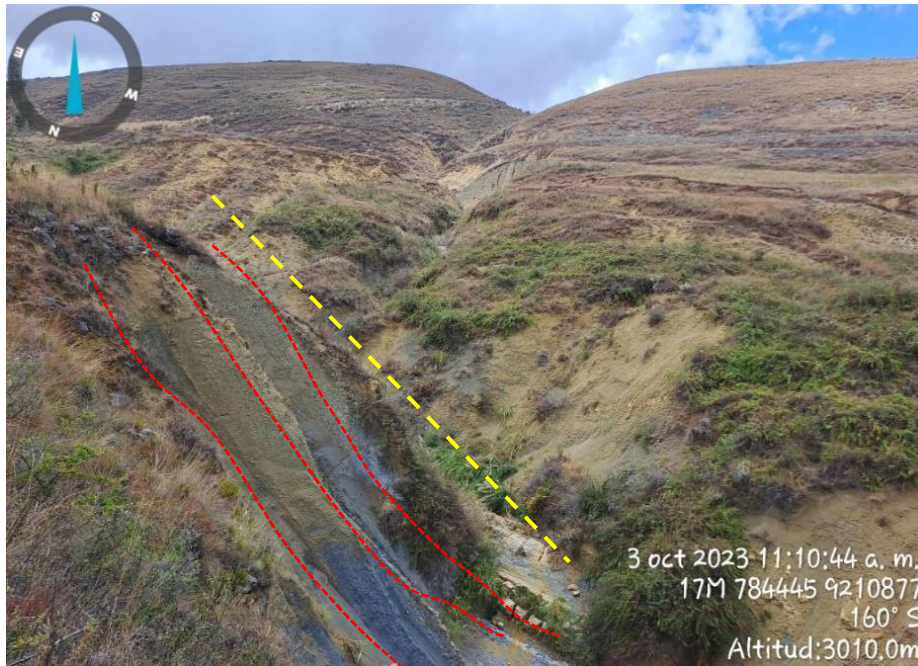


Foto 11. Quebrada Campanarume, donde se encuentra el eje del Pliegue (Sinclinal en forma de abanico) ubicado en el área de análisis. En amarillo el eje del Sinclinal y en rojo un flanco del Sinclinal.



Foto 12. Deformación del Sinclinal en la Quebrada Campanarume.

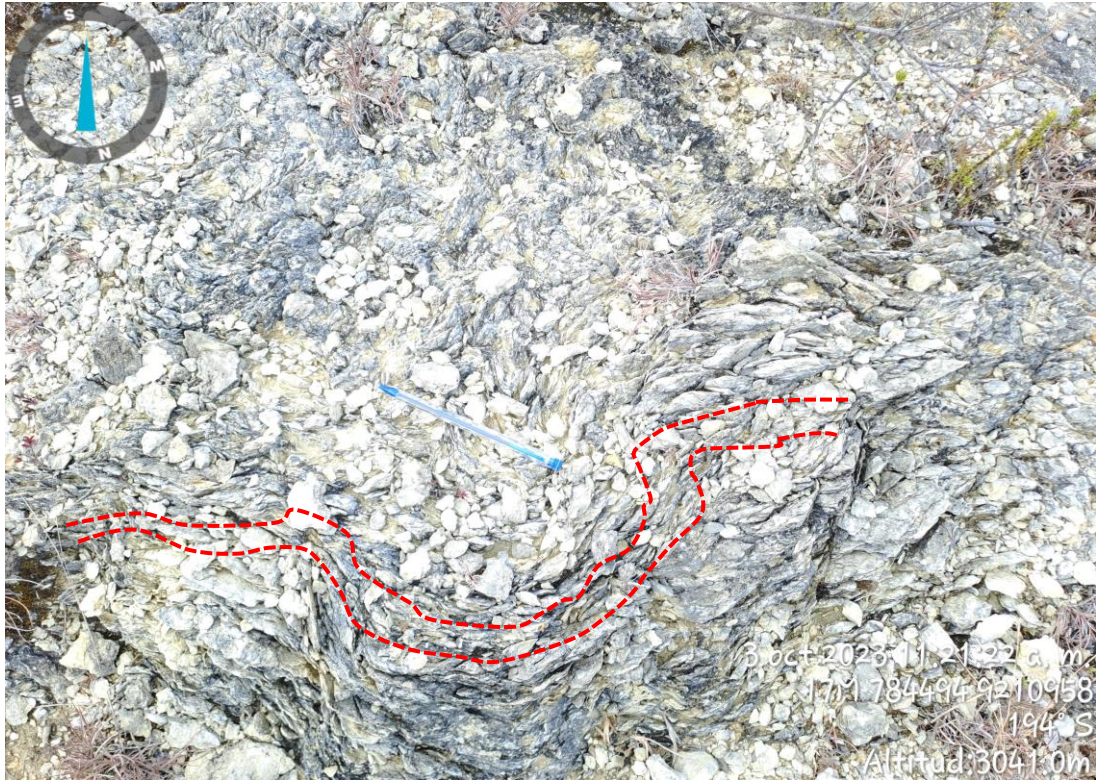


Foto 13. Deformación sufrida por la estructura continua (Sinclinal en abanico).



Foto 14. Monoclinal en el área de estudio en la Formación Cajamarca.

3.4.2. Estructuras discontinuas

En el área de análisis encontramos fracturas de extensión formadas en la mayoría por dos familias de diaclasas (Ver foto 15 y 16), también vamos a encontrar fallas.



Foto 15. Sistema formado por dos familias de diaclasas en plano de estrato (Coordenadas UTM 783236 E, 9211232N) (Orientación 80°NE).

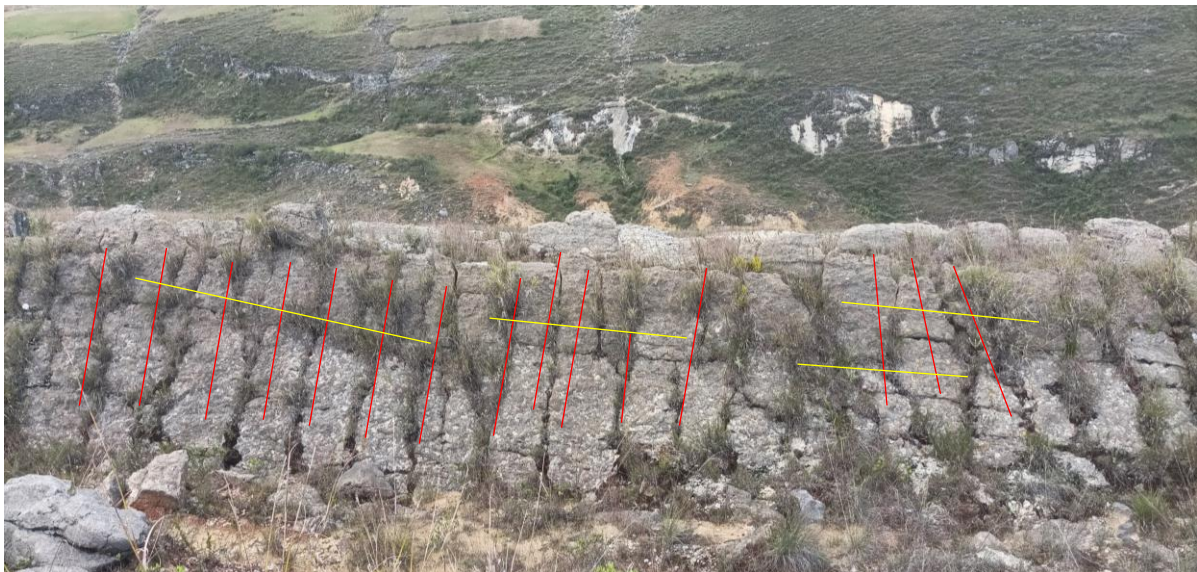


Foto 16. Sistema formado por dos familias de diaclasas en plano de estrato en la Formación Celendín (Coordenadas UTM 783380E, 9211244N) (Orientación 179°S).

3.5. GEOMORFOLOGÍA

3.5.1. Unidades por Proceso Estructural

➤ ***Escarpe estructural***

Se observa la vista del escarpe estructural ubicado en el área de análisis, de longitud 2.5 kilómetros de extensión y una inclinación máxima 71° , con una altura aproximadamente de 45 metros, dicho escarpe se encuentra ubicado en la Formación Celendín.



Foto 17. Escarpe estructural con una inclinación máxima de 71° , aproximada a la Quebrada Campanarume.

➤ ***Flancos***

Alineamientos alargados que son mitades que divides a un plegamiento. Los flancos en el área de análisis lo encontramos en la Quebrada Campanarume, debido que ahí se encuentra el Sinclinal de Otuzco, también encontramos un monoclinal al Norte dicha quebrada.



Foto 18. Izquierda. Foto satelital de plegamientos en el área de análisis Fuente Google Earth Fecha de imágenes 21/02/2024. Derecha. Foto en campo de plegamientos en el área de análisis.



Foto 19. Flanco del Sinclinal de Otuzco en la Quebrada Campanarume.

➤ **Cerro**

Es una elevación de terreno aislado, en el área de análisis tenemos al cerro Coñorpunta con una elevación mayor de 65° , se encuentra localizado al Oeste de la Quebrada Samanay, conformado por rocas sedimentarias de la Formación Mujarrun de aproximadamente 220 metros de longitud. Se encuentra al SW de la Quebrada Campanarume.



Foto 20. Vista del Cerro Coñorpunta con pendiente mayor de 65° , ubicada al Oeste de la Quebrada Samanay.

3.5.2. Unidades por Procesos Denudativos

➤ *Laderas denudacionales*

El relieve actual presenta diferentes inclinaciones debido a los diversos procesos exógenos que ha sufrido, en el área de análisis varia desde los 65° hasta los 20° ; la zona con menos inclinación se encuentra la mayor parte de la población establecida.



Foto 21. Ladera denudacional con vista de los ángulos de inclinación. (Coordenadas UTM 782487 E 9211343 N, Orientación foto $274^\circ W$).

➤ **Loma**

Pequeña elevación con forma redondeada, con longitud menor a la de una colina, esta Loma la encontramos en la Formación Cajamarca al SE de la Quebrada Campanarume.

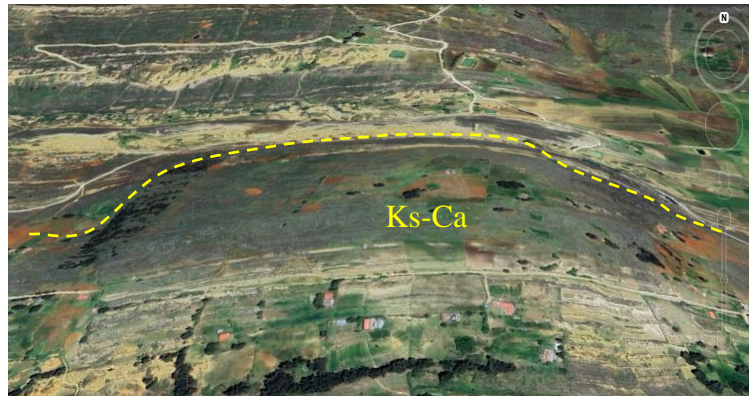


Figura 12. Loma en la Formación Cajamarca en el área de análisis.

Fuente: Google Earth fecha del 21/02/2014

➤ **Colinas**

Elevación más pequeña que la montaña, que se encuentra rodeada de otras elevaciones. Se encuentra ubicada al SE de la quebrada Campanarume.

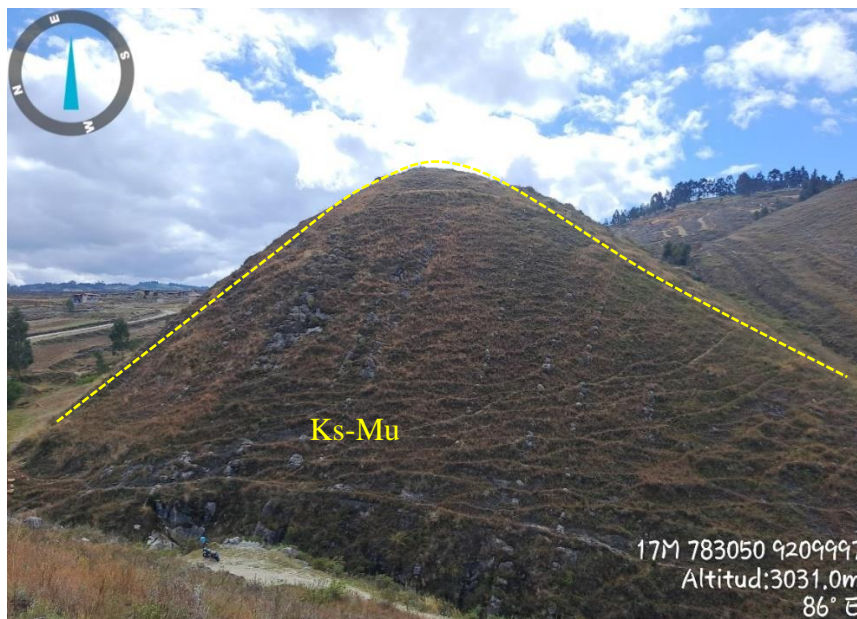


Foto 22. Colina en el área de análisis en la Formación Mujarrum.

➤ *Deslizamientos*

Movimientos de masa laderas abajo debido a las fuerzas de gravedad que existe en la tierra, que se manifiestan en el desplazamiento de suelo, detritos o roca. En el área de análisis los deslizamientos los encontramos en la Formación Celendín en las laderas de la Quebrada Campanarume.

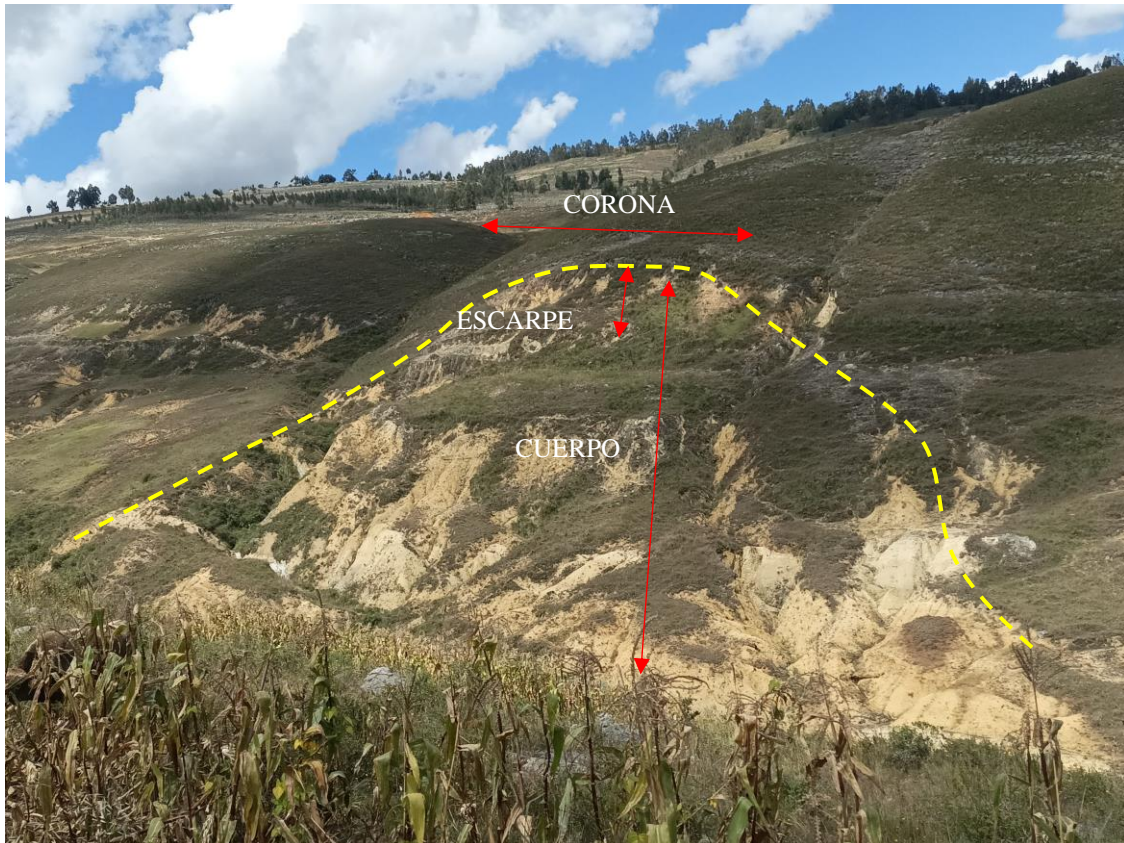


Foto 23. Vista de un deslizamiento en la Formación Celendín, identificando sus partes. (Orientación de la foto 154° SE).



Foto 24. Deslizamiento en la Formación Celendín, ubicado al margen izquierdo de la Quebrada Campanarume, formado por movimientos de masa favorecido por la pendiente y gravedad. (Coordenadas 782486E 9211335N, Orientación de foto 178°S)

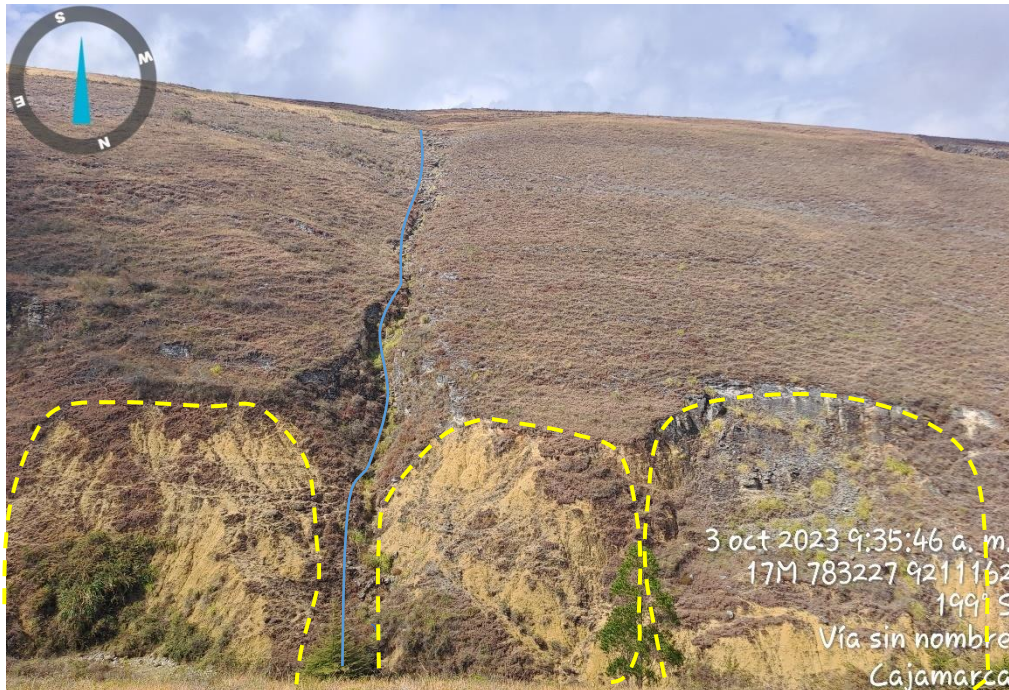


Foto 25. Vista de tres deslizamientos continuos en la Formación Celendín, dos de ellos son cortados por una quebrada secundaria, la pendiente de la zona de ocurrencia favorece la formación de estos deslizamientos.



Foto 26. Deslizamiento en el lado izquierdo de la Quebrada Campanarume. (Coordenadas 783304E 9211166N, Orientación de foto 181°S)



Foto 27. Deslizamiento favorecido por la pendiente en la Formación Celendín debido a los procesos denudativos .

➤ **Planicie**

Las planicies son grandes superficies planas o con ligeras inclinaciones, en el área de análisis lo encontramos en los depósitos lagunares los cuales son propicios para el desarrollo de pastos y en ocasiones para cultivos, también encontramos planicies en la Formación Cajamarca y Formación Quilquiñan, y su pendiente fluctúa entre 0° a 4°.



Foto 28. Planicie en el área de análisis perteneciente a los depósitos lagunares, con una pendiente de 4°.

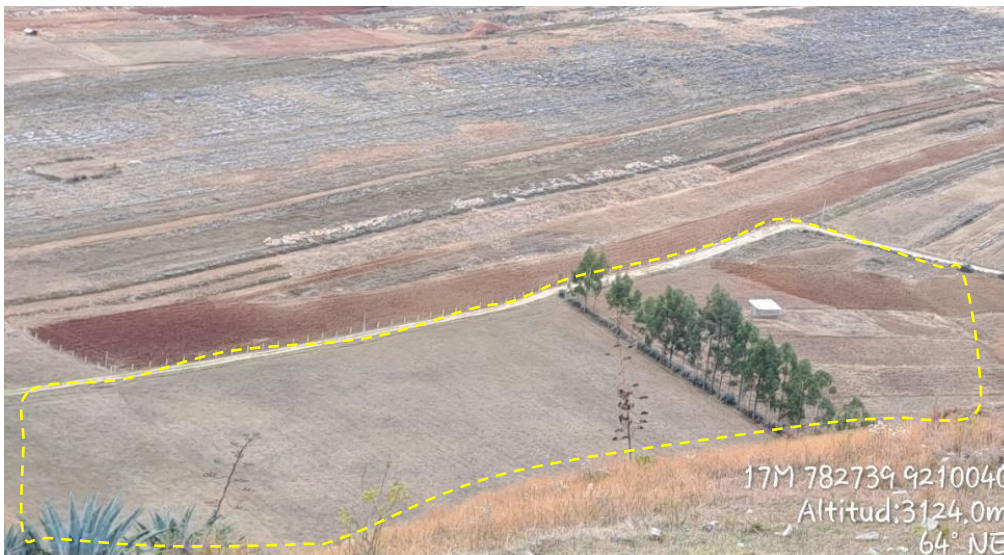


Foto 29. Planicie en la Formación Cajamarca y Formación Quilquiñan, con una pendiente de 4°.

➤ ***Altiplanicie***

Superficie de terreno de poco relieve situadas a una gran altitud, con una extensión grande, y suelen formarse por procesos geológicos como la erosión.



Foto 30. Altiplanicie con terrenos ligeramente ondulados con diferentes elevaciones. (Coordenadas UTM 782739E, 9210040 N) Orientación de foto 64° NE

3.5.3. Unidades por Procesos Fluviales

➤ ***Terrazas aluviales***

Las terrazas aluviales son formadas por los depósitos al margen de la Quebrada Campanarume en el área de análisis, tenemos terrazas aluviales de acumulación y de erosión.



Foto 31. Terrazas de acumulación a la zona izquierdo de la Quebrada Campanarume (Coordenadas UTM 783727 E 9211015 N, Orientación de foto 141°SE).



Foto 32. Terraza de acumulación a la zona izquierda de la Quebrada Campanarume. (Coordenadas UTM 783703 E 9211026 N, Orientación de foto 190° S).



Foto 33. Terraza de erosión (Coordenadas UTM 783606 E 9211033 N, Orientación de foto 12°N).

➤ ***Cauces***

Zona por donde discurren las aguas sean de manera permanente o intermitente, ya sea de forma natural o artificial (realizada por la mano del hombre).



Figura 13. Rio Chonta cauce permanente en el área de análisis. (Coordenadas 781217E 9211599N).

Fuente Google Earth fecha del 21/02/2024



Foto 34. Canal en el área de análisis, cauce artificial realizado por la mano del hombre para transportar el agua para darle diferentes usos uno de ellas el cultivo. (Coordenadas UTM 782784E 9211287N, Orientación de foto 189°S).



Foto 35. Cauce intermitente en la Quebrada Campanarume, esta depende de las lluvias para que haya presencia de agua. (Coordenadas 783565E 9211036N, Orientación de foto 289°W).

➤ ***Llanuras de inundación***

Áreas de terreno adyacentes a ríos cercana a un río, riachuelo o quebrada que están sujetas a inundaciones con una superficie topográficamente uniforme, que cuando periodos de inundación es cubierta parcial o totalmente, en el área de análisis lo tenemos en áreas adyacentes a la Quebrada Campanarume.



Foto 36. Llanura de inundación al margen derecho de la Quebrada Campanarume. (Coordenadas UTM 782486 E 9211335 N, Orientación 178°S).

➤ ***Abanico Aluvial***

Abanico Aluvial o cono de deyección se caracteriza por su forma cónica, se forma cuando una corriente de agua que fluye rápidamente entra a una zona tendida y su velocidad disminuye.



Figura 14. Abanico Aluvial en la Quebrada Samanay, en la Formación Mujarrum. (Coordenadas UTM 783078E 9209855N). Fuente Google Earth fecha del 21/02/2024.

➤ **Valles**

• *Valle fluvial*

Valle fluvial se caracteriza por su relieve joven en forma de “V”, tienen su modelamiento con poca erosión, se encuentra ubicada la Quebrada Campanarume.



Foto 37. Valle fluvial en el área de análisis, característico la forma en V. (Coordenadas UTM 783571E 9211036N, Orientación 110°E).

➤ **Manantiales**

Es una corriente de agua de fuente subterránea que fluye hacia la parte superior de la corteza terrestre, la cual el hombre puede realizar su captación para su aprovechamiento. En el área de análisis la mano del hombre ha realizado un reservorio y una captación de infraestructura para el aprovechamiento del agua.



Foto 38. Reservorio de agua en la Formación Celendín en el área de análisis. (Coordenadas UTM 783187 E, 9211223 N, Orientación de foto 234° SW).



Foto 39. Captación de agua de un manantial en Formación Celendín en el área de análisis. (Coordenadas UTM 783284E 9211208 N, Orientación de foto 168° S).

3.5.4. Unidades por Procesos Kársticos

➤ *Ladera ondulada kárstica*

Esta unidad geomorfológica de laderas ondulada kárstica tiene una morfología alomada y de pendientes fuertes a moderadas, caracterizándose por sus laderas suaves y onduladas resultado de la erosión diferencial de las rocas. Esta unidad geomorfológica la ubicamos en el área de análisis en la Formación Cajamarca.



Foto 40. Ladera Ondulada Kárstica en rocas sedimentarias de la Formación Cajamarca, con una inclinación aproximada de 65°.



Foto 41. Ladera Ondulada Kárstica con pendiente moderada de aproximadamente 75° en rocas sedimentarias de la Formación Cajamarca.

➤ ***Carren, lenar o lapiaz***

Se produce cuando el agua disuelve lentamente la roca caliza, creando grietas, fisuras y cavidades irregulares en la superficie de la roca. Con el tiempo, este proceso de erosión puede dar lugar a una topografía única y distintiva, con crestas afiladas, canalones y bloques de roca separados por grietas profundas. En el área de análisis lo tenemos presente en la Formación Cajamarca, ubicada en la parte Norte y Sur de la Quebrada Campanarume.

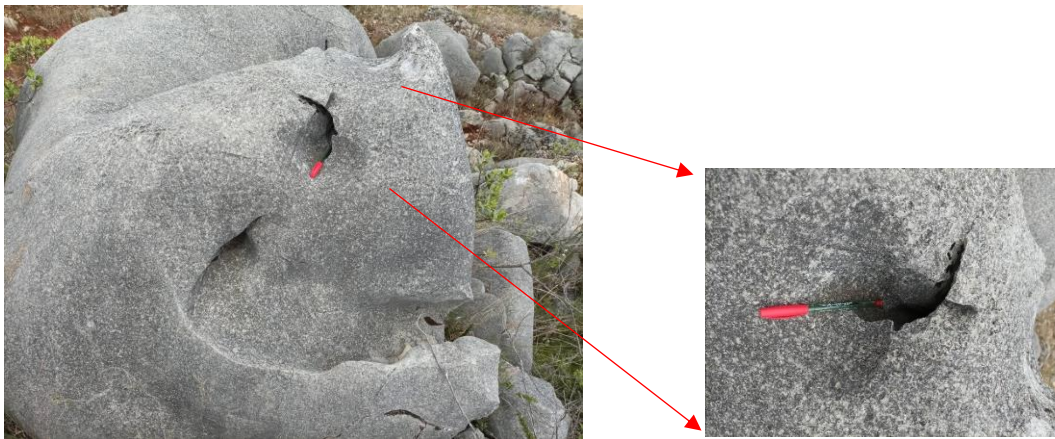


Foto 42. Meteorización química (disolución en rocas calcáreas).



Foto 43. Disolución superficial de roca caliza de la Formación Cajamarca en el área de análisis.



Foto 44. Lenares formados por agentes de meteorización química como el agua, se aprecia en la foto la acumulación del agua de lluvia que está empezando a realizar una disolución superficial en la roca calcárea.



Foto 45. Lenares con presencia de aristas con cierta continuidad debido a la dirección del agua por el cual ha sido afectada la roca calcárea, perteneciente a la Formación Cajamarca.



Foto 46. Roca calcárea con presencia de canaladuras angulosas por de disolución del carbonato cálcico.

3.5.5. Unidades Geomorfológicas por Procesos Antropogénicos

➤ *Construcciones*

Las construcciones son unidades geomorfológicas realizadas por la actividad humana que van a tener una influencia que puede ser directa e indirecta, acelerando los procesos geomorfológicos o provocando la aparición de otros nuevos. En el área de análisis las edificaciones realizadas por los pobladores son considerada una unidad que modifica la superficie terrestre.



Foto 47. Construcciones de edificaciones en el Centro Poblado de Otuzco, asentado en Depósitos Lagunares.

➤ ***Charcas artificiales***

Las charcas artificiales son realizadas por los pobladores del área de análisis para aprovechar el agua de las lluvias y así poder aprovecharlas.



Foto 48. Charcas artificiales realizadas por los pobladores en el área de análisis.

➤ *Explotación a cielo abierto*



Figura 15. Calera en el área de análisis.

Fuente Google Earth fecha del 21/02/2024

3.6. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1. Análisis Morfométrico

➤ *Forma de la superficie*

El análisis de las unidades geomorfológicas del Centro Poblado de Otuzco se realizó a través de perfiles topográficos; estableciendo las clasificaciones como convexo, cóncavo, ondulado y rectilíneo como resultado se obtiene los perfiles A-A', B-B', C-C' y D-D'. A continuación, se muestran los 4 perfiles realizados en el Google Earth Pro:

Perfil Topográfico A-A': Este perfil topográfico A-A' con dirección NW-SE, en el cual se puede apreciar que la altitud mínima es 2807 msnm y la altitud máxima es de 3018 msnm, con una distancia horizontal de 1860 m.



Imagen 1. Perfil Topográfico A-A' realizado con Google Earth Pro del área de análisis. Fuente: Google Earth fecha del 21/02/2024

- Ondulado: En el perfil topográfico A-A' se observa que en los primeros 0.5 km tiene forma ondulada en la topografía debido a los agentes externos que ha sufrido la roca debido a la karstificación, esto pertenece a la Formación Cajamarca y parte de la Formación Celendín, tiene una inclinación negativa hacia la Quebrada Campanarume en el área de análisis. Desde la distancia horizontal de 0.75 km hasta 1.5 se observa que tiene una forma ondulada perteneciente a la Formación Celendín que es la parte que sale de la Quebrada Campanarume la cual tenemos deslizamientos y de la Formación Celendín que adopta esa forma debido a los agentes externos que han modelado la roca.
- Cóncavo: En el perfil topográfico A-A' se observa la inclinación negativa de la topografía con una forma cóncava debido a la influencia de la Quebrada Camapanarume de la Formación Celendín, que tiene una depresión debido a los agentes externos (erosión y meteorización) e internos (sinclinal de Otuzco).
- Rectilíneo: En el perfil topográfico A-A' en la distancia horizontal 1.5 km a 1.86 km tenemos una superficie recta perteneciente a la Formación Cajamarca con una inclinación de 5°.

Perfil Topográfico B-B': Este perfil topográfico B-B' con dirección NE-SW, en el cual se puede apreciar que la altitud mínima es de 2998 msnm hasta una altitud máxima de 3104 msnm, con una distancia horizontal de 2450 m.

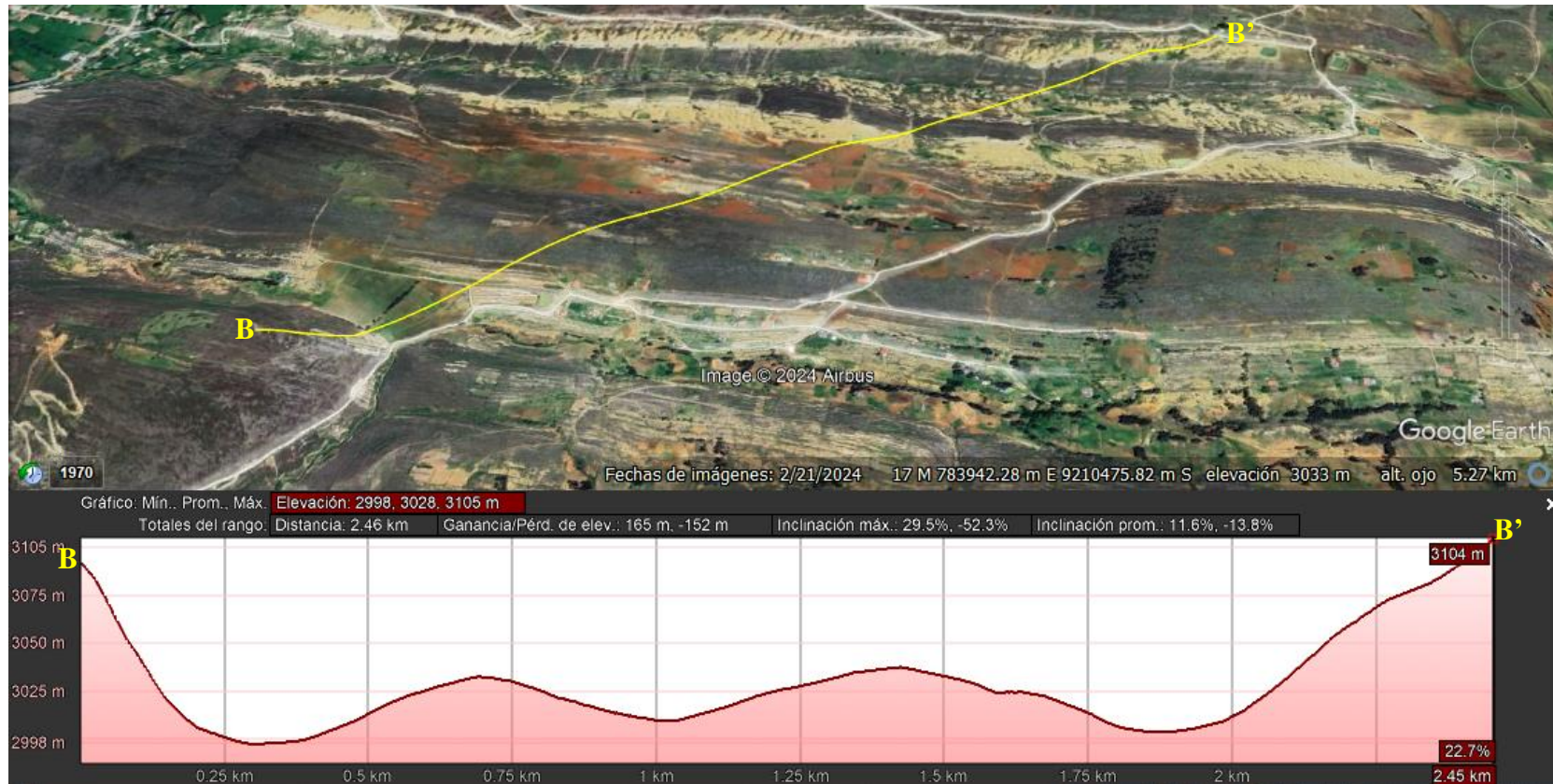


Imagen 2. Perfil Topográfico B-B' realizado con Google Earth Pro del área de análisis.

Fuente: Google Earth fecha del 21/02/2024.

- Ondulado: En el perfil topográfico B-B' empieza en la parte superior del Cerro Coñorpunta con una altitud inicial de 3091 msnm y desciende hasta una altitud de 2998 msnm por lo que hay una inclinación negativa, esto se encuentra en la Formación Mujarrum, tiene una forma ondulada debido a las calizas gruesas que encontramos en dicha formación. También tenemos forma ondulada en la parte final del perfil, con una inclinación positiva que sube de forma cruzada desde la Quebrada Campanarume que pertenece a la Formación Celendín con una altitud mínima de 3006 msnm hasta una altitud máxima de 3104 msnm.
- Cóncavo: En el perfil topográfico B-B' se puede notar que hay tres formas convexas, la primera la encontramos en las faldas del Cerro Coñorpunta debido a la erosión de los agentes exógenos con una altitud mínima de 2998 msnm perteneciente a la Formación Quilquiñam, la segunda la encontramos cerca al contacto de la Formación Cajamarca con la Formación Celendín con altitud mínima de 3010 msnm y la última la encontramos en la Quebrada Campanarume perteneciente a la Formación Celendín con una altitud mínima de 3010 msnm.
- Convexo: En el perfil topográfico B-B' se observa que hay dos formas convexas, la primera debido al afloramiento de rocas sedimentarias de la Formación Cajamarca con una altitud máxima de 3033 msnm; la segunda forma convexa la encontramos en la parte superior de la Quebrada Campanarume con una altitud máxima de 3038 msnm, se observa una pequeña depresión en el perfil eso se debe a que este corta por una quebrada secundaria que alimenta a la Quebrada principal Campanarume.

Perfil Topográfico C-C': Este perfil topográfico C-C' con dirección NW-SE, en el cual se puede apreciar que la altitud mínima es de 2735 msnm hasta una altitud máxima de 3069 msnm, con una distancia horizontal de 2790 m.

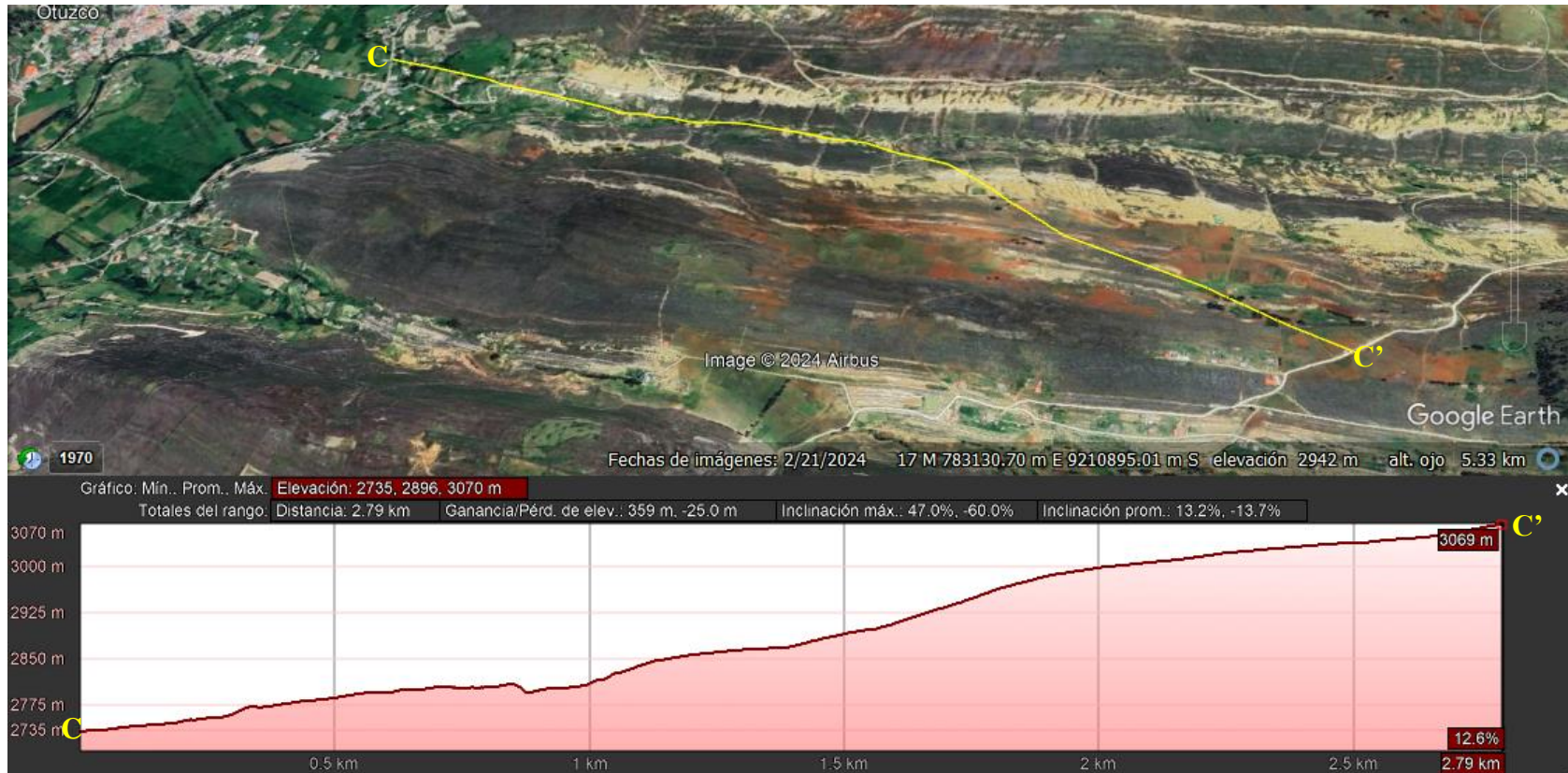


Imagen 3: Perfil Topográfico C-C' realizado con Google Earth Pro del área de análisis.

Fuente: Google Earth fecha del 21/02/2024.

- Ondulado: El perfil topográfico C-C' se observa que hay solo una forma, esta empieza con una altitud mínima de 2735 msnm perteneciente a los depósitos lagunares, este va avanzando por el margen derecho superior de la Quebrada Campanarume hasta una longitud media de dicha quebrada que pertenece a la Formación Celendín subiendo de altitud y haciendo un corte hacia el lado izquierdo de dicha quebrada y pasando por la Formación Cajamarca con una altitud máxima de 3069 msnm que también es la parte final de este perfil, la cual termina en una carretera de trocha carrozable en la área de análisis.

Perfil Topográfico D-D': Este perfil topográfico D-D' con dirección NE-SW, en el cual se puede apreciar que la altitud mínima es de 2998 msnm hasta una altitud máxima de 3069 msnm, con una distancia horizontal de 3102 m.



Imagen 4. Perfil Topográfico D-D' realizado con Google Earth Pro del área de análisis.

Fuente: Google Earth fecha del 21/02/2024

- Cóncavo : En el perfil topográfico D-D' se observa que tenemos tres formas, la primera la encontramos en una Quebrada pequeña en la área de análisis que se encuentra en la Formación Quilquiñam con una altitud mínima de 298 msnm que el inicio de este perfil; la segunda forma la encontramos la encontramos en la Formación Celendín la cual ha sido afectada por los agentes exógenos , está tiene una altitud mínima de 3023 msnm; la tercera y última la encontramos en Depósitos Lagunares que una depresión como un hundimiento con una altitud mínima de 3073 msnm.
- Convexo: En el perfil topográfico D-D' se puede notar que tenemos dos formas, la primea la encontramos en la Formación Cajamarca con el afloramiento de rocas calcáreas lo que hace la forma convexa; la segunda la encontramos en la Formación Celendín en el borde superior del margen izquierdo de la Quebrada Campanarume que borde parte de este, cortando un deslizamiento por eso la pequeña depresión en el perfil.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CONTEXTO MORFOGENÉTICO

➤ *Según Rodríguez*

El análisis de las unidades morfogénicas del Centro Poblado de Otuzco se elaboró con el software ArcGIS 10.8.2, para esto se utilizó la caja de herramientas ArcToolbox, donde se encuentra la herramienta llamada Slope y da como producto final el Mapa de Unidades Morfogénicas y pendientes (M-04) según la clasificación de Rodríguez (2016), donde se va a mostrar las áreas en el área de análisis de distintos colores según la pendiente. En la siguiente tabla nos muestra las áreas según pendientes en el área de análisis.

Tabla 9. Clasificación de Unidades Morfogénicas

Unidades Morfogénicas	Pendiente	Área (ha)
Planicies	0°-8°	193
Lomadas	8°-20°	397
Laderas	20°-50°	960
Escarpes	>50°	83

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2016)

El análisis realizado mediante la clasificación de Rodríguez, dio como resultado que la mayor cantidad de área de terreno del área de análisis ocupa 960 hectáreas con una pendiente de 20°-50°, tenemos también la menor cantidad de área de terreno ocupa 83 hectáreas con una pendiente >50°. En la siguiente figura se muestra las áreas de las unidades morfogénicas según la pendiente que encontramos en el área de análisis.

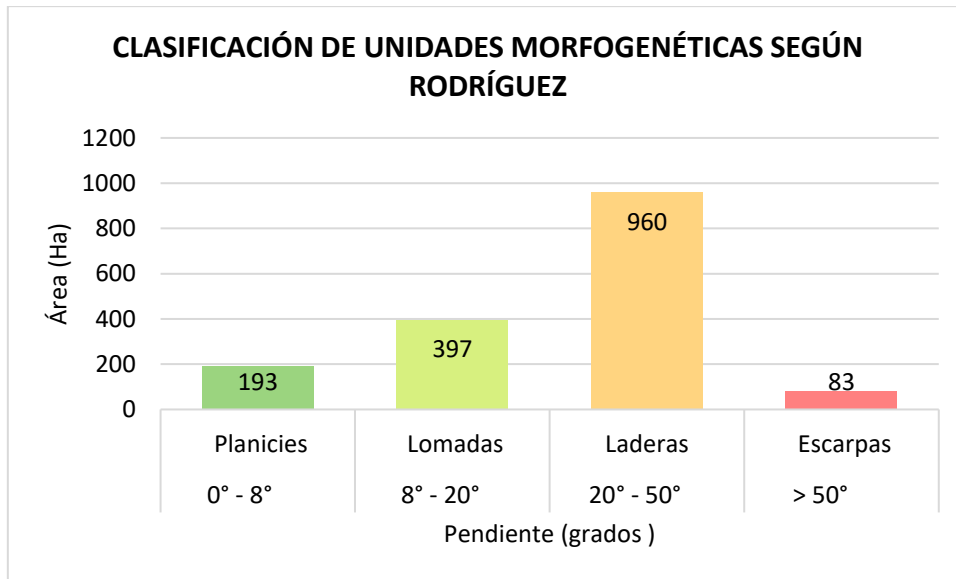


Figura 16. Áreas en hectáreas del área de análisis según la clasificación de Rodríguez.

Asimismo, tenemos el porcentaje de las áreas de los diferentes intervalos de pendiente, teniendo un porcentaje mayor de 59% y el menor porcentaje de 5%. En la siguiente figura se observa la clasificación en porcentajes de las áreas de las unidades morfo genéticas del área de análisis.

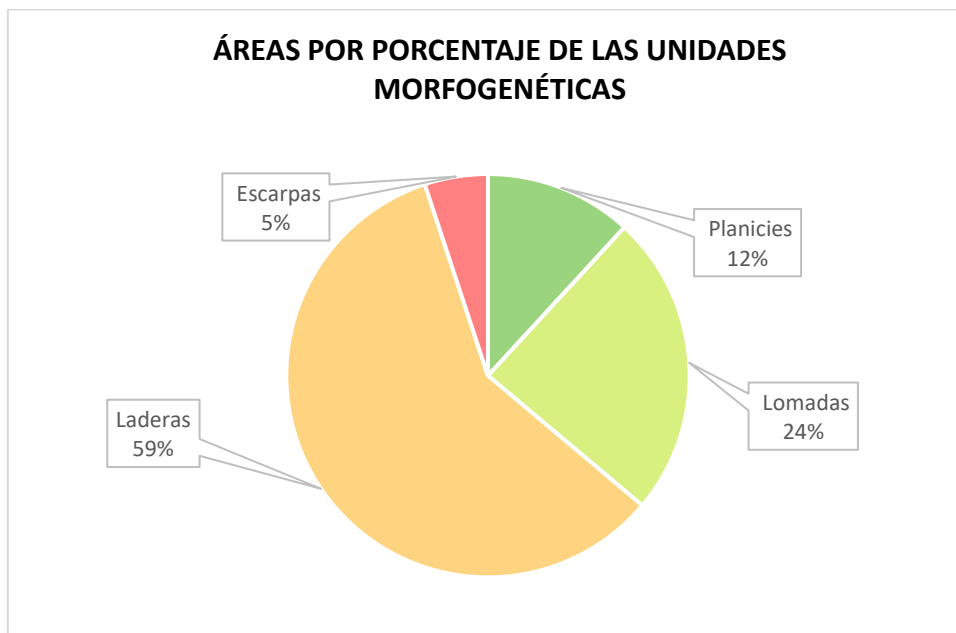


Figura 17. Áreas en porcentaje de las Unidades Morfo genéticas en el área de análisis, según la clasificación de Rodríguez.

➤ **Metodología INGEMMET**

En el área de análisis según la clasificación del INGEMMET; se encontró dos tipos de geoformas, con dos tipos de unidades geomorfológicas y con dos subunidades cada unidad de clasificación como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 10. Unidades Geomorfológicas con la metodología del INGEMMET en el área de análisis.

Geoforma	Unidad Geomorfológica	Subunidad Geomorfológica	Área (ha)
De carácter degradacional y erosional	Montañas y colinas	Montañas y colinas en roca volcánica (RMC-rv)	10.5
		Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria (RMCE-rs)	1467.1
De carácter deposicional o agradacional	Piedemonte	Abanico piedemonte (Ab)	24.68
		Vertiente o piedemonte aluvio-lacustre (P-al)	147.71

Las unidades y subunidades geomorfológicas de la área de análisis, junto con su área, se muestran en la siguiente imagen., teniendo como área predominante las montañas y colinas dentro de esta se encuentra las montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria con mayor área seguido de la subunidad montañas y colinas en roca volcánica, como segundo lugar tenemos a la unidad geomorfológica pie de monte y como subunidad tenemos a vertiente o piedemonte aluvio-lacustre seguido de la subunidad abanico piedemonte.

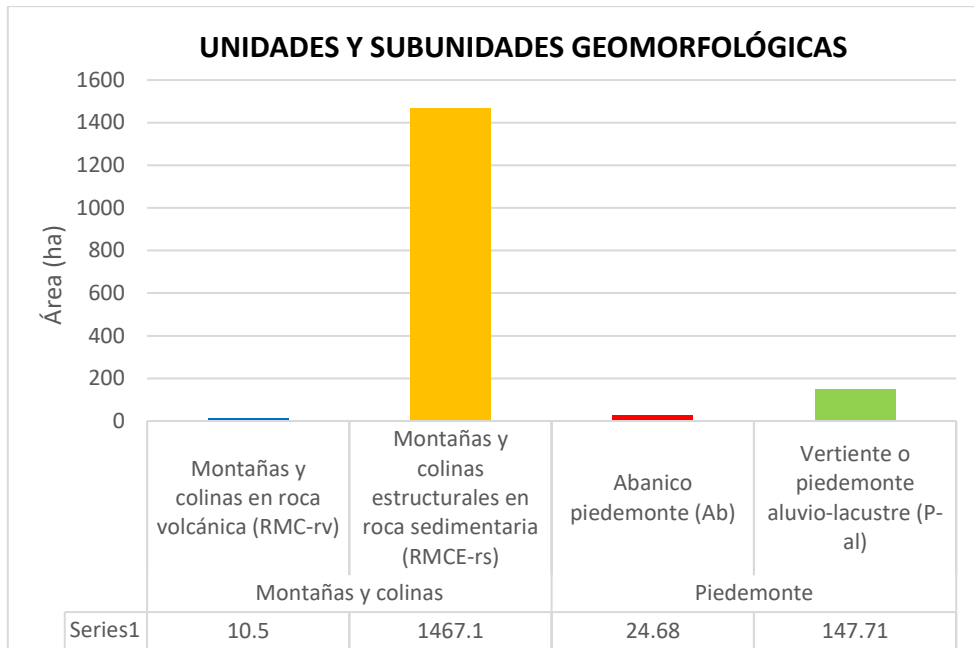


Figura 18. Unidades y Subunidades Geomorfológicas con la metodología del INGEMMET en el área de análisis.

En el área de análisis se obtuvo que la subunidad con mayor área es la montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria con un porcentaje de 89%, en segundo lugar, se encuentra vertiente o piedemonte aluvio-lacustre con un 9%, con tercer lugar está el abanico piedemonte con 1% y siendo la de menor porcentaje montañas y colinas en roca volcánica con 1%.

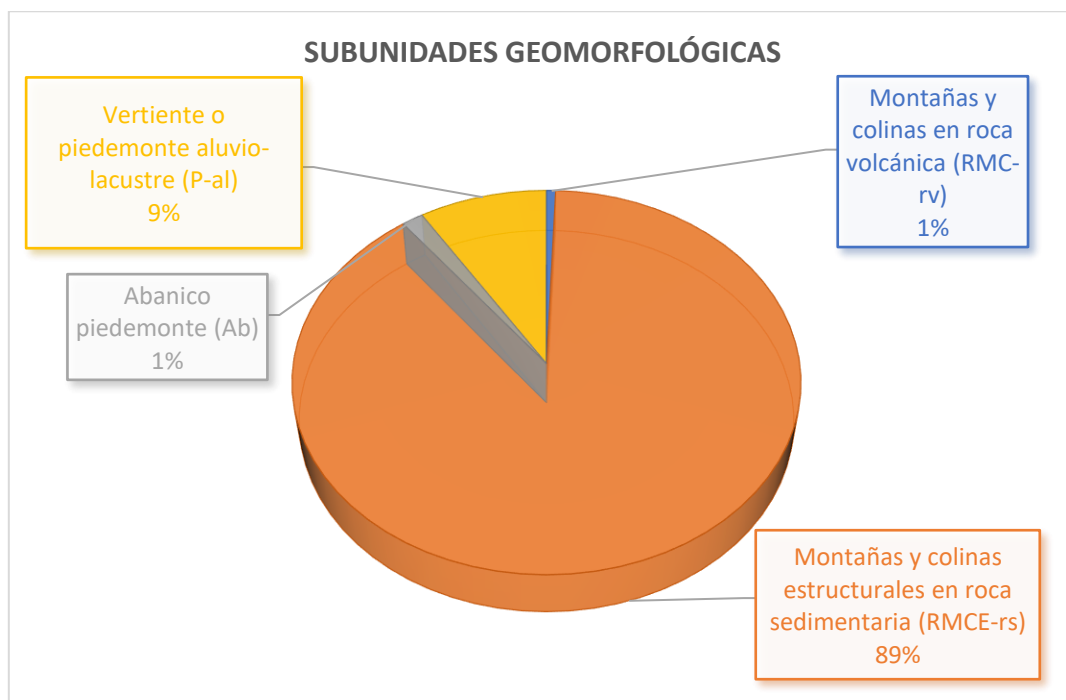


Figura 19. Subunidades Geomorfológicas en porcentaje con la metodología del INGEMMET.

➤ **Metodología Carvajal**

El relieve actual del centro poblado de Otuzco, está conformado por unidades geomorfológicas de Ambiente Estructural, Ambiente Denudativo, Ambiente Fluvial, Ambiente Kárstico y Antrópico.

El Ambiente Estructural ocupa un área de 231.92 hectáreas que se ha originado por los procesos geodinámicos internos y ha formado las unidades geomorfológicas que tenemos actualmente en el área de análisis.

El Ambiente Denudacional ocupa un área de 990.99 hectáreas, siendo este el de mayor área; se forma debido a la acción de la erosión, el transporte y la deposición de materiales en la superficie terrestre, lo que conduce a la disminución de la elevación y la reducción de la topografía en un área determinada, que ha originado el relieve actual del área de análisis.

El Ambiente Kárstico ocupa un área de 342.21 hectáreas, ocupa una gran área del área de análisis, este ambiente se debe a la cantidad de rocas solubles (rocas calizas) en la superficie terrestre que son afectadas por aguas ácidas formando esas características superficiales como los lenares y las laderas onduladas kársticas.

El Ambiente Antrópico ocupa un área de 67.29 hectáreas, siendo está donde se encuentran las viviendas de los pobladores del centro poblado de Otuzco.

En la siguiente tabla se observa el área de cada tipo de Ambiente Morfogenético en hectáreas y en porcentaje.

Tabla 11. Áreas según tipo de Ambiente Morfogenético.

Tipo de Ambiente Morfogenético	Área (ha)	Porcentaje (%)
Ambiente Estructural	231.92	14
Ambiente Denudacional	990.99	60
Ambiente Fluvial	13.48	1
Ambiente Kárstico	342.21	21
Ambiente Antrópico	67.29	4

En el área de estudio según el Ambiente Morfogenético se tiene al Ambiente Denudacional con mayor área y por ende mayor porcentaje que es de un 60% y con menor área tenemos al Ambiente Fluvial con porcentaje de 1% con respecto al total del área de estudio que son 1650 hectáreas.

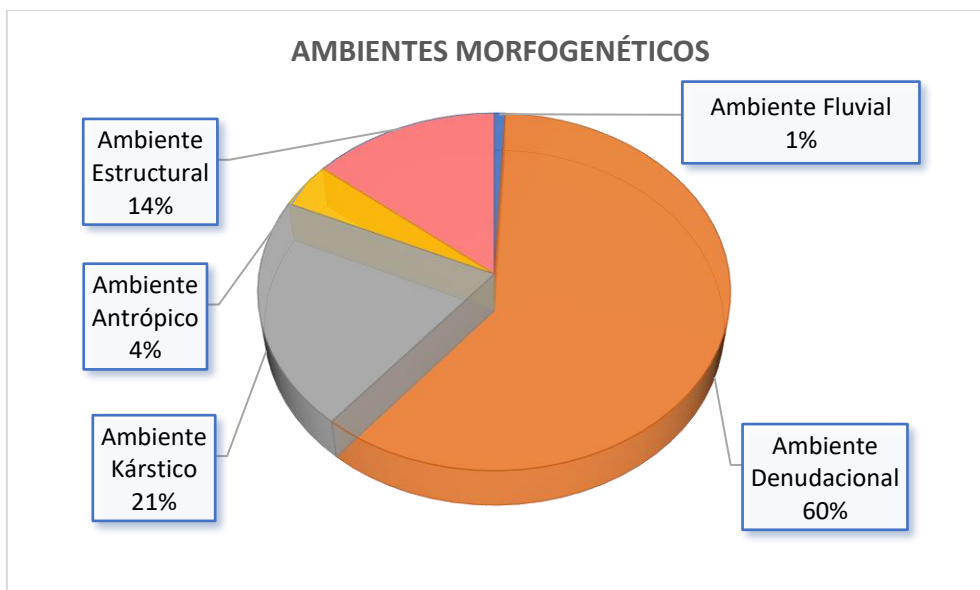


Figura 20. Área por tipo de Ambiente Morfogenético del área de estudio.

Según el gráfico de las áreas el tipo de ambiente en el centro poblado de Otuzco se obtuvo que el Ambiente Denudacional es el predominante, esto quiere decir que hubo un proceso de denudación que implica la erosión y el desgaste de la superficie terrestre debido a diversos factores como el viento, agua, hielo y gravedad haciendo que se debiliten las rocas por lo cual este ambiente tiene mayor porcentaje en nuestra área de estudio.

Las Unidades Geomorfológicas reconocidas en el centro poblado de Otuzco según el tipo de Ambiente Morfogenético Estructural tenemos: Escarpes estructurales, Flancos y Cerro.

Tabla 12. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Estructurales del área de análisis.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Estructural	Escarpes estructurales	See	46.68
	Flancos	Sfl	84.40
	Cerro	Scce	100.83

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

La Unidad Geomorfológica Estructural que ocupa mayor área es el cerro, que se ubica al NW de la Quebrada Samanay, ocupando un área de 100.83 ha de terreno; también por otra parte la Unidad Geomorfológica Estructural que ocupa la menor área en esta clasificación es el Escarpe estructural.

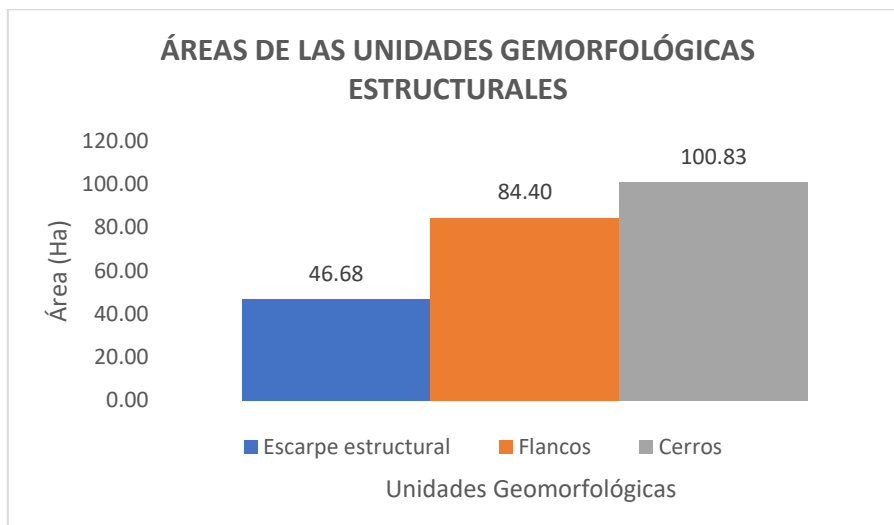


Figura 21. Áreas en ha de las Unidades Geomorfológicas Estructurales del área de análisis.

Según la clasificación de las Unidades Geomorfológicas Estructurales se tiene la siguiente figura donde se muestra las áreas en porcentajes, estos porcentajes se han calculado tomando como el todo solo las Unidades Geomorfológicas Estructurales.

En la imagen expresado en porcentaje, nos dice que los cerros ocupan un 44% del área total siendo está el mayor porcentaje y un 20% el Escarpe estructural siendo este el de menor porcentaje.

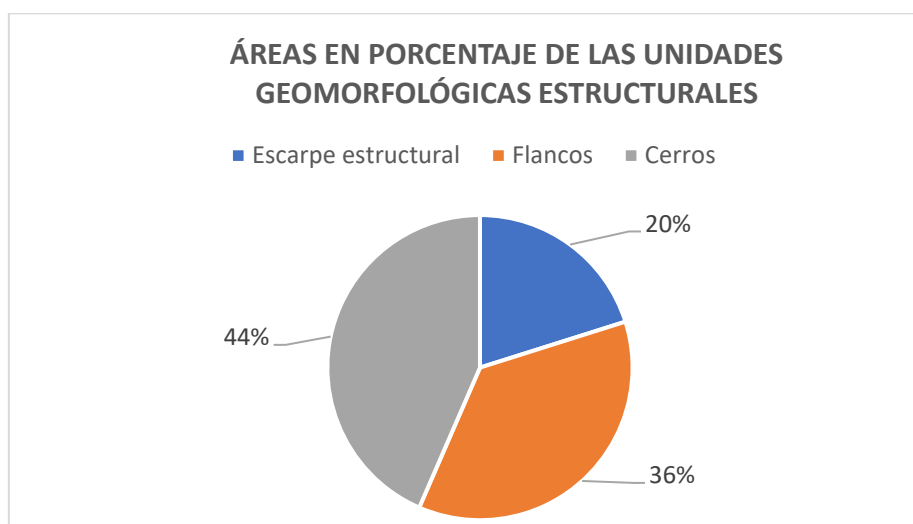


Figura 22. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Estructurales.

Las Unidades Geomorfológicas Denudacionales en el área de estudio se tienen las Laderas denudacionales, Lomas, Colinas, Deslizamientos, Planicies y Altiplanicies; que han sufrido procesos exógenos que han desgastado la superficie de las rocas.

Tabla 13. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Denudacionales del área de análisis.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Denudacional	Laderas denudacionales	Dla	155.22
	Lomas	Dlo	28.80
	Colinas	Dco	61.46
	Deslizamientos	Dd	156.79
	Planicies	Dpl	486.45
	Altiplanicie	Dal	102.26

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004).

En la siguiente figura nos muestra las áreas en hectáreas de las Unidades Geomorfológicas Denudacionales que se han identificado en el área de estudio, tenemos a las planicies con un área de 486.45 ha siendo esta la mayor y a las lomas con un área de 28.80 ha siendo esta la menor.

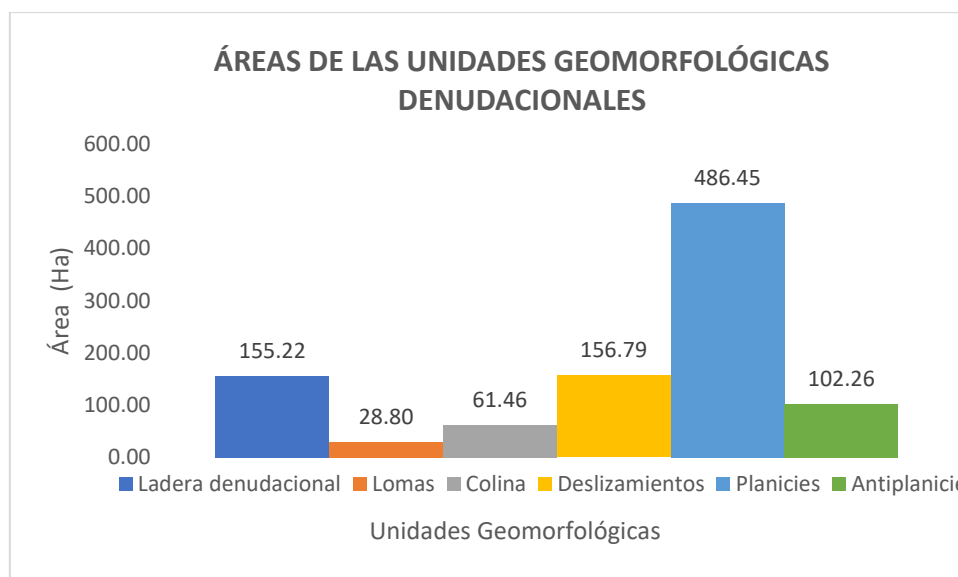


Figura 23. Áreas en ha de las Unidades Geomorfológicas Denudacionales del área de análisis.

Según la clasificación de las Unidades Geomorfológicas Denudacionales se obtiene en la siguiente figura las áreas en porcentajes, estos porcentajes se han calculado tomando como el todo solo las Unidades Geomorfológicas Denudacionales.

En la imagen expresado en porcentaje, se muestra que las planicies ocupan un 49% del área total siendo esta el mayor porcentaje y un 3% las lomas siendo esta la de menor porcentaje.

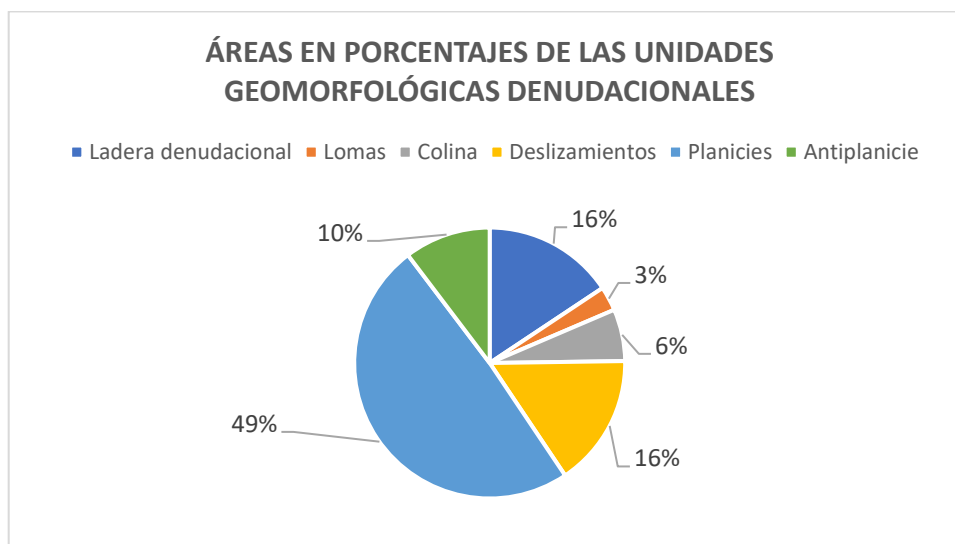


Figura 24. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Denudacionales.

Las Unidades Geomorfológicas Fluviales presentes en el área de estudio son las terrazas de acumulación, abanico aluvial, cauces actuales, llanuras de inundación, valle fluvial y manantiales; que se han formado por la erosión, transporte y deposición de sedimentos por parte de ríos y quebradas, así como la interacción con el paisaje circundante y otros sistemas naturales.

Tabla 14. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Fluviales del área de análisis.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Fluvial	Terrazas de acumulación	Fta	11.36
	Abanico Aluvial	Fal	0.35
	Cauces actuales	Fca	0.07
	Llanura de inundación	Flli	1.57
	Valle fluvial	Fvf	0.13
	Manantiales	Fma	0.00002

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

En la siguiente figura se muestra las áreas en hectáreas de las Unidades Geomorfológicas fluviales que se han identificado en el área de estudio, tenemos a las Terrazas de acumulación con un área de 11.36 ha siendo esta la mayor y a los Manantiales con un área de 0.00002 ha siendo esta la menor.

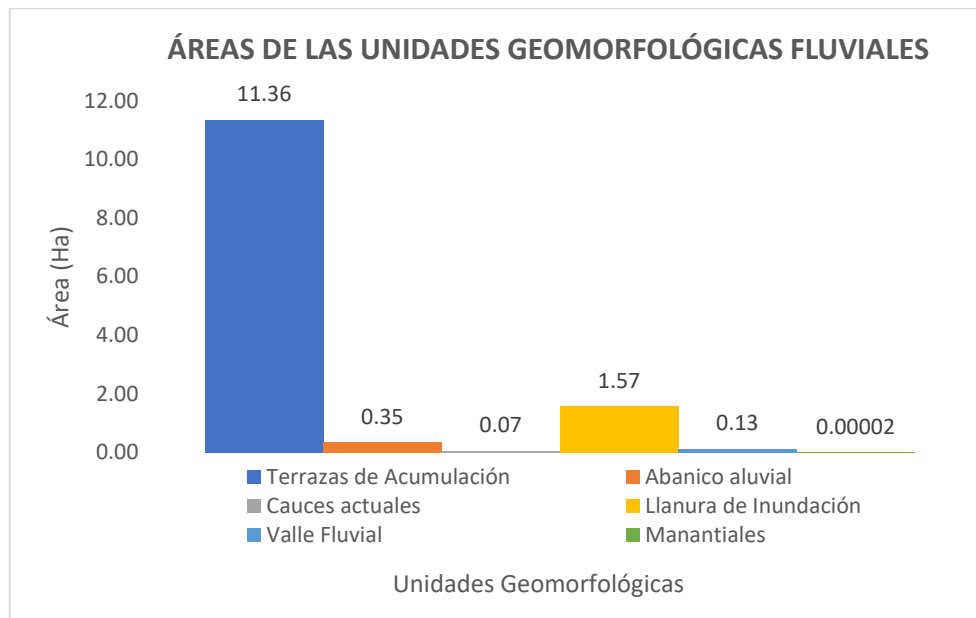


Figura 25. Áreas en ha de las Unidades Geomorfológicas Fluviales del área de análisis.

Según la clasificación de las Unidades Geomorfológicas Fluviales se obtuvo en la siguiente figura las áreas en porcentajes, estos porcentajes se han calculado tomando como el todo solo las Unidades Geomorfológicas Fluviales.

En la imagen expresado en porcentaje, nos dice que las Terrazas de acumulación ocupan un 84% del área total siendo esta el mayor porcentaje y menor del 1% los manantiales siendo este la de menor porcentaje debido que su área es muy pequeña.

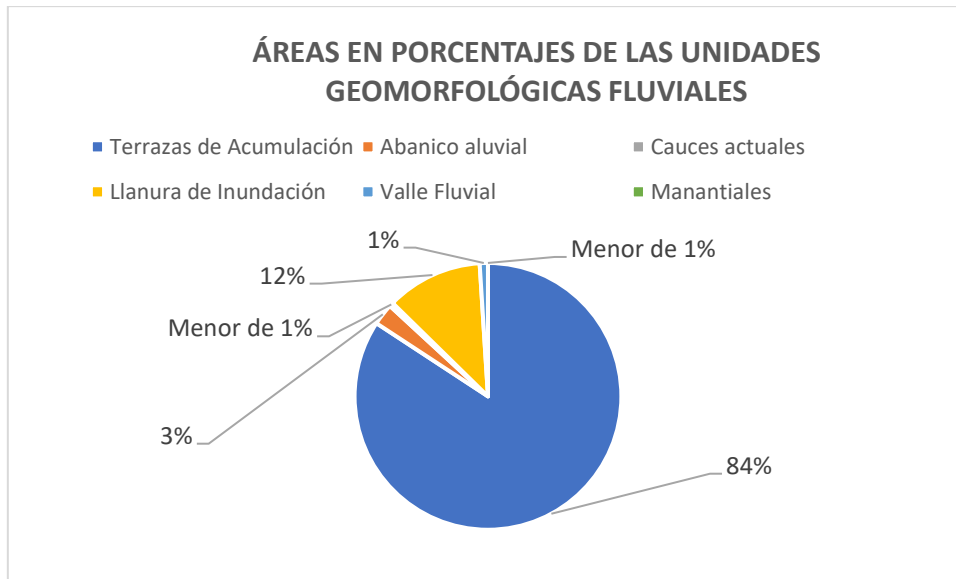


Figura 26. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Fluviales.

Las Unidades Geomorfológicas Kársticas en el área de estudio tenemos las Laderas onduladas kársticas y los Lenares; que se han formado por la disolución de rocas solubles por parte del agua como son las calizas, generando una variedad de formas kársticas en la superficie.

Tabla 15. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Kársticas del área de análisis.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Kárstico	Laderas onduladas kársticas	Klo	226.37
	Lenares	Kl	115.83

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

En la siguiente figura nos muestra las áreas en hectáreas de las Unidades Geomorfológicas Kársticas que se han identificado en el área de estudio, tenemos a las Laderas onduladas kársticas con un área de 226.37 ha siendo esta la mayor y a los Lenares con un área de 115.83 ha siendo esta la menor.

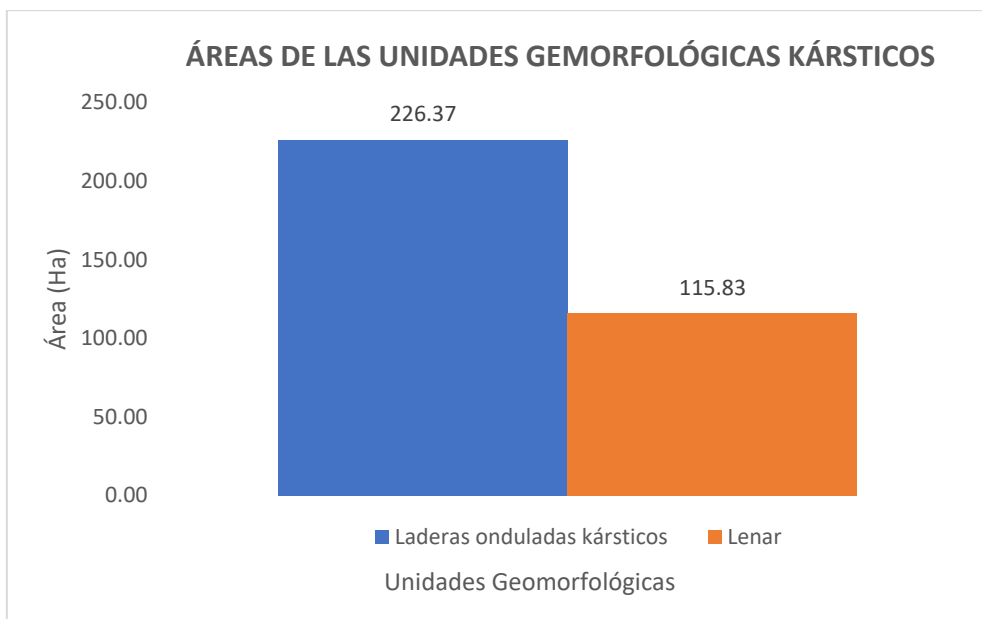


Figura 27. Áreas en ha de las Unidades Geomorfológicas Kársticas del área de análisis.

Según la clasificación de las Unidades Geomorfológicas Kársticas se obtuvo en la siguiente figura las áreas en porcentajes, estos porcentajes se han calculado tomando como el todo solo las Unidades Geomorfológicas Kársticas.

En la imagen expresado en porcentaje, dice que las Laderas onduladas kársticas ocupan un 66% del área total siendo esta el mayor porcentaje y un 34% los Lenares siendo este la de menor porcentaje.

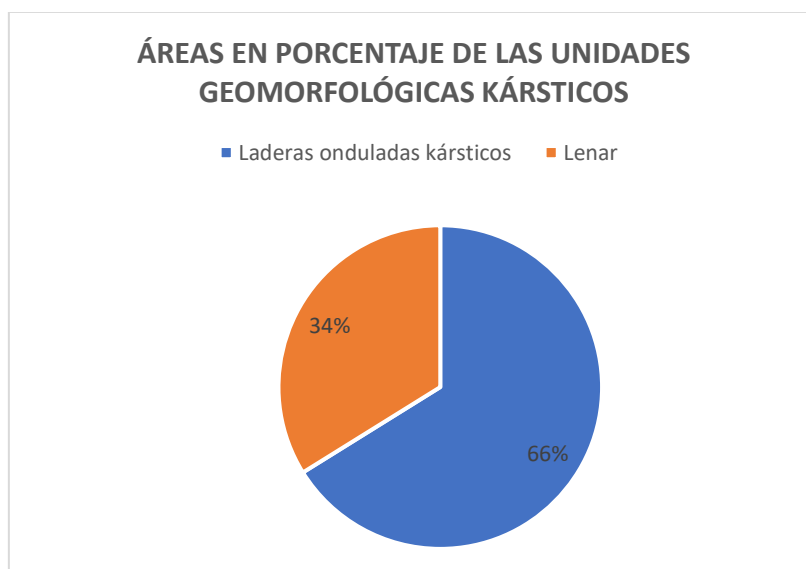


Figura 28. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Kársticas.

Las Unidades Geomorfológicas Antrópicas en el área de estudio tenemos las Construcciones, Charcas artificiales y Explotación a cielo abierto (Caleras); se refiere a un entorno o paisaje que ha sido significativamente modificado o influenciado por la actividad humana.

Tabla 16. Simbología y Áreas de Unidades Geomorfológicas Antrópicas del área de análisis.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)
Antrópico	Construcciones	Ac	64.30
	Charcas artificiales	Acha	0.01
	Caleras	Aca	2.99

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

En la siguiente figura nos muestra las áreas en hectáreas de las Unidades Geomorfológicas Antrópicas que se han identificado en el área de estudio, tenemos a las Construcciones con un área de 64.30 ha siendo esta la mayor y las Charcas artificiales con un área de 0.01 ha siendo esta la de menor área

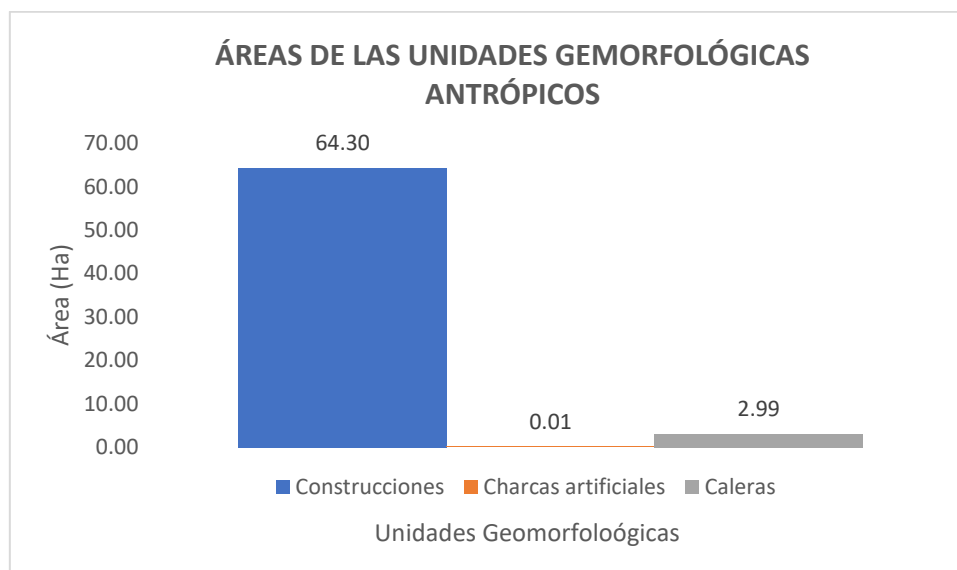


Figura 29. Áreas en Ha de las Unidades Geomorfológicas Antrópicas del área de análisis.

Según la clasificación de las Unidades Geomorfológicas Antrópicas tenemos en la siguiente figura las áreas en porcentajes, estos porcentajes se han calculado tomando como el todo solo las Unidades Geomorfológicas Antrópicas.

En la imagen expresado en porcentaje, nos dice que las Construcciones ocupan un 96% del área total siendo esta el mayor porcentaje y menos de 1% las Charcas artificiales siendo esta la menor.

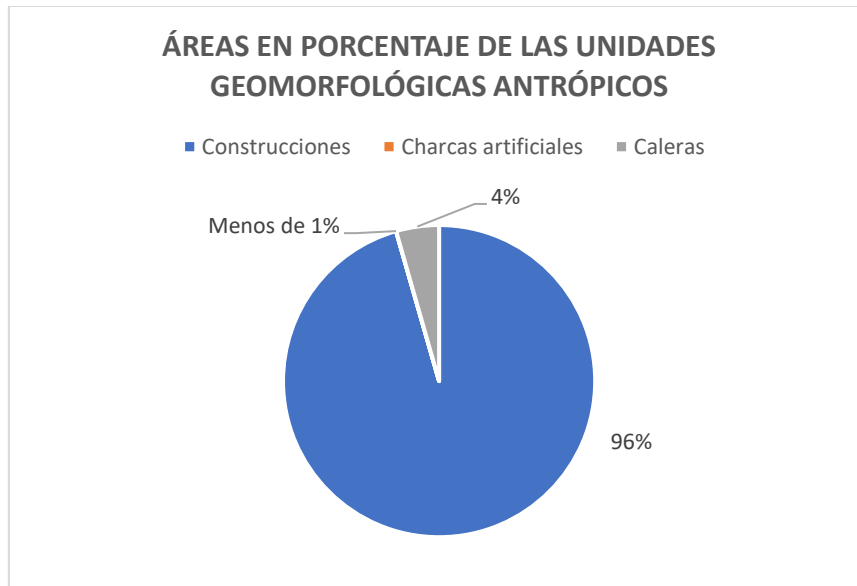


Figura 30. Áreas en porcentajes de las Unidades Geomorfológicas Antrópicas.

Se tiene una tabla resumen de todas los Ambientes y Unidades Geomorfológicas identificadas en el Centro Poblado de Otuzco, con sus áreas, con su código y tipo de proceso que ha sufrido.

Se obtuvo que hay cinco tipos de Ambientes Morfogenéticos siendo estos el Ambiente Estructural, Denudacional, Fluvial, Kárstico y Antrópico; teniendo del primero tres Unidades Geomorfológicas, del segundo seis Unidades Geomorfológicas, del tercero seis Unidades Geomorfológicas, del cuarto 3 Unidades Geomorfológicas y del último 3 Unidades Geomorfológicas.

Tabla 17. Unidades Geomorfológicas según el Ambiente Morfogenético identificadas en el Centro Poblado de Otuzco.

Ambiente Morfogenético	Unidad Geomorfológica	Simbología	Área (Ha)	Procesos
Estructural	Escarpes estructurales	See	46.68	Erosivo
	Flancos	Sfl	84.40	Erosivo
	Cerro	Scce	100.83	Erosivo
Denudacional	Laderas denudacionales	Dla	155.22	Erosivo
	Lomas	Dfl	28.80	Erosivo
	Colinas	Dme	61.46	Erosivo
	Deslizamientos	Ddi	156.79	Gravitacional
	Planicies	Dpl	486.45	Erosivo
	Altiplanicie	Dal	102.26	Erosivo
	Terrazas de acumulación	Fta	11.36	Acumulación
Fluvial	Abanico Aluvial	Fal	0.35	Acumulación
	Cauces actuales	Fca	0.07	Acumulación
	Llanura de inundación	Flli	1.57	Inundación
	Valle fluvial	Fvf	0.13	Erosión
	Manantiales	Fma	0.00002	Inundación
	Laderas onduladas kársticas	Klo	226.37	Disolución
Kárstico	Lenares	Kl	115.83	Disolución
	Construcciones	Ac	64.30	Erosivo
Antrópico	Charcas artificiales	Acha	0.01	Inundación
	Caleras	Aca	2.99	Erosivo

Fuente: Adaptado de Carvajal (2004)

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Se ha contrastado con la investigación la hipótesis por lo cual se ha podido caracterizar la geomorfología teniendo en cuenta el cartografiado y las unidades geomorfológicas en la área de análisis, usando la clasificación que utiliza el INGEMET se ha caracterizado las Unidades Geomorfológicas dando como resultado el mapa 06 el cual nos muestra que se tiene dos tipos

de geoformas en la área de análisis : una de ellas es de Carácter degradacional y erosional con una unidad geomorfológica de Montañas y colinas ,con dos subunidades la primera es Montañas y colinas en roca volcánica y la segunda es Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria; el otro tipo de geoforma es de Carácter deposicional o agradacional con una unidad geomorfológica denominada Piedemonte con dos subunidades la primera es Abanico piedemonte y la segunda es Vertiente o piedemonte aluvio-lacustre; validando así la hipótesis inicial.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se ha identificado según la metodología del INGEMMET que en la área de análisis tenemos dos tipos de geoformas la cual se ha caracterizado las Unidades Geomorfológicas dando como resultado el Mapa 06 el cual nos muestra que se tiene dos tipos de geoformas en la área de análisis ,una de ellas es de Carácter degradacional y erosional con una Unidad Geomorfológica de Montañas y colinas ,con dos subunidades la primera es Montañas y colinas en roca volcánica y la segunda es Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria; el otro tipo de geoforma es de Carácter deposicional o agradacional con una Unidad Geomorfológica denominada Piedemonte con dos subunidades la primera es Abanico piedemonte y la segunda es Vertiente o piedemonte aluvio-lacustre.
- Se ha identificado y se ha descrito las diferentes Unidades Geomorfológicas identificadas en el centro poblado de Otuzco según Carvajal obteniendo el Mapa 07, se obtuvieron 5 Ambientes Morfogenéticos los cuales son: Estructural, Denudacional, Fluvial, Kárstico y Antrópico; siendo el Denudacional el de mayor área seguido por el Kárstico, Estructural, Antrópico y por último el Ambiente Fluvial con menor área y 20 Unidades Geomorfológicas en total, siendo las planicies las de mayor área, y los manantiales de menor área.
- Se interpreto y combino información de gabinete y campo para el cartografiado, se obtuvo el Mapa Geomorfológico en escala 1: 15 000 según los Ambientes Morfogenéticos, con la clasificación utilizada por Carvajal y complementario con la simbología utilizada por el Instituto Geológico y Minero de España.
- Se realizo el modelo conceptual del área de análisis dando como resultado el Mapa Geomorfológico, el cual se realizó con la ayuda del Modelo Digital de elevación y el trabajo en campo realizado con el cartografiado y un análisis final de gabinete.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda al INGEMMET realizar una estandarización de la cartografía geomorfológica del Perú, en cuanto a tramas y simbolización para así poder tener una guía y realizar mapas geomorfológicos uniformes de distintas áreas de interés.
- En el futuro estudiantes de la Universidad Nacional de Cajamarca complementar la información de los estudios geomorfológicos detallados para que sirvan de ayuda para el ordenamiento territorial, identificación de áreas de riesgo geológico y planificación de medidas de mitigación y prevención, para así poder prevenir pérdidas de vidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Á. MARTÍN-SERRANO, Á. SALAZAR, F. NOZAL & Á. SUAREZ; 2004. Mapa Geomorfológico de España a escala 1:5000. Guía para su elaboración. Instituto Geológico y minero de España.
- CARVAJAL, H; 2004. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica. Volumen I. Capítulo de geomorfología. INGEOMINAS. Bogotá.
- CARVAJAL, H; 2012. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Bogotá: INGEOMINAS.
- CENTENO, J; 2008. Comparación y Relaciones del Terreno. Perú.
- DÁVILA, J; 2011. Diccionario Geológico. INGEMMET. Perú.
- GUTIÉRREZ, M; 2001. Geomorfología Climática. Barcelona.
- JIMÉNES, J; 1983. Geomorfología General (Vol. II). Madrid. España.
- LUGO, J; 2011. Diccionario Geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- MUÑOZ, J; 2018. Modelamiento Geoestructural del Sinclinal Otuzco basado en análisis Tenso-Deformacional de rocas calcáreas del cretáceo superior. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- ROBERTSON, D; JARAMILLO, O; 2013. Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1: 10 000. Bogotá.
- RODRÍGUEZ, R. (2016). Método de Investigación Geológico-Geotécnico para el Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos. Zona Ronquillo-Corisorgona. Cajamarca-Perú. Tesis de Maestría en Geología-Mención Geotecnia. UNMSM. Lima, Perú.

- SILVA, D; 2022. Caracterización Geomorfológica del centro poblado de Tinyayoc-San Marcos. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- VERGARA, L; 2017. Caracterización de las unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- VILLOTA, H; 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá.
- ZINCK, J; 2012. Geopedología: Elementos de la geomorfología para estudios de suelos y riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. Colombia.

ANEXOS

A. MAPAS

Mapa 01:	Mapa de Ubicación
Mapa 02:	Imagen Satelital
Mapa 03:	Mapa Topográfico- MDE
Mapa 04:	Mapa de Unidades Morfogenéticas
Mapa 05:	Mapa Geológico - Estructural
Mapa 06:	Mapa Geomorfológico según INGEMMET
Mapa 07:	Mapa Geomorfológico- Estructural
PE-01:	Sección Geológica A-A'
PE-02:	Sección Geológica B-B'