

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**“CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL DISTRITO DE MAGDALENA,  
CASERÍO LA VIÑA Y HUAQUILLAS”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO**

**AUTOR:**

Bach. Dany Jhonatan Terrones Mendoza

**ASESOR:**

Dr. Ing. Quispe Mamani Crispín Zenón

CAJAMARCA - PERÚ

2023

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Cajamarca por el apoyo de mis estudios superiores. A la Escuela Académico profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Cajamarca, sus Respetables Autoridades, Director, y Docentes, dedicados a la formación de futuros académicos del más alto nivel científico. Especial consideración a mi Comité Científico, Dr. Reinaldo Rodríguez, Dr. Alejandro Lagos, M.cs. Roberto Gonzales, M.cs. Víctor Arapa. Infinita gratitud al Dr. Zenón Quispe asesor de tesis por su apoyo y constante participación para la culminación de la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

Al Gran Hacedor del Universo Dios Padre Eterno.  
Para mis padres, Marleny Mendoza y Pedro Terrones. A mis segundos padres, María Alaya y Claudio Mendoza, por su apoyo incondicional durante el desarrollo de mi tesis. A mis Hermanas Erika y Gimena que con su sonrisa atraen la felicidad, a Ana Paula Correa por su profundo amor, cariño y correspondencia, a César Heras por su amistad incondicional.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ABREVIATURAS Y SIGLAS</b> .....	xviii
<b>RESUMEN</b> .....	xix
<b>ABSTRACT</b> .....	xx

### CAPÍTULO I

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
---------------------------	---

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

<b>2.1. Antecedentes Teóricos De La Investigación</b> .....	3
<b>2.1.1. Antecedentes internacionales</b> .....	3
<b>2.1.2. Antecedentes nacionales</b> .....	5
<b>2.1.3. Antecedentes locales</b> .....	6
<b>2.2. Bases Teóricas</b> .....	7
<b>2.2.1. Geoforma</b> .....	19
<b>2.2.1.1. Configuración de las geoformas</b> .....	21
<b>2.2.1.2. Diseño de los contornos de las geoformas</b> .....	22
<b>2.2.2. Topografía (perfil y formas según la geoforma)</b> .....	22

	<b>Pág.</b>
<b>2.2.3. Morfogénesis</b> .....	24
<b>2.2.3.1. Ambientes morfogenéticos</b> .....	25
<b>2.2.3.1.1. Ambiente morfoestructural</b> .....	25
<b>2.2.3.1.2. Ambiente volcánico</b> .....	26
<b>2.2.3.1.3. Ambiente denudacional</b> .....	27
<b>2.2.4. Morfodinámica</b> .....	29
<b>2.2.4.1. Características y clasificación de los procesos morfodinámicos</b> .....	30
<b>2.2.5. Morfometría</b> .....	31
<b>2.2.5.1. Contraste de relieve o relieve relativo</b> .....	31
<b>2.2.5.2. Inclinación de la ladera</b> .....	32
<b>2.2.5.3. Longitud de la ladera</b> .....	32
<b>2.2.5.4. Forma de la ladera</b> .....	33
<b>2.2.6. Cartografía geomorfológica</b> .....	34
<b>2.2.6.1. Planos geomorfológicos analíticos</b> .....	35
<b>2.2.6.2. Planos geomorfológicos sintéticos</b> .....	37
<b>2.2.6.3. Planos geomorfológicos pragmáticos</b> .....	37
<b>2.2.6.6. Lineamientos generales para la elaboración de un plano geomorfológico</b> .....	39
<b>2.3 Definición De Términos Básicos</b> .....	43

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. Ubicación De La Investigación</b> .....	45
<b>3.1.1 Ubicación geográfica</b> .....	45
<b>3.1.1.1 Límites</b> .....	45

	<b>Pág.</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Ubicación política</b> .....46
<b>3.1.3</b>	<b>Accesibilidad</b> .....47
<b>3.1.3.1</b>	Carreteras afirmadas ..... 47
<b>3.1.3.2</b>	Caminos de herradura..... 48
<b>3.1.4</b>	<b>Extensión de la zona</b> .....49
<b>3.1.5</b>	<b>Clima y vegetación</b> .....49
<b>3.2</b>	<b>Procedimientos</b> .....50
<b>3.2.1</b>	<b>Etapla preliminar de gabinete</b> .....50
<b>3.2.2</b>	<b>Etapla de campo</b> .....51
<b>3.2.3</b>	<b>Etapla final de gabinete</b> .....51
<b>3.3</b>	<b>Metodología De La Investigación</b> .....52
<b>3.3.1</b>	<b>Tipo y diseño de investigación</b> .....52
<b>3.3.2</b>	<b>Población de estudio</b> .....52
<b>3.3.3</b>	<b>Muestra</b> .....52
<b>3.3.4</b>	<b>Unidad de análisis</b> .....52
<b>3.3.5</b>	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....53
<b>3.3.6</b>	<b>Equipos de recolección de datos</b> .....53
<b>3.3.7</b>	<b>Análisis e interpretación de datos</b> .....53
<b>3.4</b>	<b>Geología Regional</b> .....54
<b>3.5</b>	<b>Geología Local</b> .....54
<b>3.5.1</b>	<b>Formación Farrat</b> .....54
<b>3.5.2</b>	<b>Formación Inca</b> .....56
<b>3.5.3</b>	<b>Grupo Crisnejas</b> .....58
<b>3.5.3.1</b>	<b>Formación Chúlec</b> ..... 58

	<b>Pág.</b>
3.5.3.2	Formación Pariatambo..... 60
3.5.4	<b>Grupo Puyllucana</b> .....61
3.5.4.1	Formación Yumahual ..... 61
3.5.5	<b>Secuencia Volcánica Chilete-Ayambra</b> .....61
3.5.6	<b>Cuaternario Aluvial</b> .....62
3.5.7	<b>Cuaternario Fluvial</b> .....63
3.6	<b>Geomorfología</b> .....64
3.6.1	<b>Ambiente morfogenético</b> .....64
3.6.1.1	Unidades por Proceso Fluvial..... 64
3.6.1.1.1	<i>Abanico aluvial (Faa)</i> ..... 64
3.6.1.1.2	<i>Cono de deyección (Fcc)</i> ..... 66
3.6.1.1.3	<i>Escarpe Erosional Fluvial (Fee)</i> ..... 67
3.6.1.1.4	<i>Terraza de acumulación (Fta)</i> ..... 68
3.6.1.1.5	<i>Llanura de inundación (Fll)</i> ..... 69
3.6.1.1.6	<i>Valle en V (Fvv)</i> ..... 70
3.6.1.1.7	<i>Valle en U (Fvu)</i> ..... 70
3.6.1.1.8	<i>Valle Cataclinal (Fvc)</i> ..... 71
3.6.1.1.9	<i>Valle Ortoclinal (Fvo)</i> ..... 72
3.6.1.1.10	<i>Barras longitudinales (Fvl)</i> ..... 73
3.6.1.1.11	<i>Cauce sinuoso (Fcs)</i> ..... 73
3.6.1.1.12	<i>Cauce recto (Fcr)</i> ..... 75
3.6.1.2.	Unidades por proceso kárstico..... 76
3.6.1.2.1	<i>Loma residual kárstico (Krl)</i> ..... 76
3.6.1.2.2	<i>Ladera estructural kárstico (Kle)</i> ..... 76

	<b>Pág.</b>
<b>3.6.1.2.3</b> <i>Ladera erosional kárstico (Klek)</i> .....	77
<b>3.6.1.2.4</b> <i>Colina residual kárstico (Kcr)</i> .....	78
<b>3.6.1.2.5</b> <i>Escarpe estructural kárstico (Kee)</i> .....	79
<b>3.6.1.2.6</b> <i>Loma estructural kárstico (Kel)</i> .....	79
<b>3.6.1.3</b> Unidades por proceso estructural .....	80
<b>3.6.1.3.1.</b> <i>Terraza estructural colgante (Etec)</i> .....	80
<b>3.6.1.3.2.</b> <i>Vuelco de rocas (Evr)</i> .....	81
<b>3.6.1.3.3.</b> <i>Escarpe estructural</i> .....	82
<b>3.6.1.4.</b> Unidades por proceso denudacional .....	83
<b>3.6.1.4.1.</b> <i>Ladera erosional denudacional (Del)</i> .....	83
<b>3.6.1.4.2</b> <i>Deslizamiento activo</i> .....	84
<b>3.6.1.4.3.</b> <i>Terraza denudacional (Dtd)</i> .....	85
<b>3.6.1.5 .</b> Unidades por proceso volcánico .....	86
<b>3.6.1.5.1</b> <i>Terraza volcánica (Vte)</i> .....	86
<b>3.6.1.5.2</b> <i>Superficie de aplanamiento volcánico (Vsa)</i> .....	87
<b>3.6.1.5.3</b> <i>Ladera erosional volcánico (Vle)</i> .....	87
<b>3.6.1.6.</b> Unidades geomorfológicas por proceso antrópico.....	88
<b>3.6.1.6.1.</b> <i>Explotación minera no metálica</i> .....	88
<b>3.6.1.6.2</b> <i>Construcción de viviendas (Aav)</i> .....	89

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

<b>4.1.</b> <b>Análisis De Resultados</b> .....	90
<b>4.1.1.</b> <b>Análisis estadístico de los ambientes morfogenéticos-morfodinámicos que dominan la zona de estudio</b> .....	90

	<b>Pág.</b>
<b>4.1.2. Análisis de la Morfometría</b> .....	99
<b>4.1.2.1. Contraste del relieve</b> .....	99
<b>4.1.2.2. Pendiente de la superficie</b> .....	101
<b>4.1.3.3. Formas de la superficie</b> .....	102
<b>4.1.3. Jerarquización para cartografiado geomorfológico</b> .....	119
<b>4.2. Discusión De Resultados</b> .....	121

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>CONCLUSIONES</b> .....	125
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	126
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	127
<b>ANEXOS</b> .....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Configuración de las geoformas.....	21
<b>Tabla 2.</b> Diseño de los contornos de las geoformas.....	22
<b>Tabla 3.</b> El perfil de la topografía .....	23
<b>Tabla 4.</b> Forma de la topografía.....	24
<b>Tabla 5.</b> Índice del contraste del relieve.....	31
<b>Tabla 6.</b> Índices de inclinación de laderas.....	32
<b>Tabla 7.</b> Índices de longitud de la ladera.....	33
<b>Tabla 8.</b> Formas de la ladera .....	33
<b>Tabla 9.</b> Espaciamiento entre canales según tipo de erosión.....	38
<b>Tabla 10.</b> Grados de erosión según geoforma.....	38
<b>Tabla 11.</b> Grados de erosión según cobertura vegetal.....	39
<b>Tabla 12.</b> Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de estudio.....	45
<b>Tabla 13.</b> Ruta A, de acceso a la zona de investigación.....	47
<b>Tabla 14.</b> Ruta B, de acceso a la zona de investigación .....	48
<b>Tabla 15.</b> Tipo, nivel y diseño de investigación.....	52
<b>Tabla 16.</b> Jerarquización, tomando el tipo de ambiente, unidades, componentes y sus características .....	120

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Filogénesis de la teoría geomorfológica.....	8
<b>Figura 2.</b> Componentes principales del ciclo de Davis.....	9
<b>Figura 3.</b> Los sistemas antecedentes de la geomorfología.....	18
<b>Figura 4.</b> Esquematización para jerarquización geomorfológica.....	19
<b>Figura 5.</b> Suma de factores que influyen en la formación de una geoforma .....	20
<b>Figura 6.</b> Relación entre los atributos topográficos y los niveles categóricos del sistema de las clasificaciones de las geoformas .....	23
<b>Figura 7.</b> Perfil del ambiente estructural, que muestran las unidades Morfoestructurales con laderas estructurales, crestas estructurales, mesetas estructurales y laderas erosionales con procesos erosivos variables .....	26
<b>Figura 8.</b> Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales con terrazas aluviales torrenciales de edad relativa variable .....	28
<b>Figura 9.</b> Perfil esquemático de Ambiente Fluvial .....	29
<b>Figura 10.</b> Perfil esquemático de una ladera y la relación entre forma de la misma y los procesos generados en ella .....	30
<b>Figura 11.</b> Tipos de planos en el sistema ITC.....	35
<b>Figura 12.</b> Flujograma de procedimientos tenidos en cuenta en la elaboración de un plano geomorfológico analítico.....	41

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 13.</b> Ubicación de la zona de estudio .....	46
<b>Figura 14.</b> Carretera de accesibilidad Cajamarca- Magdalena .....	48
<b>Figura 15.</b> Carreta de accesibilidad Magdalena-Cajamarca .....	49
<b>Figura 16.</b> Estación convencional Magdalena con recepción de datos en tiempo real 2021 .....	50
<b>Figura 17.</b> Estrato de arenisca cuarzosa de la Fm. Farrat en el flanco NW del Cerro Chantilla	55
<b>Figura 18.</b> Clastos de cuarzo mayores a 2mm. en arenisca cuarzosa de la Fm. Farrat .....	55
<b>Figura 19.</b> En el flanco noroeste (NW) del Cerro Chantilla se observa la Fm. Farrat suprayaciendo a las Fm. Inca y Chúlec .....	56
<b>Figura 20.</b> La Fm. Inca en contacto con la Fm. Farrat y Fm.Chúlec en el cerro Chantilla .....	57
<b>Figura 21.</b> Las areniscas ferruginosas de la Fm. Inca en discordancia erosional con la Fm. Chúlec en el Cerro Mollepata .....	57
<b>Figura 22.</b> En el corte de carretera, flanco sur del Cerro El Puquio se observan estratos de caliza de la Fm. Chúlec. Con elevado ángulo de buzamiento por el anticlinal volcado .....	58
<b>Figura 23.</b> En la excavación para la construcción de vivienda se observan estratos de calizas de la Fm. Chúlec, oxidados por la alteración supergena. ....	59
<b>Figura 24.</b> Vista de estratos de calizas nodulares en el flanco Suroeste (SW) del Cerro El Puquio .....	61
<b>Figura 25.</b> Calizas de la Fm. Pariatambo en la unidad de escarpe erosional kárstico en el Cerro El Puquio .....	60
<b>Figura 26.</b> Calizas gris oscuras afectadas por el intemperismo, ubicadas en el Cerro El Puquio .. .....	60

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 27.</b> Estratos de calizas nodulares de la Fm. Yumahual en la margen derecha aguas arriba del a quebrada La Viña .....	61
<b>Figura 28.</b> Flujos de cenizas y lapillis de la secuencia volcánica Chilete-Ayambla .....	62
<b>Figura 29.</b> Vista de depósitos aluviales en el talud. Materiales conformados por sedimentos de arcilla, gravas y cantos. Se encuentran en la parte baja del Cerro El Puquio .....	62
<b>Figura 30.</b> Vista de depósito aluvial en el flanco suroeste (SW) del Cerro El Puquio, conformado por materiales heteroclásticos .....	63
<b>Figura 31.</b> Vista de depósitos fluviales en la llanura de inundación del río Jequetepeque .....	63
<b>Figura 32.</b> Vista de depósitos fluviales en la llanura de inundación del río Jequetepeque.....	64
<b>Figura 33.</b> Abanico aluvial en el flanco noreste (NE) del Cerro Mollepata con el lóbulo truncado por la llanura de inundación .....	65
<b>Figura 34.</b> Se visualiza un pequeño abanico en la base del C° Amillas .....	65
<b>Figura 35.</b> Cono de deyección ubicado en el flanco frente al caserío La Viña.....	66
<b>Figura 36.</b> Cono de deyección de tamaño considerable entre los caseríos: La Viña y Huaquillas. Nótese que lóbulo frontal esta truncado por el rio Jequetepeque .....	67
<b>Figura 37.</b> Escarpe erosional fluvial contiguo al valle de Jequetepeque .....	67
<b>Figura 38.</b> Escarpe erosional Fluvial cerca al diseño sinuoso del rio Jequetepeque .....	68
<b>Figura 39.</b> Terraza de acumulación de dos niveles .....	68
<b>Figura 40.</b> Terraza de acumulación ubicado por encima del nivel del cauce del rio Jequetepeque .....	69
<b>Figura 41.</b> Nótese la llanura de inundación en el río Jequetepeque .....	69

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 42.</b> A la izquierda, sedimentos depositados en la llanura de inundación. A la derecha, explotación de minerales no metálicos en época de estiaje en la llanura de inundación .....	70
<b>Figura 43.</b> Valle en forma de V en la quebrada Chantilla .....	70
<b>Figura 44.</b> En la sección transversal del río Jequetepeque se observa la amplitud del valle en U ..	71
<b>Figura 45.</b> Valle cataclinal con buzamiento a favor de los estratos de caliza de la Fm. Chúlec .	71
<b>Figura 46.</b> Valle ortoclinal discurre paralelo a la Fm. Chúlec .....	72
<b>Figura 47.</b> Valle ortoclinal ubicado aguas arriba del río Jequetepeque en el caserío Huaquillas	72
<b>Figura 48.</b> Barra longitudinal en la confluencia de los ríos; Jequetepeque y Chetilla.....	73
<b>Figura 49.</b> Cauce sinuoso en la llanura de inundación al NW del Caserío La Viña.....	74
<b>Figura 50.</b> Cauce sinuoso limitado por las calizas de la Fm. Chúlec y los depósitos aluviales ..	74
<b>Figura 51.</b> A la derecha se observa cauce sinuoso entre la llanura de inundación .....	75
<b>Figura 52.</b> Cauce recto inundado en el río Jequetepeque .....	75
<b>Figura 53.</b> Cauce recto paralelo la río Jequetepeque .....	76
<b>Figura 54.</b> Vista de loma residual kárstico cerca a la confluencia de los ríos Chantilla, Chetillano y Magdalena .....	76
<b>Figura 55.</b> Ladera estructural en rocas de la Fm. Pariatambo en la Qda. La Viña .....	77
<b>Figura 56.</b> El proceso erosivo se encargó de modelar las superficies de la ladera con depósitos suprayaciendo a la Fm. Pariatambo al SW del C° El Puquio .....	78
<b>Figura 57.</b> Colina residual kárstico suprayaciendo a calizas de la Fm. Yumahual .....	78

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 58.</b> Escarpe estructural kárstico en la Fm. Chúlec contiguo a la terraza de fluvial .....	79
<b>Figura 59.</b> Loma estructural kárstico de dirección NW-SE ubicado al W del Caserío Huaquillas .....	79
<b>Figura 60.</b> En el margen izquierda aguas abajo del rio Jequetepeque se visualiza dos niveles de terrazas colgantes en la Fm. Chúlec .....	80
<b>Figura 61.</b> En la Fm. Chúlec contiguo al rio Jequetepeque se observa terraza colgante de un nivel .....	81
<b>Figura 62.</b> Vista de bloques desprendidos en el escarpe estructural kárstico de la Fm. Chúlec..	82
<b>Figura 63.</b> Escarpe estructural en rocas de la Fm. Chúlec .....	82
<b>Figura 64.</b> Escarpe estructural en la Fm Chúlec, ubicado en el margen derecho aguas arriba en la quebrada La Viña .....	83
<b>Figura 65.</b> Ladera erosional denudacional en el C° El Puquio. Se visualiza un espesor considerable del depósito cuaternario en el flanco del cerro.....	83
<b>Figura 66.</b> Ladera denudacional en el C° Chantilla. Se observa un suelo con tonalidades rojizas por erosión de la Fm. Inca .....	84
<b>Figura 67.</b> Deslizamiento activo en el flanco SW del C° Chantilla. Vista del deslizamiento rotacional sobre depósitos con relictos de la Fm. Inca.....	84
<b>Figura 68.</b> Deslizamiento rotacional al borde de la carretera que conduce del caserío La Viña al caserío Huaquillas .....	85
<b>Figura 69.</b> Deslizamiento antiguo utilizado como área de cultivo ubicado cerca al caserío Huaquillas.....	85
<b>Figura 70.</b> Terraza denudacional en el flanco SW del C° Hualabamba.....	86

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 71.</b> Terraza volcánica asimétrica en rocas volcánicas de la secuencia Volcánica Chilete-Ayambla en el flanco SW del C° El Puquio .....	86
<b>Figura 72.</b> Vista frontal de la superficie de aplanamiento volcánico en el C° El Puquio .....	87
<b>Figura 73.</b> Ladera erosional volcánico en la secuencia Volcánica Chilete-Ayambla ubicado en el flanco W del C° El Puquio.....	87
<b>Figura 74.</b> Tamizado o zarandeado de materiales de construcción en la llanura de inundación del río Jequetepeque .....	88
<b>Figura 75.</b> Explotación de materiales de construcción en una de las barras longitudinales ubicadas en el margen derecho aguas abajo del río Jequetepeque .....	88
<b>Figura 76.</b> Construcción de viviendas en el flanco SE del C° El Puquio en el caserío de Huaquillas.....	89
<b>Figura 77.</b> Viviendas a un costado de la carretera que conduce al cruce Ciudad de Dios.....	89
<b>Figura 78.</b> Ambientes Morfogenéticos que dominan la zona .....	91
<b>Figura 79.</b> Unidades Geomorfológicas presentes en el relieve del distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas. ....	93
<b>Figura 80.</b> Componentes geomorfológicos encontrados en el distrito de Magdalena, caseríos la Viña Y Huaquillas. ....	96
<b>Figura 81.</b> Descripción de los componentes plasmados en el plano Geomorfológico del distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas.....	100
<b>Figura 82.</b> Inclinación de la superficie por área en la zona .....	101
<b>Figura 83.</b> Corte morfométrico AA'.....	107
<b>Figura 84 .</b> Corte morfométrico B-B'.....	110

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 85.</b> Corte morfométrico C-C'.....	113
<b>Figura 86.</b> Corte morfométrico D-D' .....	116
<b>Figura 87.</b> Los veinticuatro (24) componentes geomorfológicos totales de la investigación, dados en porcentajes de áreas. ....	124

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

C	:	Cota
E	:	Este
W	:	Oeste
N	:	Norte
S	:	Sur
Et al	:	y otros
Fig.	:	Figura
ITC	:	International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciencies.
Km	:	Kilómetros
Km <sup>2</sup>	:	Kilómetros cuadrados
m	:	Metros
MDE	:	Modelo digital de elevaciones
Pág.	:	Página
SIG	:	Sistema de Información Geográfica
S	:	Sur
WGS-84	:	Sistema Geodésico Mundial 1984
Fm	:	Formación
C°	:	Cerro

## RESUMEN

La investigación se realizó en el distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas el cual presenta unidades geomorfológicas variables ligada a procesos tectónicos, gravitacionales, deposicionales y erosivos. Se formuló el problema sobre cuáles son las unidades geomorfológicas que modelan el relieve actual del distrito , los tipos de unidades geomorfológicas. Siendo la investigación de tipo aplicada, exploratoria y nivel descriptivo-correlacional , con una naturaleza cualitativa y cuantitativa diseño no experimental y transversal en el tiempo. La población de estudio tiene área de 16 Km<sup>2</sup> , la muestra son geoformas como indicadores orogénicos y fases tectónicas ocurridos en el tiempo geocronológico, observando y analizando la morfogénesis, morfometría, morfolitología, morfodinámica, el tipo de ambiente morfogenético. Se realizaron seis (6) salidas a campo, para extraer datos por observación participante y documental necesarios que conllevaron a la posterior caracterización, plasmados en un cartografiado geomorfológico y perfiles morfométricos, haciendo uso de softwares Excel Profesional, ArcGIS v10.8 y AutoCAD v2019. El resultado nos indica que el ambiente kárstico, Tiene 36% del área de la zona , el ambiente Denudacional (27%) ,el ambiente fluvial (24%),ambiente volcánico (11%) ,ambiente estructural (1%) y el ambiente antrópico (1%), llegando a verificar que las características de las unidades geomorfológicas están estrictamente relacionadas a los procesos geodinámicos y que las unidades geomorfológicas presentes son laderas, valles, terrazas, superficie de aplanamiento, llanura, barras, abanicos, canales, escarpes, colinas, deslizamiento, lomas y unidad antrópica, todas ellas caracterizadas por veinticuatro (24) componentes geomorfológicos, permitiendo el estudio a detalle para así tener un lineamiento estratégico de investigación geomorfológica de la zona.

**Palabras Clave:** Relieve, Morfodinámica, Morfometría, Geoforma, Cartografiado Geomorfológico.

## ABSTRAC

The research was carried out in the district of Magdalena, La Viña and Huaquillas hamlets, which has variable geomorphological units linked to tectonic, gravitational, depositional and erosive processes. The problem was formulated about which are the geomorphological units that model the current relief of the district, the types of geomorphological units. The research was applied, exploratory and descriptive-correlational, with a qualitative and quantitative nature, non-experimental and transversal design in time. The study population has an area of 16 Km<sup>2</sup>, the sample are geoforms as orogenic indicators and tectonic phases occurred in the geochronological time, observing and analyzing the morphogenesis, morphometry, morpholithology, morphodynamics, the type of morphogenetic environment. Six (6) field trips were made, to extract data by participant and documentary observation necessary for the subsequent characterization, reflected in a geomorphological mapping and morphometric profiles, using Excel Professional, ArcGIS v10.8 and AutoCAD v2019 software. The result indicates that the karst environment has 36% of the area of the zone, the Denudational environment (27%), the fluvial environment (24%), volcanic environment (11%), structural environment (1%) and the anthropic environment (1%), verifying that the characteristics of the geomorphological units are strictly related to the geodynamic processes and that the geomorphological units present are slopes, valleys, terraces, flattening surface, plains, bars, fans, channels, escarpments, hills, landslides, hills and anthropic units, all characterized by twenty-four (24) geomorphological components, allowing for a detailed study in order to have a strategic line of geomorphological research in the area.

**Key words:** Relief, Morphodynamics, Morphometry, Geoform, Geomorphological Mapping.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

En el extremo noroccidental del país, entre los paralelos 4°30' y 7°45' de latitud sur y los meridianos 77°30' y 79° y representada por un relieve moderado a suave, la geomorfología de Cajamarca responde a los agentes endógenos y exógenos (orogénesis) de la parte septentrional de la cordillera occidental disectado por numerosos valles, asimismo está determinada por los diversos eventos tanto locales como regionales a los cuales ha estado sometida a través del tiempo, siendo su ubicación espacial un lugar estratégico, de gran complejidad estructural y tectónica. El distrito de Magdalena comprendida entre los cerros Shara, Retablo, Trinchera y Carhunco, presenta unidades geomorfológicas variables y su relación está ligada a procesos tectónicos, gravitacionales, deposicionales y erosivos, ocurridos a lo largo de su historia. La contemplación del paisaje de la zona va más allá del placer estético o del interés económico, y nos lleva a preguntarnos el porqué de la conformación geomorfológica del lugar, el cómo, el cuándo y el dónde de la ocurrencia de los procesos que lo han generado, también a discernir las leyes de su distribución espacial, es decir ¿Cuáles son las unidades geomorfológicas que caracterizan el modelado actual del relieve en el distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas?, estando estrictamente relacionadas a los procesos geodinámicos, a los factores de litología, pendiente, altitud y drenaje que a través del tiempo geocronológico conlleva a la formación de geoformas.

La investigación brinda un aporte importante para la elaboración de planos de clasificación geomorfológica, zonificación geológica, geomecánica, ecológica, económica; los cuáles servirán como instrumento y documentos de consulta básicos para los técnicos y autoridades, así como también para la población. Por ello, el interés de las formas de relieve son vías de conocimiento geológico en lo que respecta a las características estructurales, litológicas, topográficas, las cuales nos ayuda a entender mejor el comportamiento del terreno.

Para la investigación se ha propuesto la hipótesis: Las características de las unidades geomorfológicas en el distrito de Magdalena, caseríos La Viña y Huaquillas están estrictamente

relacionadas a los procesos de geodinámica interna, (orogénicos y epirogénicos) y geodinámica externa (intemperismo, remoción en masa y erosión), tomando los factores de litología, pendiente, altitud y drenaje supeditadas al paso del tiempo geocronológico.

Finalmente, Para el desarrollo de la tesis se ha tomado en cuenta la estructura de los capítulos. Capítulo I en donde se realiza la Introducción. Capítulo II correspondiente al Marco teórico, donde se ha desarrollado mediante fuentes sustentadas y actualizadas, además se citan todas las referencias que han servido para enriquecer la investigación. Capítulo III. Materiales y Métodos de la Investigación, en donde situamos la Ubicación Geográfica, el tiempo o época en la que se realizó la Investigación, los procedimientos paso a paso y con detalle, descripción concisa del mismo, los métodos y técnicas que se usan para la tesis siguiendo un orden cronológico. El tratamiento, análisis de datos y presentación de resultado. Luego se continúa con el Capítulo IV. Análisis y Discusión de Resultados y por último el Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales.**

Álvarez y Medrano (2020), realizaron un trabajo de investigación teniendo como objetivo principal la caracterización geomorfológica de la subcuenca del río Mezcalapa en la región hidrológica Grijalva-Usumacinta en el sureste de México usando sistemas de información geográfica (SIG) y una serie de parámetros morfométricos con la finalidad de analizar y comprender el comportamiento morfodinámico e hidrológico de esta subcuenca. Los resultados obtenidos explican el comportamiento hidromorfométrico en la subcuenca, buscando contribuir y fortalecer el conocimiento local, como también favorecer la toma de decisiones en los temas de ordenamiento territorial, protección civil, infraestructura y políticas públicas.

Andreazzini et al. (2020), realizan una caracterización geológico-geomorfológica y reconstrucción paleoambiental durante el Holoceno en los mallines que son humedales de alto valor ambiental y frecuentes en diversas regiones de la Argentina, analizándose los factores geológico-geomorfológicos que influyeron en el origen, distribución, morfometría y dinámica de mallines del sector sur de la Sierra de Comechingones (Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina) y se realiza una reconstrucción paleo ambiental a partir del registro sedimentológico, polínico y diatomológico de uno de estos sistemas durante el Holoceno.

Beato, Poblete, y Marino (2020), refieren a lugares de interés geomorfológico de la sierra del Áramo al noroeste de España, realizan una propuesta y evaluación haciendo referencia a que los elementos geomorfológicos constituyen un componente esencial del patrimonio natural y juegan un rol importante tanto en las políticas de conservación como de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y es necesario aplicar métodos para el conocimiento, diagnóstico y

divulgación de dicho patrimonio, a partir de la delimitación y evaluación de lugares de Interés Geomorfológico identificándose seis geomorfositos y estableciéndose propuestas orientadas a su ordenación territorial.

Brindis et al. (2020), describe los paisajes geomorfológicos y su relación con la clasificación de los suelos en planicies y terrazas de Tabasco, indicando que la cartografía y la clasificación de suelos a escala semidetallada contribuyen a la toma de decisiones sobre usos intensivos de tierras agrícolas a nivel de regiones pequeñas, municipios y tierras agrícolas comunales, teniendo como objetivo, zonificar los paisajes geomorfológicos y el relieve/modelado para clasificar unidades de suelos en las Planicies y Terrazas de Tacotalpa y Jalapa en Tabasco, México. Este estudio a la escala 1:50000 permitió explicar la distribución geográfica de las unidades de suelo en las diferentes geoformas y relieves/modelados.

Furier et al. (2017), abarca una caracterización geomorfológica en que fueron elaborados mapeos temáticos y otros productos cartográficos donde el relieve, tanto en su morfología como en sus características morfométricas y espaciales constituyen el tema central. A partir de levantamientos cartográficos, interpretaciones de imágenes orbitales, observaciones en campo y de la integración e interpretación obtenidas, concluyeron que la tectónica cenozoica constituye el factor más importante en la configuración morfológica del área.

León (2016), en su tesis sobre caracterización geomorfológica de la zona costera Punta Gorda, caracteriza la franja costera y la estructura geomorfológica de la zona que está comprendida entre Puerto Balao y la Comunidad Tonsupa, con el objetivo de determinar las zonas geomorfológicas del área de estudio, cartografiar las estructuras presentes, identificar las zonas propensas a derrumbes y analizar las zonas más apropiadas para ser explotadas turísticamente, realizando análisis de orto fotos, planos topográficos, recolectando características de campo, mediante fichas geomorfológicas y fotografías zonales. De este trabajo se generaron planos temáticos, tales como el plano geomorfológico de la zona de estudio, plano de pendientes, plano de aprovechamiento turístico de la zona, y plano de vulnerabilidad a derrumbes.

Carvajal (2012), en su propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia, desarrolla una metodología ordenada, coherente, sistemática y adecuada para la elaboración de planos de geomorfología, caracteriza aspectos importantes como la zonificación geomecánica.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Vélez (2020) , realiza la tesis sobre el estudio geomorfológico y de fascies sedimentarias para la identificación de eventos aluviónicos en la cuenca Occoruruni, cordillera Apolobamba en el departamento de Puno, manifestando que esta cuenca junto a los Nevados Salluyo, Vizcachani y Sorapata, son los principales aportantes de material detrítico compuesto por fragmentos de rocas metamórficas y metasedimentaria, cuyos depósitos de origen glaciar tienen un comportamiento caótico; por esta razón identifica la cantidad de eventos aluviónicos que sucedieron en la cuenca, realizando un estudio sobre las características geomorfológicas y sedimentológicas identificándose las características geomorfológicas y eventos aluviónicos y determinándose el tipo de estratificación, los componentes litológicos y mineralógicos; la correlación de los estudios geomorfológicos y sedimentológicos ayudo a identificar los eventos aluviónicos ocurridos en la cuenca, indicando riesgo en los centros poblados aledaños.

Alcántara (2019), en su investigación de la cuenca del río Jequetepeque, permite estudiar la influencia de la geomorfología y la meteorización en la humedad de los suelos y las recargas de agua a lo largo de la cabecera de cuenca del río Jequetepeque generándose un sistema integrado de parámetros físicos como: la geomorfológica, la pendiente, el intemperismo, la precipitación, escorrentía, humedad y vegetación, mostrando como resultado que la geomorfología es variable e influyente en la humedad y como consecuencia la humedad y recarga de aguas subterráneas, esta explicado por la topografía y la meteorización de las rocas.

Mamani (2018) , realiza una investigación en el distrito de San Antonio de Esquilache, provincia y departamento de Puno, en la margen oeste de la cordillera occidental de los Andes en el sur del Perú, describiendo la geomorfología de San Antonio de Esquilache y su relación con la presencia de yacimientos minerales y tomando como base los procesos geológicos presentes, teniendo dos áreas mineralizadas que están relacionados principalmente a la intrusión de composición diorita - microdiorítica en el cerro Crestón y cerro Mamacocha geomorfológicamente considerados como domo Crestón y domo Mamacocha – Mercedes, que están orientados estructuralmente por fallas tensionales , rellenas por soluciones hidrotermales con sulfuros primarios que formaron el yacimiento, expresada mediante vetas, vetillas, venillas y stockworks, presentando como mineral dominante la plata, plomo, cobre, y zinc.

López (2018), en su tesis Geología y Geomorfología a nivel de microzonificación para la Zonificación Ecológica y Económica del distrito de Cabana-Puno , describe las peculiaridades de la zona ya que se registraron diecisiete (17) unidades litoestratigráficas y veinte y uno (21) unidades geomorfológicas que se clasificaron y describieron de manera ordenada. Asimismo, dicha investigación presentó áreas restringidas en un 0.87% de área del territorio con nivel alto, con lo que respecta al potencial minero metálico y 5.8% del territorio con nivel muy alto de área favorable para la evaluación y exploración del potencial minero no metálico.

Mattos (2019), analiza la peligrosidad y realiza la evaluación geomorfológica, Geológica, Geodinámica y Geotécnica de la quebrada Ponatales- Pachar Cusco estando orientado a dar respuesta a la problemática relacionada con la geodinámica y sus diferentes fenómenos que se presentan como agrietamientos, deslizamientos y derrumbes de suelo y roca los cuales se han incrementado en los últimos años en dicha quebrada, determinando, evaluando , y analizando a través de las características geológicas, geodinámicas, geomorfológicas, geotectónicas e hidrológicas de la zona de estudio.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

Cruzado y Gonzales (2020), identifican y analizan la litología, las unidades geomorfológicas y procesos geodinámicos que presenta la quebrada Calispuquio ; conociéndose las características geológicas y geomorfológicas de la quebrada, el tipo de material litológico más susceptible de la remoción de masas de rocas y suelos se encuentra en la quebrada , determinando las zonas de riesgo por inundación y/o desbordes de la quebrada. Las unidades geomorfológicas corresponden a ladera suave, ladera ligeramente empinada a empinada y llanura y los procesos geodinámicos activos se encuentran mayormente en el Volcánico Huambos y Formación Inca.

Ayay (2018), en su investigación de la geomorfología del caserío Hierba Buena y entorno, centro poblado Porcón Alto, Cajamarca, indica cuatro ambientes geomorfológicos: Estructural, denudativo, fluvial y volcánico, predominando el ambiente denudativo, los estudios permitieron determinar los factores que influyeron en la configuración actual del relieve de la zona.

Vergara (2017), en su investigación respecto a la caracterización de las unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca, se identificaron 13 Sub unidades geomorfológicas agrupadas en 8 unidades geomorfológicas y que según el ambiente de su formación ha sido el resultado de

diferentes procesos geológicos entre los que resalta la actividad tectónica que ha estructurado y modificado el relieve a través de diferentes periodos geológicos.

Torres (2017), en su análisis del deslizamiento el Naranjo, mediante el método de equilibrio límite en el distrito de Magdalena, provincia de Cajamarca, verifica que en dicho sector ocurrió un proceso geodinámico, para ello realiza la zonificación de unidades geomorfológicas considerando los parámetros de altura máxima y mínima, identificando montañas, colinas fluvio-erosionales, piedemonte aluvial y terraza fluvial.

Arteaga (2017), realiza el análisis geológico - geotécnico en los taludes de la carretera Choropampa-Magdalena indicándonos que los factores geológicos-geotécnicos, junto con factores geométricos y topográficos de los taludes, han sido afectados por procesos geodinámicos externos e internos, que han modificado sus propiedades geomecánicas.

Aguilar (2018), identifica las litomorfoestructuras y la relación que estas tienen con el comportamiento hidrogeológico en la subcuenca del Río Hualgayoc, ubicada en el distrito de Hualgayoc, Provincia de Bambamarca, Las unidades morfogenéticas encontradas se realizó utilizando el software ArcGIS 10.5, y las cuales son: planicies, lomadas, laderas y escarpas, las mismas se clasificaron en función al grado de pendiente, predominando en el área de estudio las lomadas.

Rodríguez y Tolentino (2015), realizan una investigación que analiza el comportamiento geoestructural, geomorfológico y geomecánico de los macizos rocosos de las Formaciones Farrat, Inca, Chulec y Pariatambo, que se encuentran en la zona Ronquillo-Corisorgona, macizos que presentan laderas inestables por fuerte fracturamiento, originado por la geotectónica regional y local, así como por la meteorización superficial y en profundidad, condiciones que han determinado eventos geodinámicos , asimismo se analizó la inestabilidad de laderas asociada a los factores internos, y los factores externos o desencadenantes como la infiltración del agua y la sismicidad.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

Para la investigación geomorfológica y en específico para el marco conceptual, es necesario tener bases fundamentales relacionados con el estudio , de modo que permita realizar el análisis e

interpretar, por lo que se mencionan a continuación teorías indispensables para definir y por ende determinar elementos necesarios para caracterizar e interpretar la investigación.

Cassetti (1994), señala que el estudio de las superficies de aplanación como objetos finales de la evolución guió a los investigadores en tres direcciones: se buscó un agente erosivo cuya acción fuera efectiva, universal y permanente. Sin embargo, la insuficiencia de esta explicación fácilmente controvertida se ha vuelto demasiado evidente. Observa que con William Davis se transmitió el concepto de "ciclo de erosión", con sus tres fases de evolución, marcando la transición de un relieve montañoso vigoroso a un relieve penillanura, lo que contribuyó mucho a emancipar a la Geomorfología de su vinculación con la geología. . Muestra que el esquematismo de esta interpretación, su carácter unilateral y la ausencia de ciertas relaciones fácticas, provocaron reacciones inevitables: tendencias a crear una teoría no cíclica, a atribuir un significado climático a las formas, climas actuales y climas pasados, y dar un lugar importante a las nociones de etapa y fase como unidades cronológicas de relieve.

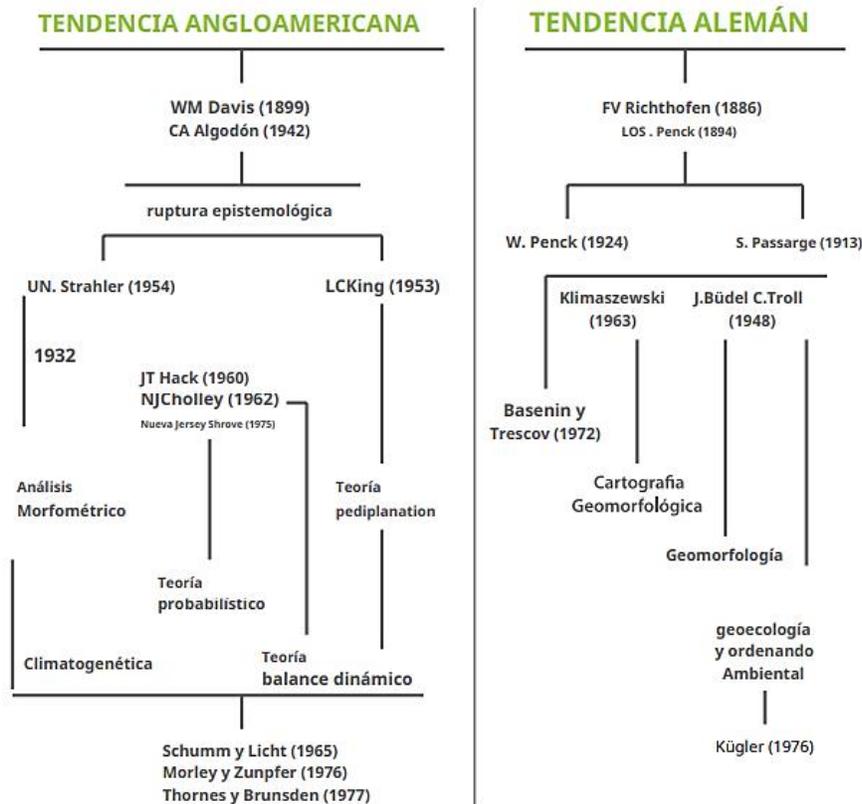
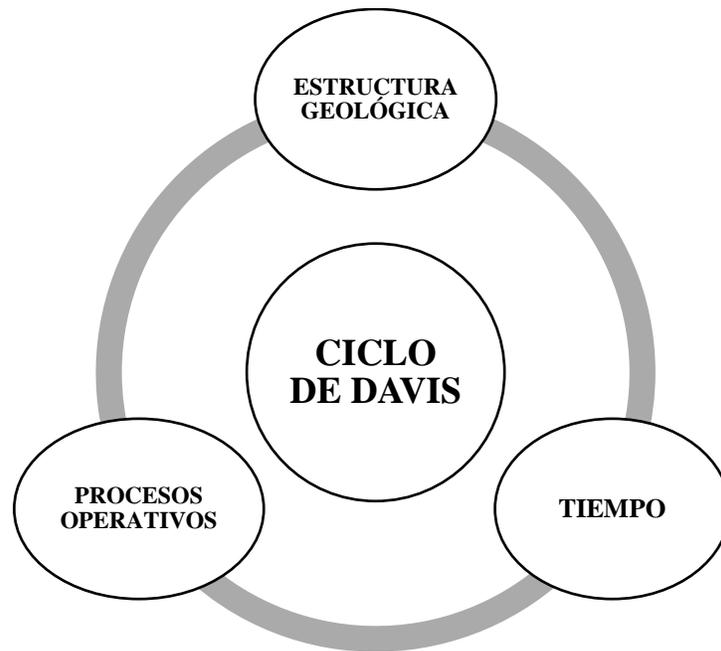


Figura 1. Filogenia de la teoría Geomorfológica. Adaptado de Abreu (1983) y Cassetti (1991)

Los estudios que guiaron la investigación en geomorfología, surgen cuatro principales: la teoría del ciclo geográfico, la teoría de la pediplanación y pedimentación, el equilibrio dinámico y la teoría probabilística. El ciclo fue propuesto por William Morris Davis (1899) y representa la primera concepción desarrollada de manera más completa, en él las formas de relieve fueron explicadas por procesos, pero nunca fueron colocadas en series evolutivas coherentes, y la mayor contribución fue la sistematización de la sucesión de formas en un ciclo idea (Christofolletti ,1973).

### **A. El ciclo de erosión de Davis**

comprende un rápido levantamiento del área por acción tectónica y un largo período de actividad erosiva. Llegando al final, en la penillanura, un nuevo levantamiento traerá la instalación y evolución de otro ciclo. Así, a través de este mecanismo, una región puede verse afectada por varios ciclos erosivos, cuyas huellas se pueden encontrar en las roturas de la pendiente de los cursos de agua y en el establecimiento de superficies aplanadas. Señala que todos y cada uno de los ciclos de erosión parten del nivel de la base y se extienden gradualmente por el interior de las masas continentales (Christofolletti, 1973).



**Figura 2.** Componentes principales del ciclo geográfico de Davis

Davis había construido su doctrina en torno a la noción de "ciclo de erosión" y "erosión normal", que actuarían de la misma manera en todas las regiones del mundo. Davis nunca prestó atención a la cubierta vegetal. Para él, el alivio se modeló de la misma manera en los desiertos de Arizona y los bosques de Maine. Ninguno de sus esquemas, y son numerosos y están bien dibujados, muestra el grupo más pequeño, el mechón más pequeño de hierbas. Para todas las áreas, el agente responsable fue el flujo (Christofolletti, 1973, p.10).

Por otro lado, señala que:

El modelo es selectivo y tiene en cuenta parte de la información que se considera importante. El tema central se basa en los cambios que se producen en la geometría de las formas en relieve con el paso del tiempo. Estas modificaciones son progresivas, secuenciales e irreversibles, y dejaron su huella en el paisaje. Dentro de esta perspectiva, el comportamiento del investigador consistió en observar las formas, calificarlas en relación a su posición en el esquema evolutivo de referencia, en una serie monocíclica o policíclica, y buscar sedimentos o depósitos de cobertura capaces de permitir la datación de una de las elementos del esquema, en relación con los cuales se ordenaron las formas en formas anteriores y formas posteriores. Otra idea básica es que la cantidad de energía disponible para la transformación del paisaje es una función directa y simple del relieve o ángulo de la pendiente. Esto resultó en inferencias de que la evolución es más rápida en áreas montañosas que en áreas montañosas, más intensa en laderas empinadas que en las suaves. Relacionado con estas diferencias altimétricas, se concluye que la granulometría de los sedimentos estuvo directamente relacionada con la pendiente de la topografía. Esta idea constituyó un criterio interpretativo para innumerables reconstrucciones paleogeográficas (Christofolletti, 1973, p. 11).

## **B. El modelo de pedimentación y pediplanación**

Presenta los mismos principios teóricos que los modelos cíclicos davisianos. Las mayores distinciones están en la forma en que evolucionan los capítulos y en los supuestos relacionados con el nivel base . Señala que el modelo conjetura "que cualquier punto de un río se considera como un nivel base para todos los demás puntos aguas arriba, así como cada punto de una pendiente representa un nivel base para la parte de la pendiente ubicada aguas arriba" (Christofolletti, 1973, p. 14).

También destaca que el modelo evolutivo que implica la regresión de pendientes paralelas a ellas mismas fue aplicado a regiones húmedas por Walter Penck, y Lester C. King lo consideró típico del desarrollo de la modelización terrestre a escala continental. El ciclo evolutivo propuesto por Lester King (1953, 1962) se puede relacionar cuando se produce el levantamiento de una parcela territorial, a escala subcontinental, estableciendo nuevos niveles de base sobre los que puede actuar la erosión, se inicia un nuevo ciclo de erosión, que da inicio a la labor de denudación, desplazándose desde las zonas costeras hacia el interior, la forma en que actúa la erosión depende de una serie de factores, como el tamaño y el espaciamiento de los componentes del drenaje, la naturaleza del levantamiento y, en menor medida, los tipos de rocas locales y de actividades físicas. Los procesos en virtud de los cuales se desarrolla el ciclo son:

- a- incisión fluvial.
- b- regresión de los escarpes y pedimentación.
- c- rastreo del regolito en los relieves empotrados.

El predominio de tales procesos en el modelado, en la secuencia sucesiva del orden anterior. Dentro de esta concepción, en la etapa juvenil, se observa que:

Los ríos excavan profundamente en quebradas y quebradas debido al rejuvenecimiento provocado por la elevación de la región. En principio, las pendientes de los ríos son abruptas, alcanzando sus valores máximos cuando los ríos alcanzan la profundidad máxima de tallado. A partir de entonces, la lluvia y la meteorización reduce el ángulo de declive de los taludes hasta alcanzar la inclinación que resulta equilibrada por la naturaleza del basamento rocoso y los procesos físicos que actúan sobre él. En ese momento, se produce la forma de pendiente adecuada a las condiciones locales del sótano. La etapa de juventud está plenamente desarrollada cuando los ríos alcanzan el equilibrio y cuando hay desarrollo de gradientes estables a lo largo de las laderas (Christofoletti, 1973, p. 16).

La etapa de madurez está dominada por la actividad en las pistas. Los ríos dejaron de labrar sus cauces, salvo en casos excepcionales, constituyendo elementos estabilizadores del paisaje, y los cauces de los ríos evolucionan por corrosión lateral, alcanzando solo una porción insignificante del área total ocupada por el modelado. El papel principal en la evolución de los paisajes lo asumen las pendientes, que retroceden manteniendo sus pendientes prácticamente constantes, mientras que los valles se ensanchan. Cada pendiente en los valles se convierte en una pendiente regresiva, y

bajo áreas con textura fina de disección, los interfluves se destruyen rápidamente; cuando la textura de la disección es gruesa, los interfluves que quedan de la superficie inicial pueden permanecer durante mucho tiempo. Si el relieve es bajo, es decir, con una pequeña amplitud altimétrica. Sin embargo se observa que si la amplitud altimétrica es muy alta, las capturas de los ríos ocurren hasta que los frontones de las vertientes opuestas se encuentran, formando una sección transversal bicóncava a lo largo de los interfluvios (Christofolletti ,1973, p. 16).

Christofolletti (1973), también menciona que, en las etapas finales del ciclo de erosión, cuando los cerros se reducen a pequeños afloramientos rocosos y los frontones se extienden sobre grandes superficies, el paisaje multicóncavo se vuelve característico, porque las suaves concavidades de los frontones de varias direcciones terminan uniéndose. La suma y la coalescencia de los frontones, junto con las amplias llanuras aluviales de los ríos, constituyen las penillanuras, es decir, las superficies aplanadas por la pedimentación son menos atacados por la erosión debido a su posición en áreas interfluviales. Estas protuberancias, generalmente de forma domiciliaria, se denominan inselbergs (p. 17).

Como conclusión a ello, las críticas y objeciones planteadas al modelo propuesto por William M. Davis también se extienden a Lester King, debido a las implicaciones climáticas, se establecieron amplios debates en torno a las superficies aplanadas, y los dos términos finales pasaron a tener un sentido genérico. El peneplano representa la superficie aplanada en condiciones de clima húmedo, a través del suavizado general de las laderas, mientras que el pediplano aparece como la superficie aplanada en condiciones de clima seco, a través de la regresión paralela de las laderas (Christofolletti,1973).

### **C. La Teoría del Equilibrio Dinámico**

Considera el modelo terrestre como un sistema abierto, es decir, un sistema que mantiene un intercambio constante de materia y energía con los demás sistemas componentes de su universo. Para que sigan funcionando, necesitan una suplementación ininterrumpida de energía y materia, tal como funcionan mediante la eliminación constante de dichos suministros (Christofolletti ,1973).

Gilbert (1880) fue el primero en presentar una concepción teórica del desarrollo de lo modelado en términos de equilibrio dinámico. Hack (1957, 1960, 1965), en gran contribución, lo utilizó para interpretar la topografía del valle de Shenandoah, en la región de los Apalaches, teniendo en cuenta las características de las redes de drenaje y las pendientes. Hack amplió considerablemente las ideas propuestas por Gilbert, aplicando el concepto de equilibrio dinámico a las relaciones espaciales en los sistemas de drenaje, ofreciendo un nuevo enfoque a la interpretación del paisaje (Christofoletti, 1973, p. 18).

Cassetti (1994) observa que esta teoría conjetura que, en un sistema erosivo, todos los elementos de la topografía se combinan recíprocamente, de modo que cambian en la misma proporción. Las formas y los procesos se encuentran en un estado de estabilidad y pueden considerarse independientes del tiempo.

La teoría requiere un comportamiento equilibrado entre fuerzas opuestas, de modo que las influencias sean proporcionalmente iguales y que los efectos opuestos se cancelen entre sí para producir el estado de estabilidad, en el que la energía entra y sale continuamente del sistema. Así, el estado de estabilidad representa el funcionamiento del sistema cuando todas las variables se ajustan en función de la cantidad y variabilidad intrínseca de la energía que se le suministra. De esta forma, si se produce una alteración en el suministro energético (oscilación climática, por ejemplo), el sistema reaccionará a tales modificaciones y se desarrollará hasta alcanzar una nueva estructura, en estado de estabilidad (Christofoletti, 1973, p. 19).

#### **D. Teoría Probabilística de la Modelación de la Evolución**

Cuando se busca analizar la evolución de la modelación terrestre en grandes áreas, es imposible seguir en detalle el desarrollo de cada constituyente (ríos, laderas.) del sistema bajo consideración. Sin embargo, la escala de los fenómenos actuantes es muy variada, así como la interrelación entre ellos es complicada, y el conocimiento solo puede persistir a través de consideraciones sobre sus propiedades promedio, utilizando conceptos probabilísticos. La concepción básica de esta teoría se basa en la existencia de innumerables factores que actúan sobre la evolución modelada (Christofoletti, 1973, p. 29).

Christofoletti (1973), menciona que los paisajes constituyen un complejo de procesos, cada uno de los cuales requiere el estudio de escalas espaciales y temporales apropiadas. El mecanismo de

cada uno de ellos, así como sus consecuencias, se pueden conocer perfectamente de forma determinista. La combinación de tales procesos se realiza de forma aleatoria y los resultados no se pueden predecir, que solo se pueden ver en la escala temporal y espacial. La forma más correcta de análisis es la formulación probabilística de tales combinaciones, lo que nos lleva a resultados inesperados en toda la gama de paisajes posibles (p. 24).

se hace necesario aclarar la diferencia entre tratamiento determinista y aleatorio. En el determinista, los resultados provenientes del individuo son predecibles con total certeza en determinadas circunstancias, si se conocen las condiciones iniciales de actuación. Se conocen las causas, sus intensidades e interrelaciones, y se obtiene un resultado que diferirá de la realidad por cierto error (Christofolletti, 1973, p. 24).

La entropía de un sistema es una función de la distribución de la energía disponible dentro del sistema, no una función de la energía total dentro de él. De esta forma, la entropía está relacionada con el orden o el desorden; el grado de orden o desorden puede describirse en términos de la probabilidad o improbabilidad del estado observado (Christofolletti, 1973, p. 25).

La distribución de energía se puede estudiar como la probabilidad de que ocurra una distribución dada en relación con el conjunto de posibles distribuciones alternativas. En los sistemas geomorfológicos, esta concepción estadística de la entropía se aplica en el sentido de expresar la posición altimétrica relativa de las partículas de agua y sedimentos que, en el proceso de evolución del paisaje, se irán llevando paulatinamente hacia el nivel base. El nivel base define el límite inferior, en el que el movimiento molecular se vuelve cero; esta función es análoga a la temperatura absoluta en los sistemas termodinámicos. Por ejemplo, en los cursos de los ríos, cada punto o tramo muestra una cierta cantidad de energía, debido a la altitud y la distancia desde las cabeceras, esta energía disminuye a medida que se acerca al nivel base (Christofolletti, 1973, p. 25).

Christofolletti (1973), los paisajes son parte de un mismo proceso aleatorio, y las diferencias en la intensidad energética (variaciones de temperatura y precipitación) y en la distribución de la materia (litología y disposición de las capas rocosas) son las responsables de diversidades individuales. Observa que la teoría probabilística abrió amplias posibilidades para el uso de técnicas de simulación, empleadas en el análisis de problemas relacionados con redes de drenaje y taludes.

Entonces podemos afirmar respecto a las teorías geomorfológicas que el conocimiento de los eventos naturales es siempre imperfecto porque se expresa a través de los recursos de un idioma en particular. Cada idioma presenta diferentes posibilidades para describir y explicar los fenómenos observados. La teoría davisiana utilizó el lenguaje verbal; La teoría probabilística emplea el lenguaje matemático. Por esta razón, el investigador también debe ocuparse de los problemas relacionados con los tipos de lenguaje, con sus ventajas y desventajas. El autor también destaca que Wayne Davies en 1972 observó que los avances científicos más importantes no están relacionados con el conocimiento fáctico, sino con nuevas formas de análisis. Dentro de cada perspectiva analítica, el refinamiento técnico es un medio de mejora. Nuevas proposiciones teóricas, que abren otras perspectivas, permiten reordenamientos de hechos conocidos y estructuraciones inéditas; hacen que se tengan en cuenta muchos elementos que antes eran ignorados, posibilitando otra percepción espacial y un nuevo comportamiento (Christofoletti, 1973, p. 29).

Christofoletti (1973), concluye que el propósito teórico de la geomorfología es encontrar una explicación, un significado, para los paisajes; este significado puede ir cambiando según los tiempos. Tenga en cuenta que este objetivo es un desafío eterno, ya que demuestra la forma en que el hombre puede relacionarse con la naturaleza. La geomorfología es una ciencia llena de aplicaciones, que tiene como objetivo hacer que los paisajes sean más beneficiosos para la humanidad (p. 30) .

En concordancia a lo mencionado se tiene autores que a través de estudios minuciosos dan su punto de vista respecto a la geomorfología:

Spikermann (2010), nos dice que el término geomorfología proviene de las raíces griegas geo = tierra, morfo = forma y logos = tratado, o sea tratado de las formas del relieve terrestre; de donde el objeto fundamental de la geomorfología es el estudio de las formas del relieve terrestre, tanto continental como submarino. Otra de las disciplinas que cultiva el hombre y que no debe confundirse con la geomorfología es la geodesia que estudia la forma del planeta y se encarga de las mediciones geográficas de precisión (p.320).

Asimismo;

La geomorfología es una rama del saber que no basa la diferenciación de su campo en la exclusividad del objeto material de su estudio. La forma de la superficie de la tierra ha sido y es objeto de interés de otras disciplinas entre las que se encuentran la geodesia y la topografía, diferenciándose de ellas en el enfoque descriptivo que las caracteriza, en su pretensión explicativa y generalizadora y su entendimiento del relieve como una configuración desarrollada, no en un plano geométrico, sino en una superficie relativa de contacto y resultante de la interacción a lo largo del tiempo de fuerzas que actúan por debajo y por encima de dicha superficie (Muñoz, 1995, p.26).

Lugo (1988), manifiesta que la definición más sencilla que se puede dar sobre la geomorfología, es la ciencia que estudia al relieve terrestre, que es el conjunto de deformaciones de la superficie de la Tierra, además es una de las ciencias que estudian el Universo, y la Tierra uno de sus elementos constituyentes, aunque, a la vez, existen otras disciplinas que estudian el planeta en sus partes. El relieve terrestre es objeto de estudio de la geografía y la geología, y son las disciplinas de estas ciencias las que apoyan los estudios sobre morfología, origen, edad y dinámica actual del mismo; elementos que, en conjunto, permiten diversos tipos de clasificaciones.

Gutiérrez menciona que el relieve de la superficie terrestre es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como creadoras de las grandes elevaciones y depresiones, producidas fundamentalmente por movimientos de componente vertical y; las segundas como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado (2008, p.2).

Una de las funciones básicas de la geomorfología es mapear el relieve para desentrañar el modelado de su estructura y a partir de allí, establecer las características que dieron origen a las formas del relieve actual. De esta forma, explicar las características de la superficie terrestre constituye el objeto de estudio de la geomorfología (Marquez, 2012, pp. 23-50).

Penck en el año 1924, utiliza la geomorfología para apoyar la geología y ayudar a comprender los movimientos de la corteza. Contribuye así al avance de la geomorfología, formalizando conceptos como “depósitos correlativos”, motivó a algunos autores norteamericanos a interesarse por los estudios de taludes y procesos (Cassetti 1994).

Penck (1953) , identificó que las actuales formas del relieve terrestre son resultados de dos fuerzas opuestas que actúan simultáneamente en todo el proceso de formación, estas fuerzas son denominadas endógenas y exógenas. Las primeras son originadas en la dinámica interior de la Tierra, mientras que las segundas comprenden los fenómenos atmosféricos como lluvias, vientos, variaciones en la temperatura y la acción química y física del agua, que, sumados a los agentes biológicos y antrópicos, dan como resultado formas del relieve.

Luego, Mescerjakov (1968) “estableció una clasificación del relieve terrestre en tres categorías genéticas principales necesarias en el análisis geomorfológico y su comprensión. Estas categorías se denominan geotextura, morfoestructura y morfoescultura”.

Christofolletti (1973) sostiene que la idea de que el modelado terrestre evoluciona como resultado de la influencia que ejercen los procesos morfogenéticos está implícita en el conocimiento geomorfológico. Desde esta perspectiva, destaca que el paisaje morfológico que percibimos y analizamos es solo un paso insertado en una larga secuencia de fases. Aclara que la acción marina en las playas, la acción de la lluvia en las laderas, el material transportado por los ríos son algunos de los puntos que marcan la escultura activa de las formas del relieve.

Por otro lado hablando de sistema geomorfológico, un sistema se puede definir como el conjunto de elementos y relaciones entre sí y entre sus atributos. Considerando que las formas y procesos representan la esencia de la geomorfología, se pueden distinguir los sistemas antecedentes más importantes dentro del universo geomorfológico para la comprensión de accidentes geográficos como el sistema climático, el sistema biogeográfico, el sistema geológico y el sistema antrópico. Estos sistemas son los controladores más importantes del sistema geomorfológico, representando sus factores, su entorno. Sin embargo, a través del mecanismo de retroalimentación, el sistema geomorfológico también actúa sobre ellos (Kumpfer, 2019).

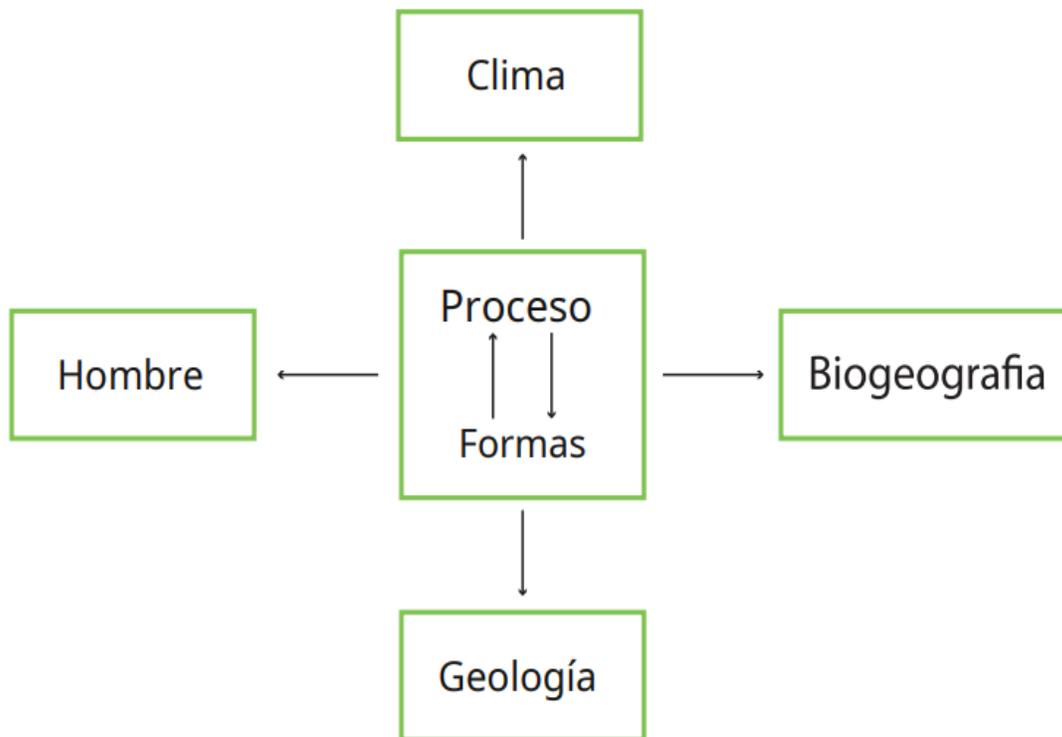


Figura 3. Los sistemas antecedentes de la geomorfología. Adaptado de Christofolletti (1980, p.11).

“El sistema geomorfológico es parte de un universo de otros sistemas antecedentes. De ellos resultan los procesos y formas de relieve” (Kumpfer, 2019, p. 15).

Cassetti (1994) , señala que la introducción de la acción humana como elemento de modificación de las formas de relieve trajo la ventaja de comprenderlas mejor dentro de los sistemas geomorfológicos actuales, sumado por los denominados procesos morfodinámicos.

Los hechos no tienen un significado en sí mismos, no tienen una existencia propia; es el investigador quien, según su concepción, los estructura y les da conexión. Cuando hay nuevas teorías, hay una sustitución y no una adición de conocimiento. Solo hay una mejora paulatina en los planteamientos iniciales al considerar la investigación realizada bajo la misma perspectiva teórica y filosófica (Christofolletti,1973).

Por último:

Carvajal (2004), en su propuesta metodológica para el desarrollo de zonificación geomecánica, establece un esquema de jerarquización geomorfológica en el que relacionan el tipo de la roca, la correspondiente topografía del terreno, y a los procesos dinámicos activos.



Figura 4. Esquemización para jerarquización geomorfológica

Fuente. INGEOMINAS (2004)

Por tal razón podemos mencionar que para caracterizar las unidades geomorfológicas del relieve de un lugar en específico es necesario tomar en cuenta factores netamente incluyentes para la descripción del trabajo, asimismo a continuación se describen bases importantes relacionadas a las dimensiones de nuestra investigación.

### 2.2.1. GEOFORMA

Villegas (2004), nos define que una geoforma es un 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.

Carvajal, Cortez, y Calderón (2004), mencionan que las distintas formas del relieve, se dan durante la reacción entre los procesos naturales y los materiales, que tienden a conformar una superficie horizontal; Esto implica que existen entonces una serie de procesos que permanentemente producen el desgaste de las partes elevadas, y otros procesos que contribuyen a su acumulación, rellenando las partes deprimidas. Los procesos actuantes son externos(o exógenos) e internos (o endógenos). De donde podemos decir, que la morfología del terreno depende de los tipos de materiales, la disposición estructural, los procesos naturales que interactúan de acuerdo al ambiente o condiciones externas e internas dominantes y el tiempo de duración de los mismos. Lo que nos conlleva a mencionar lo siguiente:

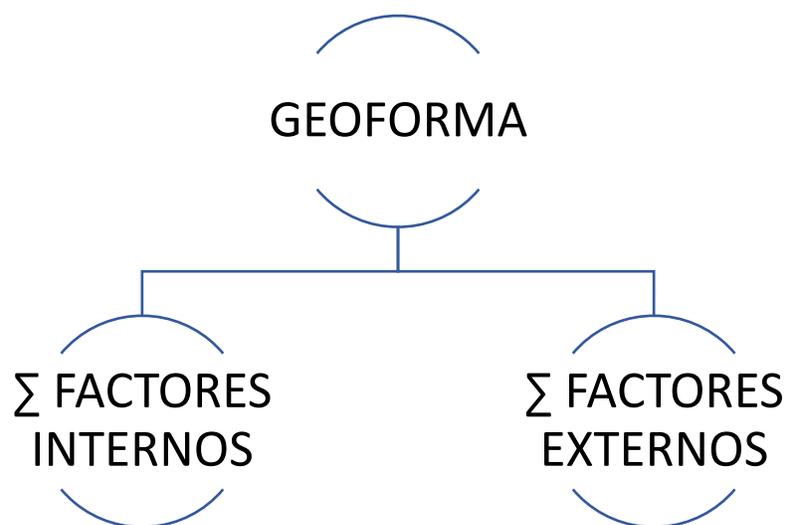


Figura 5. Suma de factores que influyen en la formación de una geoforma

Sabiendo que la geomorfología estudia las formas de relieve:

Kumplfer (2019) nos menciona que representan la expresión espacial de la superficie, ya que su principal objetivo es la relación forma-proceso, ya que considera el concepto de que, al cambiar la forma, el proceso cambia y viceversa. Las formas estructurales expresan la estructura local de forma más o menos clara, es decir, también dependen del grado de erosión (p. 12).

El análisis de las condiciones geomorfológicas conduce a tener en cuenta los siguientes aspectos:

a) Entender la influencia y control de las estructuras geológicas regionales sobre las geoformas.

- b) La génesis de las geoformas, que reflejan la dinámica de los procesos naturales actuales: endógenos y exógenos (denudación, acumulación).
- c) Relacionar la geometría de los terrenos (las formas de las laderas) a tipos de movimientos antiguos o activos de remoción en masa.
- d) Establecer la magnitud de la dinámica de los procesos denudativos que están actuando sobre una geoforma en particular.
- e) Las relaciones espaciales de las geoformas, debido a que determinan zonas homogéneas con características litológicas y geomecánicas similares.

### 2.2.1.1. Configuración de las geoformas

Muchas geoformas a nivel de relieve/modelado y forma de terreno tienen configuraciones típicas, que permiten realizar una primera identificación en base a la covarianza entre atributos morfográficos y atributos morfogenéticos. Los atributos de configuración dan una idea de la masividad o de la estrechez de una geoforma .

Tabla 1. Configuración de las geoformas

CLASES	EJEMPLOS
Estrecho	Albardón
Anchi	Napa de desorden
Alargado	Dique
Masivo	Cubeta
Anular	Dique volcánico
Ovalado/Elíptico	Dolina
Redondeado	Colina
Triangular	Abanico, Delta
Irregular	Base de Vertiente

Fuente. (Carbajal, Cortez y Calderón, 2004)

### 2.2.1.2. Diseño de los contornos de las geoformas

El diseño de los contornos describe el trazado de la periferia de la geoforma a nivel de relieve/modelado y forma de terreno. El mismo puede variar desde rectilíneo (la base de un escarpe de falla) a ondulado (una cubeta deposicional) hasta indentado (un escarpe disectado por erosión). Estas variaciones de contorno desde muy simples trazados lineales hasta complejos trazados convolucionados, que aproximan configuraciones areales, se reflejan en variaciones de la dimensión fractal (Carbajal 2004).

El atributo de diseño de los contornos puede ser utilizado también como un indicador morfogenético indirecto.

Tabla 2 . Diseño de los contornos de las geoformas

CLASES	EJEMPLOS
Rectilíneo	Escarpe
Arqueado	Barra costera
Sinuoso	Albardón deltaico
Lobulado	Cubeta
Denticulado	Escarpe disectado
Digitado	Albardón Deltaico (distal)
Irregular	Complejo de cárcavas

Fuente. (Carbajal, Cortez y Calderón, 2004).

### 2.2.2. TOPOGRAFÍA (perfil y formas según la geoforma)

Peña (2000), nos dice que topografía se refiere a la sección transversal de una porción de terreno, pudiendo visualizarse en dos dimensiones mediante un corte o perfil y en tres dimensiones, siendo importante la caracterización de este rasgo en áreas de pendiente.

La compartimentación morfológica engloba las observaciones relacionadas con diferentes niveles topográficos y características del relieve, que tienen una importancia directa en el proceso de ocupación. En este enfoque, la geomorfología cobra importancia ya que se definen los diferentes

grados de riesgo que puede presentar un área, ofreciendo subsidios por la forma de uso del suelo (Kumpfer, 2019, p. 13).

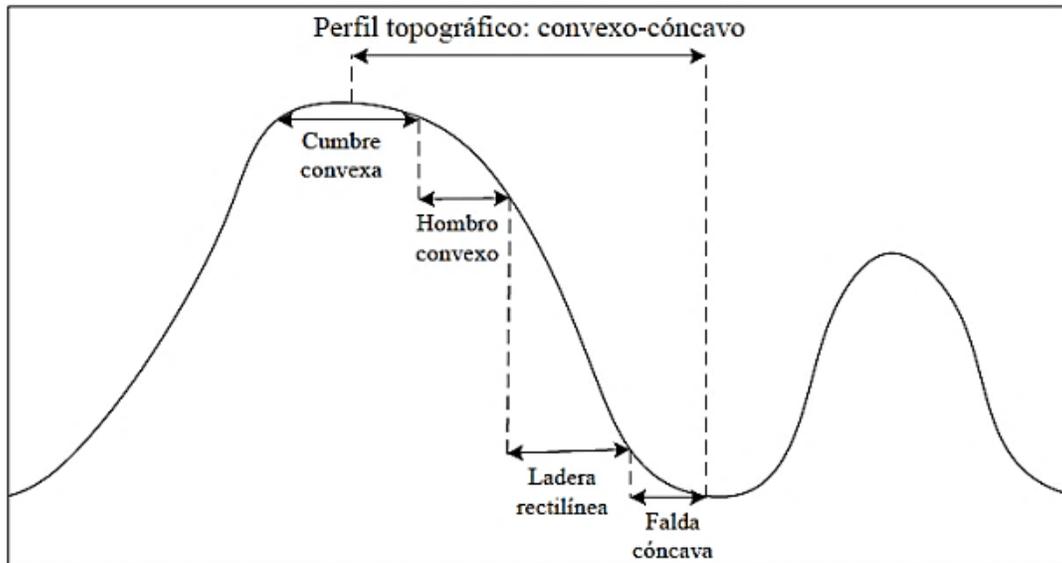


Figura 6. Relación entre los atributos topográficos y los niveles categóricos del sistema de las clasificaciones de las geformas. (Carvajal, et al, 2004).

Tabla 3. El perfil de la topografía

CLASES	EJEMPLOS
Plano	Mesa, Terraza
Cóncavo	Cubeta, falda de vertiente
Convexo	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 Facetas de vertiente, cuesta
Disimétricos	Lomada, Hogback
Irregular	Vertiente

Fuente. (Carvajal, et al, 2004).

Tabla 4. Forma de la topografía

<b>Clases</b>	<b>Pendiente %</b>	<b>Amplitud del relieve</b>
Plano o casi plano	0-2	Muy baja
Ondulado	2-8	Baja
Fuertemente ondulado	8-16	Baja
Colinoso	16-30	moderada
Fuertemente disectado	>30	Moderada
Montañoso	>30	Alta

Fuente. (Carvajal, et al, 2004).

Además de ello vale considerar que, la planimetría se refiere a la proyección vertical de los límites de la geoforma sobre un plano horizontal. Es una representación bidimensional de determinados aspectos de la geoforma que controlan estrechamente los patrones de distribución de suelos. La configuración de la geoforma, el diseño de sus contornos, el patrón de drenaje, y las condiciones del medio circundante son los principales atributos descritos para este propósito (Estreman,2000).

### **2.2.3. MORFOGÈNESIS**

La morfogénesis está referido a las causas y procesos que dieron inicio a los paisajes, depende de los agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempo geocronológico (Elorza, 2008).

Representa la configuración de los grandes paisajes como resultado de los procesos tectodinàmicos endógenos que dieron origen a los paisajes, tales como el volcanismo, plegamiento y fallamiento (Carvajal, 2004).

Este aspecto involucra la definición del origen de las diferentes geoformas, entre lo que abarca las causas y procesos que dieron origen a las formas de terreno, ya que el origen de un paisaje depende de los procesos y agentes que interactúan para darle las formas a la superficie terrestre en diferentes intensidades y proporciones y durante intervalos de tiempo geológico (Consultoría Colombiana S.A, 2014).

Además, está referido al origen de las diferentes formas de configuración de las geoformas actuales; es decir las causas y procesos que dieron inicio a las geoformas o paisajes. En ese sentido el origen de un paisaje depende de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempo geológico (Ayay, 2018).

### **2.2.3.1. Ambientes Morfogenéticos**

Zinck (2012), nos menciona que el agua, el viento y el hielo son agentes morfogenéticos que causan 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 agentes externos pueden ser clasificadas a nivel de forma de terreno. Se distinguen aquí seis familias principales de formas de terreno de acuerdo a su origen.

Carvajal (2004), en su estudio, Propuesta metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica, la Morfogénesis, implica el origen de las formas del terreno. Es decir, las causas y procesos que dieron inicio a las geoformas o paisajes. En ese sentido el origen de un paisaje depende de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempo geológico.

Según Carbajal (2004) los ambientes morfogenéticos pueden ser:

#### ***2.2.3.1.1. Ambiente Morfoestructural.***

Carbajal (2004), nos menciona que corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos. Incluye el Ambiente Geotectónico (Geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario). El color utilizado en la cartografía para estos paisajes es el marrón.

El ambiente estructural corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos ígneos – metamórficos sin geoformas marcadas de otros ambientes. En este contexto, tanto la litología como la estructura de deformación de las rocas inciden para favorecer una disección distintiva de los bloques levantados y plegados. Mientras el grado de plegamiento de las rocas sedimentarias favorece geoformas específicas tales como mesetas y crestas estructurales, la tendencia masiva de las rocas ígneometamórficas tiende a

generar la formación de cuchillas con pendientes similares y patrones de drenaje en función de los sistemas de diaclasas y fallas geológicas. Por tales motivos, los criterios de clasificación se agrupan principalmente en las diferencias litológicas y los controles estructurales de plegamiento y fallamiento que presentan las zonas levantadas. En las rocas sedimentarias plegadas se presentan tres geoformas clásicas en función del buzamiento de las capas de rocas competentes, mesetas, crestas (laderas estructurales) y hogbacks. (Robertson y Jaramillo, 2013).

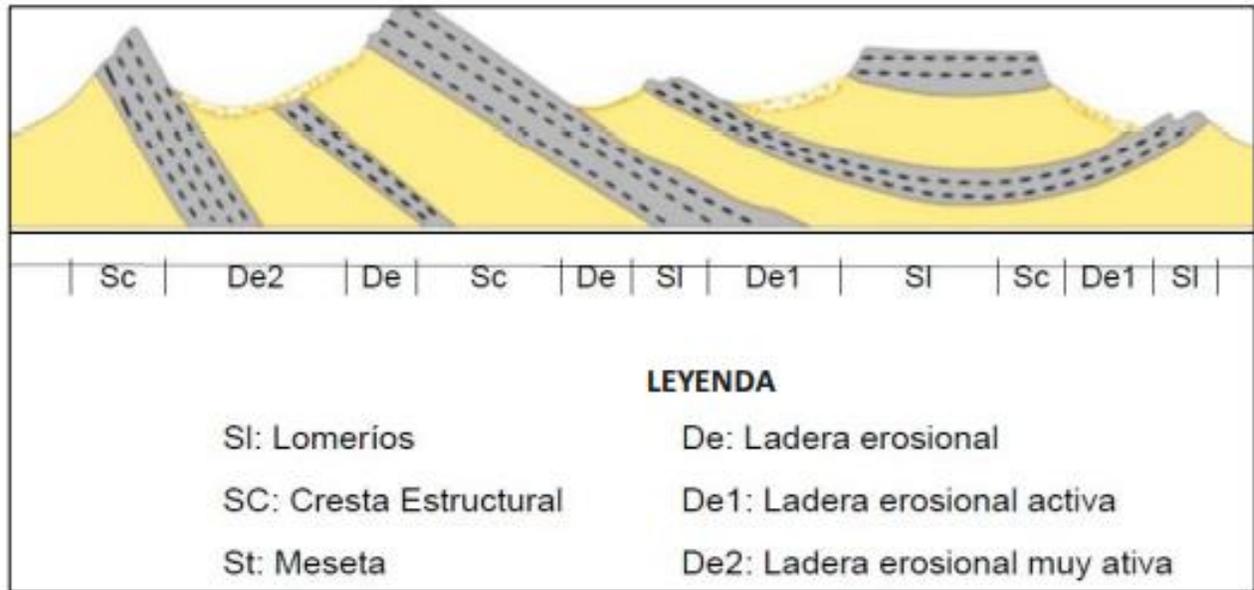


Figura 7. Perfil del ambiente estructural, que muestran las unidades Morfoestructurales con laderas estructurales, crestas estructurales, mesetas estructurales y laderas erosionales con procesos erosivos variables

Fuente. (Roberson y Jaramillo 2012).

### 2.2.3.1.2. Ambiente Volcánico

Asociado en las regiones donde predominan los procesos que generan geoformas volcánicas por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra. El ambiente volcánico se caracteriza por geoformas construidas a partir de las erupciones magmáticas de carácter lávico y/o explosivo y sus productos. Las geoformas volcánicas se presentan en todos los tamaños desde cráteres de tamaño métrico hasta mesetas lávicas de miles de kilómetros de extensión. También, los distintos tipos de magmas inciden en el comportamiento volcánico, diferenciándose grandes tendencias explosivas de las calderas (riolítica) y lávicas de los volcanes escudo (basáltica) y los procesos mezclados de los estratovolcanes (andesítica). Los subambientes más notorios se

relacionan con los distintos procesos volcánicos explosivos y la generación de cráteres, laderas volcánicas, mantos de piroclastos o las coladas de lava. También, las geoformas pueden resultar de procesos combinados tales como los flujos piroclásticos y fluvio-volcánicos o “lahares”. Los materiales volcánicos pueden constituir lo esencial del substrato o limitarse a formaciones de cobertura en una amplia variedad de paisajes incluyendo montaña, altiplanicie, piedemonte, planicie y valle. Las geoformas volcánicas son de complejidad variable, lo dificulta una estricta separación entre tipos de relieve y formas de terreno. Un cono de ceniza, por ejemplo, puede ser muy simple y constituir una forma de terreno elemental, mientras que un cono de estratovolcán es generalmente un edificio volcánico mucho más complejo con varias formas de terreno (Ayay, 2018, p.16).

#### ***2.2.3.1.3. Ambiente Denudacional***

El ambiente denudacional está determinado por la actividad dominante de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa sobre geoformas pre-existentes. La disección de los paisajes por los procesos exógenos se manifiesta en procesos erosivos hídricos y gravitatorios o una combinación de los dos. Bajo condiciones climáticas secas, las formas erosivas relacionadas con disección y pérdida del suelo generan fenómenos de erosión en forma laminar, surcos y cárcavas, es decir terrenos eriales. En cambio, condiciones húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con sus deslizamientos y flujos de suelos y escombros. Indudablemente, los dos procesos interactúan para producir un sinnúmero de combinaciones. Aun así, los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa, constituyen los dos subambientes dominantes del Ambiente Denudacional. Dentro del Subambiente de Remoción en Masa se distinguen las laderas erosionales con escarpes estrechos, a veces representado en forma lineal y las laderas coluviales con remoción en masa más o menos activa. También son notorios los flujos torrenciales en la forma de vegas y conos de estabilidad variable, a veces difíciles de distinguir de los depósitos de ladera salvo por su forma típicamente de relleno y pendiente menor. Esta morfología también se relaciona con un drenaje complejo de dos o tres cauces secundarios separados por los flujos recientes dentro del mismo valle menor (Carbajal, 2004).

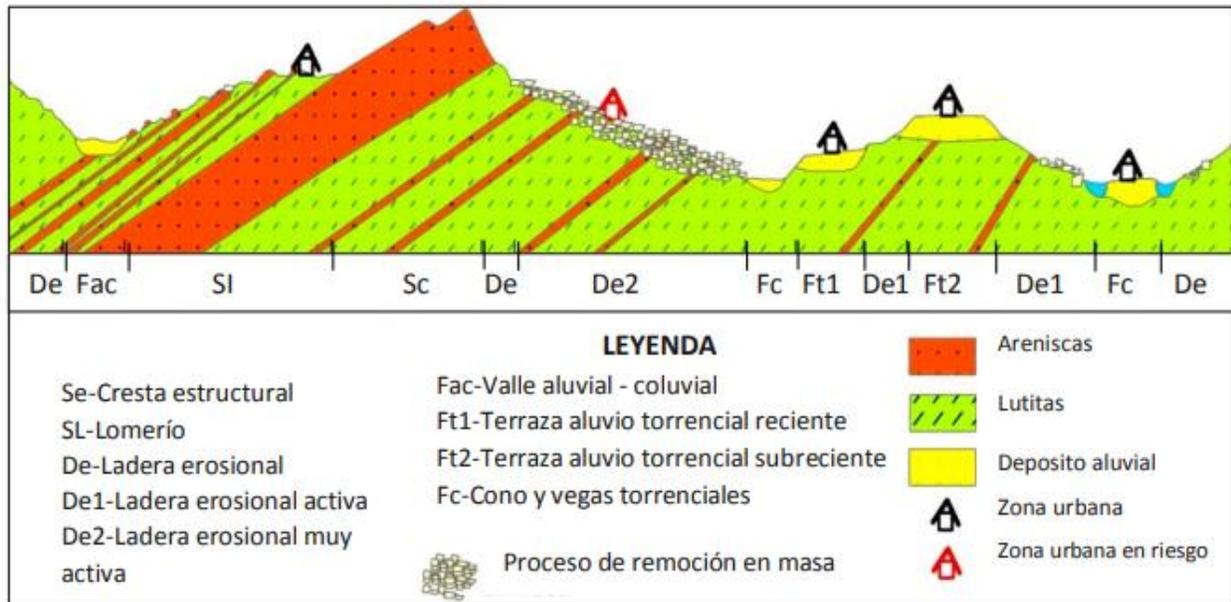


Figura 8. Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales con terrazas aluviales torrenciales de edad relativa variable

Fuente. (Robertson y Jaramillo, 2012)

#### 2.2.3.1.4. Ambiente Fluvial

Corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvial. Este ambiente está dominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. Los ríos se encargan de transportar sus carga líquida y sólida a lo largo del sistema fluvial generando procesos erosivos y de acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Estos procesos conllevan a la formación de las geoformas características del sistema fluvial, principalmente los Abanicos de piedemonte, las Vegas aluviales de divagación, los Albardones (o dique aluvial), las Llanuras aluviales de inundación, las Terrazas aluviales, los Conos torrenciales, y las Ciénagas fluviales. Para los anteriores geoformas, la composición de los sedimentos varía significativamente, aspectos que pueden analizarse para la reconstrucción de los ambientes de acumulación (Carbajal, 2004).

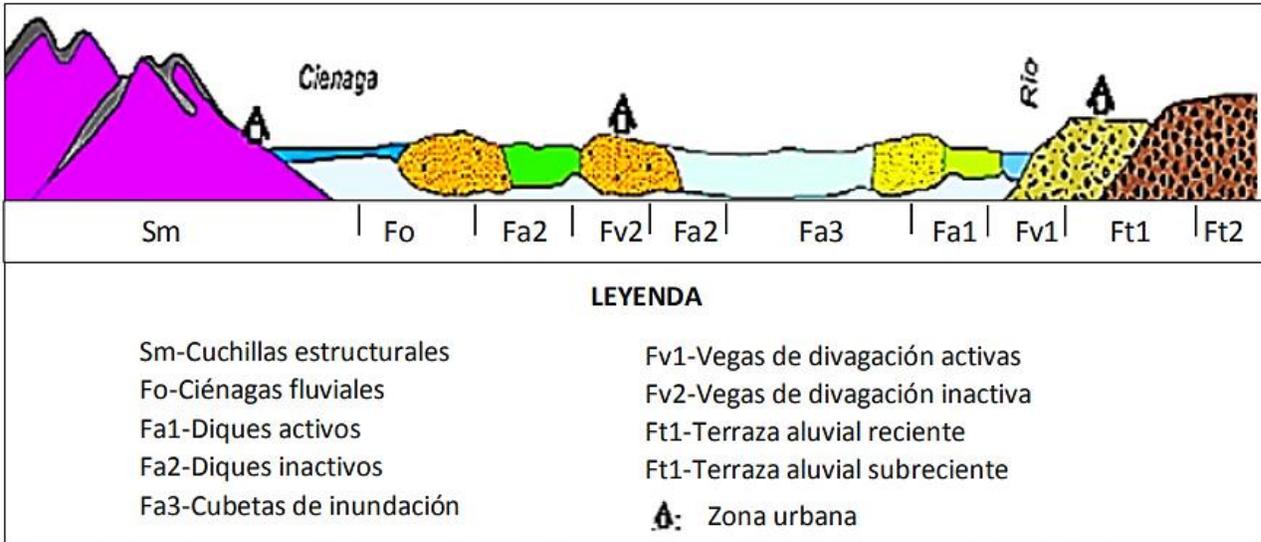


Figura 9. Perfil esquemático de Ambiente Fluvial

Fuente. (Robertson y Jaramillo, 2012)

#### 2.2.4. MORFODINÀMICA

Trata de los procesos geodinámicos externos, tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve siendo los responsables del estado actual de las geformas o unidades de terreno (Marconini, 2002).

Representa los procesos dinámicos exógenos que modifican los paisajes o que están modelando otros nuevos, como la denudación en general y, en menor escala ciertas formas de agradación, como respuesta a la acción de los agentes geomorfológicos quienes originan fuerzas de cambio capaces de desprender, transportar y depositar los productos incoherentes de la meteorización y sedimentación; siendo los más importantes el agua de lluvias, el agua de escorrentía, los glaciares, el viento, entre otros. Asimismo la morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geformas o Unidades de terreno. 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 los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan la superficie terrestre, ya sea degradándola o bien construyendo nuevos paisajes

### 2.2.4.1. Características y clasificación de los procesos morfodinámicos

En la metodología para los estudios geomorfológicos aplicados a la geomecánica se deben determinar y clasificar en forma preliminar las zonas que muestren características propias de procesos denudativos (erosión y fenómenos de remoción en masa). Este análisis geomorfodinámico en las laderas; es importante porque los materiales involucrados en estos procesos originan nuevas geoformas con propiedades del material diferente al inicial. Igualmente se modifican las propiedades físicas y mecánicas de los materiales alrededor de las zonas afectadas (Carvajal , 2004).

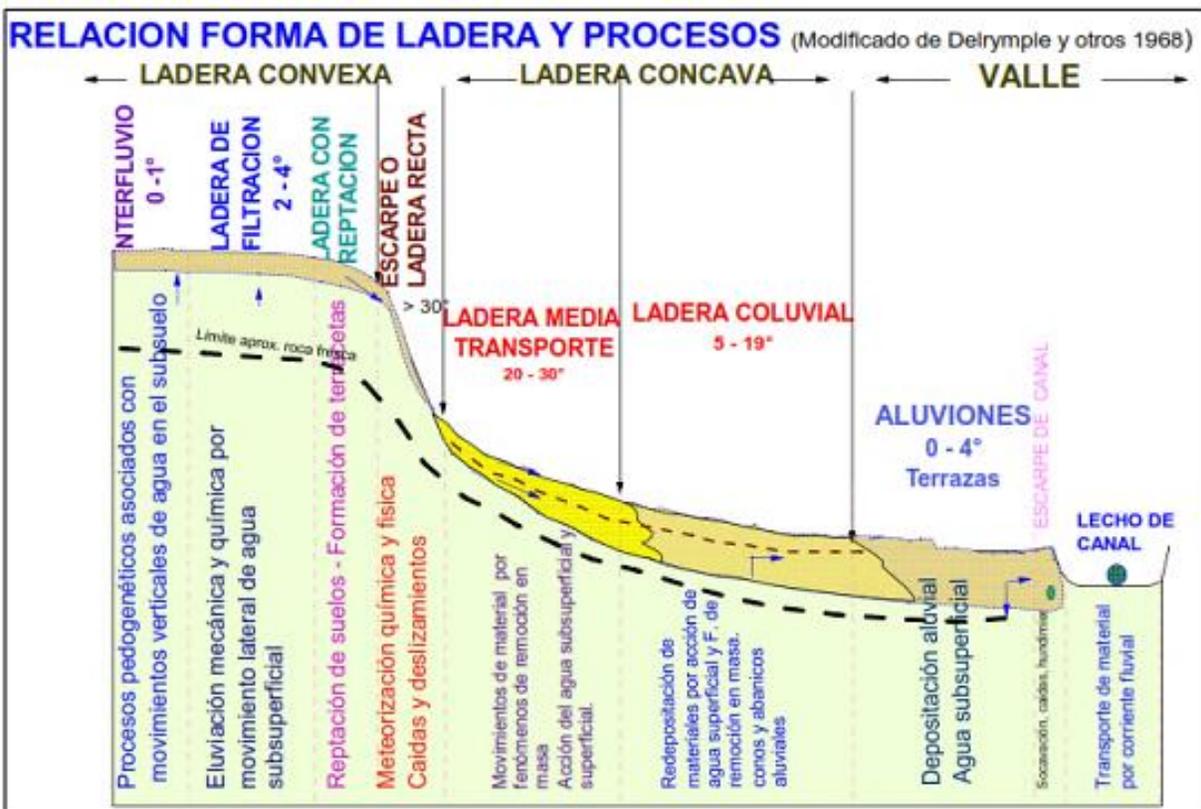


Figura 10. Perfil esquemático de una ladera y la relación entre forma de la misma y los procesos generados en ella

Fuente. Tomado y modificado de Delrymple, et al (1968), en Cortés (1989).

## 2.2.5. MORFOMETRÍA

Trata de aspectos cuantitativos en términos de medidas de longitud, área, forma y pendiente que incluye la comparación geométrica entre las diferentes posiciones espaciales describiendo las características del terreno y al mismo tiempo determina la distribución de las pendientes (Martínez, 2011).

### 2.2.5.1. Contraste de Relieve o relieve relativo

El relieve relativo presenta la diferencia de altitud de la geoforma, independientemente de su altura absoluta o nivel del mar. Ella se mide por la diferencia de alturas entre la parte más baja y alta, llámese colina, montaña, meseta, terraza. Para su aplicación a la Ingeniería Geológica, se definieron las siguientes categorías; de muy bajo, moderadamente alto, alto y extremadamente alto. Este atributo da una idea cualitativa general de los materiales constitutivos de la geoforma, a la vez que es un indicador de la energía potencial de un sistema de drenaje. La Tabla 5 muestra los rangos de contraste del relieve, y la relación cualitativa de la resistencia de los materiales asociados (Carvajal, 2011).

Tabla 5. Índices del contraste del relieve

<b>INTERVALOS DE ALTURA</b>	<b>DESCRIPCION DEL RELIEVE</b>	<b>RESISTENCIA RELATIVA DEL MATERIAL</b>
<50m	Muy Bajo	Material muy blando y erosionable
50-250m	Bajo	Blando erosionable
250-500m	Moderado	Moderadamente blando y erosión alta
500-1000m	Alto	Resistente y erosión moderada
1000-2500m	Muy Alto	Muy resistente y erosión baja
>2500m	Extremadamente Alto	Extremadamente resistente y erosión muy alta

Fuente. (Carvajal, Cortez y Calderón , 2004)

### 2.2.5.2. Inclinación de la Ladera

La inclinación de la pendiente es el ángulo que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal. La selección de los intervalos de pendiente se puede realizar teniendo en cuenta la distribución espacial de las pendientes que mejor representen las formas del relieve de acuerdo con la escala de los planos definidos. En la tabla 6, se presenta un ejemplo de definición de intervalos de pendientes. Generalmente la inclinación de la pendiente está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y con la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de los movimientos en masa. En general se puede afirmar que existe una relación directa y proporcional. Aunque si es un factor dinámico importante, esta relación no siempre es correlacionable y depende principalmente del tipo de movimiento (Carvajal, 2011).

Tabla 6. Índices de inclinación de laderas

<b>INCLINACION (GRADOS)</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CARACTERISTICAS DEL MATERIAL</b>
<5°	Plana o suavemente	Muy Blanda
6°-10°	Inclinada	Blanda
11°-15°	Muy inclinada	Moderadamente Blanda
16°-20°	Abrupta	Moderadamente Resistente
21°-30°	Muy abrupta	Resistente
31°-45°	Escarpada	Muy Resistente
>45°	Muy escarpada	Extremadamente Resistente

Fuente. (Carvajal, 2011)

### 2.2.5.3. Longitud de La Ladera

La longitud de la ladera es un posible indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas, y se puede establecer una relación entre la longitud de la ladera y la homogeneidad del material (a mayor longitud mayor homogeneidad). Igualmente la longitud de la ladera puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de procesos morfodinámicos.

Las anteriores relaciones no siempre son válidas y se deben analizar en conjunto con otros atributos que califican la ladera (Carvajal, 2011).

Tabla 7. Índices de longitud de la ladera

<b>LONGITUD (metros)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<50m	Muy corta
50-250m	Corta
250-500m	Moderadamente larga
500-1000m	Larga
1000-2500m	Muy larga
>2500m	Extremadamente larga

Fuente. (Carvajal,2011)

#### 2.2.5.4. Forma de la Ladera

La forma de la ladera se puede categorizar en término recto, cóncavo, convexo, ondulado, irregular o escalonado y complejo. Esta expresión de la pendiente refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia o control de estructuras geológicas.

Tabla 8. Formas de la ladera

<b>CLASE</b>	<b>CARACTERISTICAS DEL MATERIAL</b>	<b>FENOMENOS DE REMOCION EN MASA ASOCIADOS</b>
<b>Recta</b>	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente	Movimiento traslacional
<b>Cóncava</b>	Material blando y disposición estructural no diferenciada	Deslizamiento Rotacional
<b>Convexa</b>	Material blando y disposición estructural casi horizontal	Predomina Meteorización y erosión. Pequeños
<b>Irregular o escalonada</b>	Material con resistencia variada, Disposición estructural en contra de la pendiente	Caídas de Bloques. Erosión diferencial
<b>compleja</b>	Mezcla de materiales	Deslizamiento de complejas

Fuente. (Carvajal, 2011)

### **2.2.6. CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA**

Es la representación cartográfica del relieve expresadas en unidades geomorfológicas que son delimitadas teniendo en cuenta parámetros morfogenéticos, morfométricos y morfodinámicos, así como los procesos que modelan la superficie terrestre (Carbajal, 2012).

Kumpfer nos menciona que la cartografía geomorfológica es una herramienta fundamental para el análisis del relieve. El desarrollo de la cartografía geomorfológica y su creciente uso en la planificación regional preserva el carácter Geográfico-Geológico de la ciencia geomorfológica (2019, p. 19).

La elaboración de cartografía geomorfológica está orientada a proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno y los procesos geomorfológicos que actúan sobre ellas. Así, los planos geomorfológicos son herramientas útiles, que brindan conocimiento básico del terreno y permiten estructurar toda la información temática, enfocada en definir el comportamiento de los terrenos con aplicaciones diferentes, tales como evaluación de amenazas naturales, elaboración de planes de ordenamiento territorial, consideraciones acerca del planeamiento y el desarrollo de obras de infraestructura, al igual que la realización de zonificaciones de propiedades geomecánicas del terreno (Verstappen y Zuidam , 1992).

Para tal efecto, no sólo se requiere delinear unidades mediante polígonos coloreados con rasgos geomorfológicos y diferenciados mediante símbolos lineales, sino que es fundamental conocer el pasado, presente y futuro de las geoformas mediante el análisis de la información de una región. Para tal efecto, hay que tener en cuenta tanto los factores de generación (endógenos-geológicos y exógenos-climáticos), como la información morfodinámica, morfocronológica y ambiental (suelos, hidrología y vegetación). La información mencionada se puede desplegar mediante un plano o se puede almacenar como atributos de estos en una base de datos estructurada para manejarla por medio de un SIG, lo cual permite su uso de acuerdo con las necesidades y los puntos de vista de los consultores y público en general, quienes al final son los beneficiarios directos de esta información (Carbajal, 2012, p. 35).

Características de la metodología del ITC , hace hincapié en el análisis geomorfogenético, que incluye aspectos como la estructura geológica del territorio cartografiado, la morfología, la morfometría, la edad de las geoformas (geomorfocronología) y la morfodinámica.

Según el objetivo de los usuarios de los levantamientos geomorfológicos, con la metodología ITC definen tres tipos de planos (Carbajal, 2012, p. 36).

### 2.2.6.1. Planos geomorfológicos analíticos

Estos planos proporcionan información sobre formas del relieve y procesos con énfasis en la morfogénesis y la morfocronología. Incluyen información geológica (litológica y estructural) y son el producto de estudios geomorfológicos monodisciplinarios; se constituyen además en los planos geomorfológicos básicos y contienen la siguiente información en orden jerárquico: morfogénesis, morfología, morfometría, morfocronología y, parcialmente, morfoestructura ;litología (Verstappen y Van Zuidam, 1992).

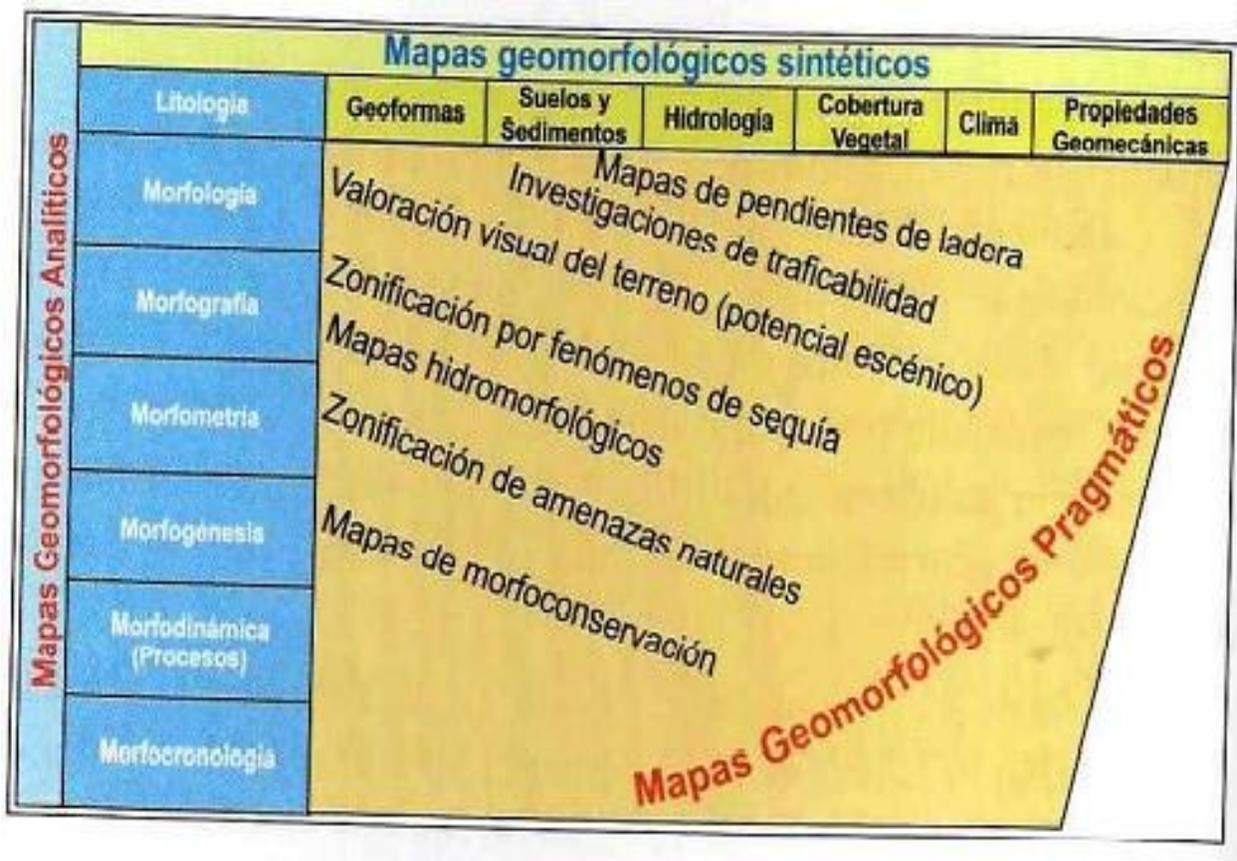


Figura 11. Tipos de planos en el sistema ITC

Fuente. tomado y modificado de Verstappen (1987).

La morfogénesis se representa en forma de unidades geomorfológicas ( polígonos coloreados y rotulados con letras) si esta es cartografiable a la escala de estudio dada o por medio de símbolos lineales si las formas son demasiado pequeñas.

Las unidades morfogenéticas, por ser el más alto nivel del sistema cartográfico, están coloreadas de acuerdo con el ambiente morfogenético principal. Por otro lado, las geoformas de origen transicional se pueden incluir donde sea más conveniente, de acuerdo con el criterio del cartógrafo. Un listado preliminar de los símbolos de las geoformas propias de cada ambiente morfogenético se presenta en Verstappen y Van Zuidam (1992). Corresponde a los objetos geomorfológicos que pueden ser cartografiables a escala 1:100.000 , cuyos nombres, nomenclatura y color son susceptibles de cambio, una vez que se llegue a concertaciones con los especialistas de cada ambiente en particular (Carbajal, 2012, pp. 36-37).

La litología se indica por medio de las tramas adoptadas para la cartografía geológica, pero en colores apagados. De conformidad con la metodología del ITC, cuando es importante destacar la litología, o cuando se desea subdividir unidades geomorfológicas muy grandes, con base en la composición de los materiales constituyentes, se recomienda elevar jerárquicamente la información litológica mediante el empleo de símbolos areales coloreados y nombrarlas en la leyenda como unidades geomorfolitológicas (Carbajal, 2012, p. 37).

La morfología y los rasgos de la superficie del terreno en general (crestas, cambios de inclinación de laderas o escarpes) se representan por medio de símbolos y flechas que apuntan hacia la parte baja de la ladera. La información morfométrica se representa utilizando varios matices de color, o por medio de símbolos con datos obtenidos tanto en campo como de fotos o imágenes de satélite.

Los procesos actuales (morfodinámica) se representan por símbolos y flechas de formas o estilos diferentes, indicando las direcciones de movimiento e intensidad.

“Cuando se caracteriza cada unidad con información de campo, esta información puede anexarse mediante tablas relacionadas con cada polígono. Otro tanto se puede hacer con la información morfocronológica, o representarla por medio de letras, como lo recomienda el sistema ITC” (Verstappen y Van Zuidam, 1992).

### **2.2.6.2. Planos geomorfológicos sintéticos**

Estos planos proporcionan una información general del terreno con base en estudios multidisciplinarios. En ese sentido, toman la información suministrada por los planos geomorfológicos analíticos y la relacionan con otros factores del paisaje, como clima, suelos, hidrología y vegetación, según las necesidades del usuario.

Adicionalmente, con el uso de las ventajas de un SIG, mediante el empleo de tablas se puede agregar información complementaria, como perfiles de meteorización, tipo de suelos y propiedades mecánicas de los materiales. En esta clase de plano, la caracterización de las geoformas se puede incluir resumidamente en la leyenda. Corresponden a este tipo los planos fisiográficos, los planos de unidades de terreno, los planos de zonificación de propiedades geomecánicas y los planos ecológicos, cuyas características se pueden diferenciar por medio de achurados (Carbajal, 2012, p. 38).

### **2.2.6.3. Planos geomorfológicos pragmáticos**

Son los planos producto de investigación geomorfológica, con un propósito definido, como por ejemplo evaluación de amenazas y riesgos naturales o planificación territorial. Para tal efecto, se emplea la información necesaria de los planos geomorfológicos, tanto analíticos como sintéticos, que según Verstappen y Van Zuidam (1992) son complementarios. Mientras el plano geomorfológico analítico define las unidades de mapeo geomorfológico y aporta información detallada, el mapeo sintético proporciona el contexto ambiental y las interrelaciones ecológicas del paisaje geomorfológico (Carbajal, 2012, pp. 38-39).

A continuación se presentan algunas tablas en donde se describen tipos, índices, longitudes, formas, densidades y texturas, según clasificación de Van Zuidam, Wijerink, Damen, Vargas, Carbajal y otros autores en referencia a la Geomorfología. Además de la clasificación de los procesos erosivos, remoción en masa y rangos utilizados con propósitos de análisis de ingeniería.

Tabla 9. Espaciamiento entre canales según tipos de erosión

TIPO DE EROSION	ESPACIAMIENTO ENTRE CANALES (m)					
	<5	5 a 15	15 a 50	50 a 150	150 a 500	>500
<b>Erosión laminar</b>	Severa	Moderada	Suave			
<b>Surcos (&lt;50cm de profundidad)</b>	Severa	Severa	Moderada	Suave		
<b>Barrancos (51-150 cm de profundidad)</b>	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave	
<b>Cárcavas (&gt;150cm de profundidad)</b>	Severa	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave

Fuente. Carvajal et al. (2002)

Tabla 10. Grados de erosión según geoforma

AREA EROSIONADA % /UNIDAD	GRADO EROSIÓN	DESCRIPCIÓN
<25	Sin erosión	Geoforma original
25-50	Erosión baja	Geoforma denudada
51-74	Erosión media	Geoforma remanente
75-89	Erosión alta	Geoforma residual
>90	Erosión muy alta	Bad lands

Fuente. Carvajal et al. (2002)

Tabla 11. Grado de erosión según cobertura vegetal

<b>COBERTURA VEGETAL %</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>&gt;90</b>	Sin erosión
<b>&gt;75</b>	Erosión baja
<b>51-74</b>	Erosión media
<b>25-50</b>	Erosión alta
<b>&lt;25</b>	Erosión muy alta

Fuente. Carvajal et al. (2002).

#### **2.2.6.6. Lineamientos generales para la elaboración de un plano geomorfológico**

Según Carbajal (2012), la elaboración de un plano geomorfológico implica la realización de una serie de actividades, cuyo detalle depende de los objetivos que se buscan y las escalas relacionadas con base en la jerarquización geomorfológica propuesta.

Carvajal (2012), El planteamiento está dirigido a hacer un plano geomorfológico básico o analítico, que sirva de base a todas las entidades públicas y privadas, para elaborar planos sintéticos o pragmáticos de acuerdo con las necesidades particulares de cada institución (p.41)

El primer paso en la elaboración de un plano geomorfológico analítico consiste en buscar datos e información básica temática, tales como planos geológicos y estructurales, cartografía topográfica base, fotografías aéreas, imágenes de satélite, modelos digitales de elevación y del terreno.

El siguiente paso está enfocado en obtener información base fundamental para hacer el plano, como la obtención de modelos digitales del terreno, procesamiento digital de imágenes de satélite y, básicamente, la interpretación de fotografías aéreas en la escala apropiada, en este orden de ideas, cabe aFuenter que el análisis geomorfológico se debe efectuar paso a paso desde el nivel regional hasta el detalle, teniendo como base la jerarquización geomorfológica, lo cual facilita conocer y entender la evolución geológica y geomorfológica de un territorio determinado, darse la idea del estado de esfuerzos del terreno (fracturamiento), datos que inciden indudablemente en el estado y el comportamiento de los materiales (Carvajal, 2012, p.42).

En este proceso resulta indispensable emplear los modelos digitales de terreno y de elevación, porque proporcionan información morfológica regional y de detalle, además de poderse sustraer datos del aspecto de las laderas, pendientes y perfiles del terreno, y realizando procesamiento digital de los modelos, obtener información de densidad del drenaje, lineamientos, coeficientes de rugosidad, entre otros, todos parámetros esenciales del modelamiento geomorfológico. Varios son los modelos digitales obtenidos del relieve tanto continental como submarino.

Otra fuente de información geomorfológica se obtiene del procesamiento digital de imágenes de satélite (Landsat, Spot, Ikonos Quick Bird) que, dependiendo de la resolución espectral y espacial, se utilizan en el marco de las jerarquías geomorfológicas propuestas, para obtener datos de procesos geomórficos recientes, rasgos geomorfológicos y geográficos-geológicos.

Para mejorar la calidad de los datos, se llevan a cabo realces y refinamientos de la información obtenida, al procesar digitalmente y combinar imágenes de satélite o fotografías aéreas digitales con los modelos digitales (Carbajal, 2012, pp.42-43).

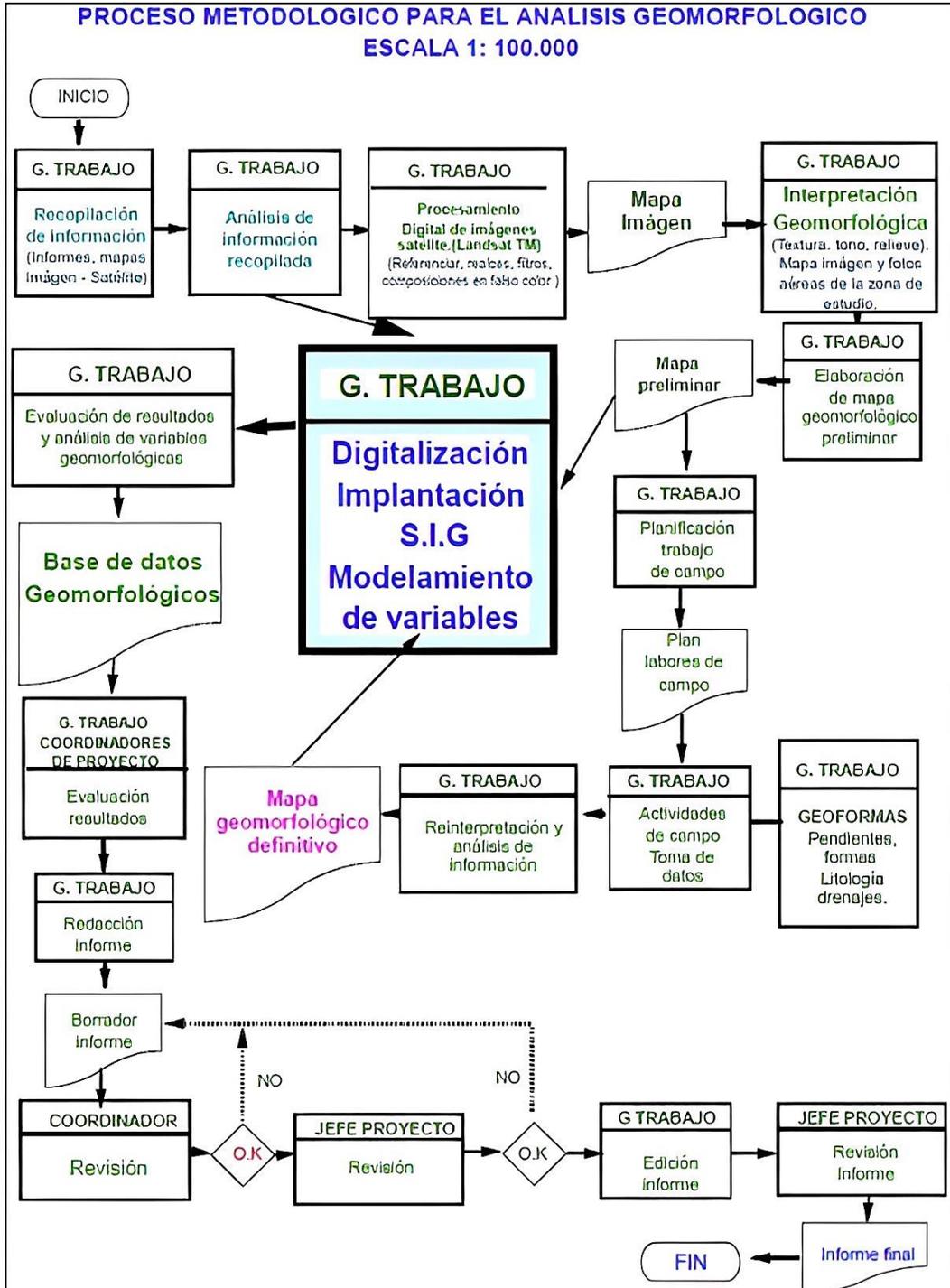


Figura 12. Flujo de procedimientos tenidos en cuenta en la elaboración de un plano geomorfológico analítico.

Fuente. Carbajal (2012)

En el libro de propuesta de estandarización para la cartografía geomorfológica, Carbajal (2012) también indica que los procesos de interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas, modelos digitales de terreno o de elevación, o sus combinaciones, se fundamenta en la delimitación de las macrogeoformas, de acuerdo con su ambiente morfogenético, para después seguir en detalle la identificación y la cartografía de los procesos geomórficos actuantes en cada geoforma definida.

Este proceso lo deben llevar a cabo geólogos, ingenieros o geomorfólogo de experiencia, que deben identificar y definir los contrastes morfológicos, texturales y de tonos y lineamientos con sentido geomorfológico, litológico y estructural. Una vez finalizada la etapa anterior, la información es georreferenciada y trasladada a las planchas topográficas a la escala apropiada para obtener los planos geomorfológicos preliminares. El avance tecnológico de los sistemas de información geográfica (SIG), y de programas especializados, permite realizar el proceso anterior, directamente en pantalla, obteniéndose información preliminar georreferenciada y lista para la siguiente fase de reconocimiento y con trol de campo. El trabajo de campo se lleva a cabo con el propósito tanto de corroborar las geoformas definidas previamente en el trabajo de oficina, como conseguir datos e información complementaria de los contrastes morfométricos, litología, geología estructural, perfiles de suelo y procesos actuales. Para tal efecto, es recomendable buscar zonas elevadas con el fin de obtener vistas y caracterización panorámicas del territorios posteriormente, se visitan los sitios visualizados de manera individual, para toma de datos detallados, muestras de roca o sedimento para laboratorio y dataciones (p.45).

La fase final corresponde a los ajustes de la cartografía geomorfológica realizada previamente con los datos obtenidos de campo y laboratorio, el proceso de completar la información de las bases de datos, elaboración de modelos y perfiles geomorfológicos, con los cuales se elabora el informe o la memoria final del trabajo, donde se consignan los resultados de la investigación (Carbajal, 2012, p.46).

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Agentes de erosión.** Es el conjunto de fuerzas que actúan sobre los materiales de la superficie terrestre, ocasionando la denudación. Los principales agentes de erosión son: el agua, el viento, el hielo, la gravedad, el diastrofismo, el vulcanismo, el magmatismo (Dávila 2011).

**Agentes Geomorfológicos.** Son todos los elementos naturales móviles capaces de desprender, transportar y depositar los productos incoherentes de la meteorización y de la sedimentación; siendo los más importantes el agua de lluvias y de escorrentías; las olas, corrientes costeras y de mares; los glaciares, el viento; a estos se agregan los animales y el mismo hombre (Jiménes 1983).

**Metamorfismo.** Es la suma de todos los procesos geológicos mediante los cuales los minerales de las rocas y ellas mismas sufren transformaciones en su estructura, textura y orientación, dando lugar a nuevos minerales y nuevas rocas sin cambiar su composición química. Los agentes principales de metamorfismo son: las presiones litostáticas de las rocas suprayacentes, la temperatura proveniente del gradiente geotérmico y de los procesos magmáticos y las soluciones hidrotermales (Dávila 2011).

**Colina.** Término usado para señalar pequeñas elevaciones de terreno con pendientes suaves. “Es una 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).

**Lomas.** “Son elevaciones del terreno de similar altura que las colinas, pero con cimas más amplias, redondeadas con gradientes entre 8% y 16%” (Jiménes 1983).

**Valle.** Porción de terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve más alto (piedemonte, altiplanicie, lomerío o montaña). Depresión de los terrenos de forma longitudinal, de muchos kilómetros de extensión y sobre cuyos fondos (lechos fluviales) discurren los ríos. Los valles son formas del paisaje constituido por las vertientes o sistemas de declives convergentes (Dávila 2011).

**Planicie.** Extensión de terreno más o menos plana donde los procesos de agradación superan a los de degradación. Las planicies se pueden clasificar en: planicies marítimas o costeras y planicies continentales. Las planicies marítimas se clasifican en: tectónicas y eustáticas. Las planicies continentales se clasifican en: planicies de acumulación (lacustre y fluviales) y planicies de acumulación de origen tectónico (Dávila, 2011).

**Peneplanicie (Peniplanicie).** Superficie de terreno ligeramente ondulado, caracterizada por una repetición sistemática de cerros bajos, redondeados (colinas) o alargados (lomas), con cimas de similar altura, separados por una densa red hidrográfica de patrón reticular. Superficie plana o levemente ondulada resultante de los procesos geológicos erosivos, llegando hasta la etapa de senectud. Es una forma de equilibrio entre la estructura geológica y la resistencia de la roca a la erosión (Dávila, 2011).

**Altiplanicie.** Porción de terreno relativamente elevada, extensa, plana, comúnmente limitada por lo menos en un lado por una caída brusca (escarpe) a terrenos más bajos. Además se define como un territorio elevado (superior a 3,000 m.s.n.m.), más o menos plano, generalmente corresponde a una superficie de erosión (Dávila, 2011).

**Piedemonte.** Porción de terreno inclinada al pie de unidades de paisaje más elevadas (altiplanicie, montaña). Su composición interna es generalmente heterogénea e incluye la acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcilla inconsolidado ubicado al pie de las cadenas montañosas. La diagénesis y litificación de estos materiales da lugar a los conglomerados o aglomerados. Los depósitos de pie de monte se realizan bajo un clima temperado y ocupan gran extensión (Dávila, 2011).

**Denudación.** Jiménez (1983), nos dice que se refiere a la meteorización de las masas de rocas continentales expuestas y 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. Por otro lado, se define como un trabajo gliptogénico de devastación de las rocas de la superficie terrestre, realizado por los diversos agentes de erosión y que es, en último análisis, la destrucción de las formas del relieve más saliente por el efecto conjugado de los diversos agentes erosivos Dávila, (2011).

**La agradación.** Proceso geológico, mediante el cual se realiza la acumulación de sedimentos en las zonas de depresión. Comprende el conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados tanto por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, el viento, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre, mediante la deposición de los materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves elevados, ocasionada por ellos mismos. (Jiménez, 1983)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El distrito de Magdalena es uno de los doce que conforman la provincia de Cajamarca. Se encuentra rodeado de los cerros Shara, Retablo, Trinchera y Carbunco a una altitud de 1294 m.s.n.m. a una distancia de 61 km de la capital departamental. Su territorio está organizado en 3 centros poblados y 23 caseríos. perteneciente a la zona 17S; enmarcada para la investigación en el sistema de coordenadas UTM, DATUM WGS - 84.

##### 3.1.1.1 Límites

El distrito limita por el Sur con los distritos de Contumazá y Asunción, por el Norte con los distritos de Chetilla y Cajamarca, por el Este con el distrito de San Juan y por el Oeste con el distrito de San Bernardino.

Tabla 12. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de estudio

<b>Vértice</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
V1	9203691.18	750565.12
V2	9201024.68	755183.63
V3	9198426.60	753683.63
V4	9201093.10	749065.12

### 3.1.2. Ubicación Política

La zona de estudio realizado en el distrito de Magdalena se encuentra en la siguiente ubicación política:

- ✓ Región: Cajamarca
- ✓ Provincia: Cajamarca
- ✓ Distrito: Magdalena
- ✓ Caseríos: la Viña y Huaquillas

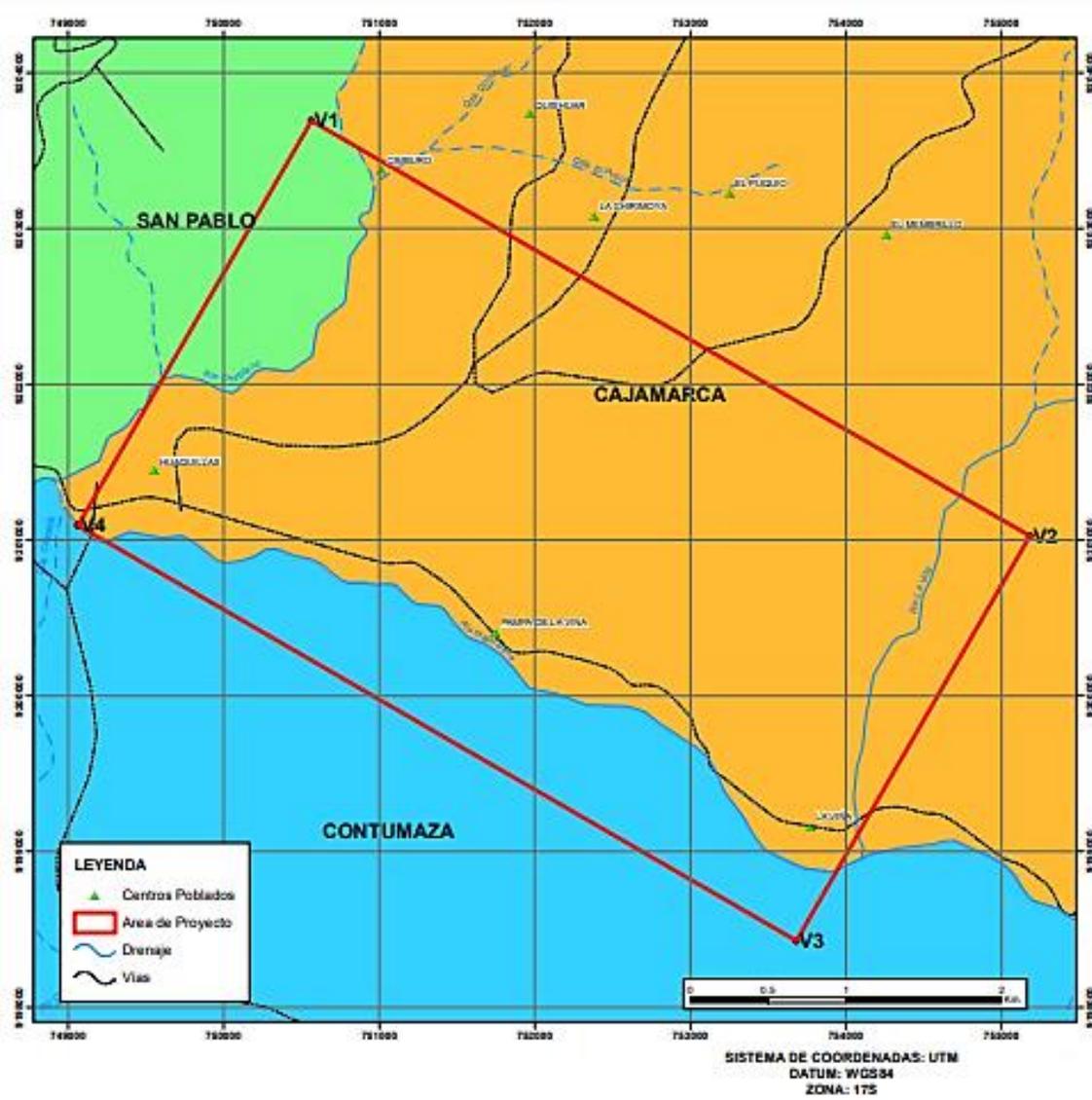


Figura 13. Ubicación de la zona

### 3.1.3. ACCESIBILIDAD

Magdalena es uno de los 12 distritos de la provincia de Cajamarca, ubicado en el sector suroeste, a 91 kilómetros de la Ciudad del Cumbe y a la altura del kilómetro 115 de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca.

#### 3.1.3.1. Carreteras afirmadas

La principal ruta para llegar a Magdalena es la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca, una vía asfaltada de doble carril en buen estado que permite un viaje tranquilo y rápido por una zona que nos ofrece un atractivo paisaje y un panorama encantador.

Si viajamos de Cajamarca a Magdalena nos dirigimos por la carretera a la Costa pasando por el abra del Gavilán, centro poblado de Chotén y distrito de San Juan para llegar a Choropampa, uno de los principales centros poblados magdaleninos, y de ahí pasamos a la capital distrital. Un recorrido de hora y media, aproximadamente.

Desde Lima, Trujillo, Chiclayo y demás ciudades del país deben llegar por la Panamericana hasta Ciudad de Dios y de ahí dirigirse con dirección a Cajamarca en un viaje de hora y media, pasando por Tembladera y Chilete, para arribar a Huaquillas, el primer pueblo magdalenino de la ruta , luego La Viña (ambos abarcan la zona de estudio) y se llega a la capital distrital.

Tabla 13. Ruta A, de acceso a la zona

<b>CARRETERA CHILETE-CAJAMARCA</b>			
<b>TRAMO</b>	<b>DISTANCIA(Km)</b>	<b>TIEMPO (min)</b>	<b>ESTADO</b>
Cajamarca-Magdalena	62	85 min	Asfaltado
Magdalena-Zona de estudio	8	11min	Asfaltado

Tabla 14. Ruta B, de acceso a la zona

CARRETERA CAJAMARCA-CHILETE			
TRAMO	DISTANCIA(Km)	TIEMPO (min)	ESTADO
Cajamarca- Chilete	85.5	117min	Asfaltado
Chilete- Zona de estudio	15.5	21min	Asfaltado

### 3.1.3.2. Caminos de herradura

Otra ruta es la vía de Cajamarca a Cumbe Mayo, pero 2 kilómetros antes de llegar al centro arqueológico se giran a la izquierda y se ingresa por la carretera Andina que pasa por los caseríos de Acshupata y Corral Blanco, los centros poblados de San Cristóbal y Cumbico y el caserío de Ñamas para descender por el cerro Trinchera. Un viaje de 2 horas, en promedio, para recorrer 72.5 kilómetros.



Figura 14. Carretera de accesibilidad Cajamarca- Magdalena



Figura 15 . Carretera de accesibilidad Magdalena-Cajamarca

#### **3.1.4. Extensión de la zona**

La zona de estudio tiene un área de extensión de 16 km<sup>2</sup> en los Caseríos la Viña y Huaquillas.

#### **3.1.5. Clima y Vegetación**

El clima del área está clasificado como templado y húmedo, con una estación de lluvias y una estación seca bien definidas, aunque algunas veces permanece épocas húmedas a lo largo del año, el período entre octubre y abril recibe la mayoría de las precipitaciones anuales y es considerado como la estación de lluvias, mientras que el período comprendido entre mayo y Setiembre es conocido regionalmente como estación seca (SENAMHI, 2016). La cobertura vegetal está caracterizada por sembríos antrópicos y matorrales semihúmedos.

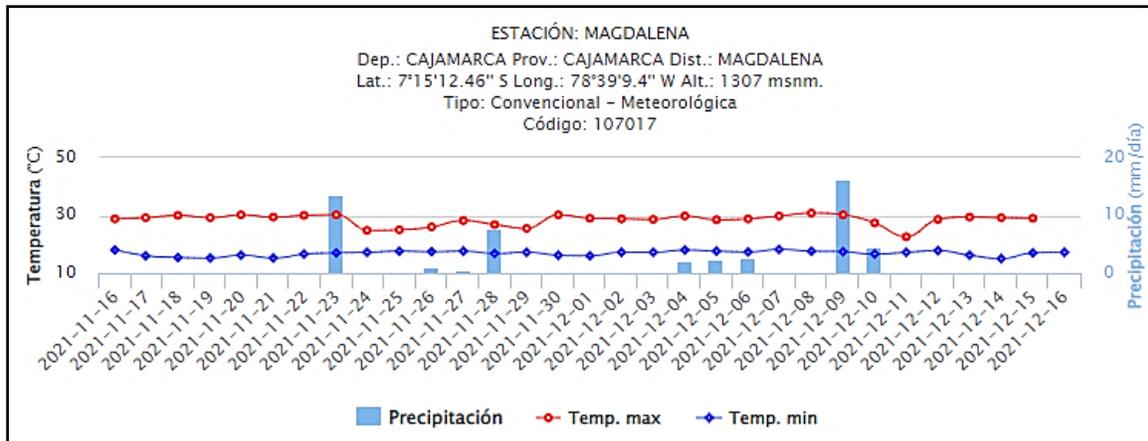


Figura 16. Estación convencional Magdalena con recepción de datos en tiempo real 2021  
 Fuente. Tomado de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarcayp=estaciones>.

### 3.2. PROCEDIMIENTOS

#### 3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete

En gabinete, se planificó y recopiló la información de la zona con ayuda de planos; geológico, topográfico a determinada escala, utilización y calibración del equipo y la realización del cronograma de actividades. Para los cuales nos apoyamos de los siguientes equipos materiales e instrumentos con su respectiva calibración:

- ✓ Plano topográfico a escala, en coordenadas sistema datum UTM WGS-84.
- ✓ Planos geológicos a escala 1/100000 del área de estudio y zonas aledañas publicados por el INGEMMET. -Imágenes satelitales.
- ✓ GPS navegador Garmín: O también llamado GPS navegador (Sistema De Posición Global), el cual sirvió para ubicarnos en el plano topográfico a través de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator).
- ✓ Picota: Instrumento que sirvió para sacar muestras de roca.
- ✓ Brújula Bruntom: que sirvió para medir el grado de pendientes de cada una de las unidades geomorfológicas encontradas.
- ✓ Lupas 15 aumentos: nos ayudó a reconocer los diferentes componentes minerales de las rocas y el tipo de roca.
- ✓ Libreta topográfica: el cual sirvió para tomar apuntes.

- ✓ Ácido Clorhídrico (HCL) diluido al 10 %.
- ✓ Cámara digital: servirá para tomar fotografías en la zona de estudio.
- ✓ Colores: servirá para diferenciar las diferentes unidades geomorfológicas y para caracterizarlas según sus tramas.

Para el análisis e interpretación de datos se complementaron las etapas de campo como de gabinete, ya que en una se recolecta los datos en el mismo campo de acción y analizado los datos tomados para interpretar los hechos que han ocurrido para dar conclusiones fidedignas a las que se llegó.

### **3.2.2. Etapa de Campo**

Mediante la observación en campo se identificó unidades geomorfológicas por jerarquía, para ello se toma en cuenta la ubicación de la zona latitud, longitud y altitud mediante GPS Garmin.

### **3.2.3. Etapa Final de Gabinete**

Los datos de campo fueron procesados en los programas:

Excel 2010: Es una aplicación que ayudó a elaborar hojas de cálculos, para datos estadísticos.

AutoCAD 2019: Este software sirvió para elaborar el plano topográfico base, determinar los perfiles morfométricos.

ArcGIS 10.8: Ayudó a organizar mediante hardware, software: datos geográficos-Geológicos diseñando, capturando, almacenando, manipulando, analizando y desplegando en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos geológicos y geomorfológicos. Finalmente, se digitaliza planos a escala 1/15000 con la información tomada en campo mediante el software ArcGIS 10.8. determinando las unidades geomorfológicas.

### 3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tabla 15. Tipo, nivel y diseño de investigación

<b>Según su objetivo</b>	Aplicada
<b>Según el nivel de profundización del objetivo</b>	Correlacional y Explicativa
<b>Según su naturaleza</b>	Cualitativa Numérica
<b>Según el grado de manipulación de variables</b>	No experimental
<b>Según el periodo</b>	Transversal en el tiempo

Fuente. Tomado de Supo (2016)

La investigación es nivel exploratoria, descriptiva, de asociación correlacional y transversal en el tiempo, porque, la investigación buscó identificar la relación existente entre las diferentes características de las unidades geomorfológicas. Según el grado de manipulación de las variables el diseño de la investigación es no experimental, de corte transversal y asociación correlacional. No experimental, porque la información se recopiló y posteriormente se procesó en su contexto natural y no se manipuló las variables (Hernández y Mendoza, 2018). Transversal, porque la investigación se llevó a cabo en un momento determinado del tiempo, en este caso el año 2022.

#### 3.3.2 Población de estudio

El relieve geológico estudiado comprende un área de 16 km<sup>2</sup> en el distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas (Morfofenética).

#### 3.3.3. Muestra

Los parámetros endógenos y exógenos, las geoformas como indicadores orogénicos y fases tectónicas ocurridos en el tiempo geocronológico.

#### 3.3.4. Unidad de análisis

Topografía, cota, rumbo, buzamiento, dinámica interna y externa de las geoformas de colinas, laderas, lomadas y terrazas con génesis geocronológico en millones de años (Ma).

### **3.3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas que se emplearon para la realización del siguiente trabajo de investigación se basaron en la observación, descripción, caracterización y análisis de las geoformas presentes en la zona, dando interpretación y recolectando datos de la imagen satelital Landsat además del análisis de información bibliográfica y cartográfica existente (ArcGIS 10.8 y AutoCAD 2019). Fueron necesarios el uso de materiales e instrumentos de medida de datos en campo, tales como carta geológica de la zona proporcionada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Brújula, GPS, lápiz de dureza, picota y lupa 20x. El trabajo tuvo tres partes, la primera fase de gabinete, en el cual se recopiló toda la información que fue de ayuda en el desarrollo del estudio y su organización del mismo, la segunda parte en donde se realizó estudios de campo, se tomó los datos necesarios con ayuda de los instrumentos, y la última, la fase de gabinete, en la cual se llevó a cabo el análisis e interpretación de la información obtenida.

### **3.3.6. Equipos de recolección de datos**

Picota marca estwing mango largo, necesaria para extraer muestras de roca y probar la resistencia de las mismas en campo. Lápiz rayador 88CM General Tools para identificar minerales por medio de su dureza relativa. Lupa de 10x Baush y Lamp, para visualizar mejor los cristales de una roca. Lápices y lapiceros para aFuentecciones y cartografiado. Cámara digital Cannon Power Shot para el registro fotográfico. Protactor Escala 1/1000 ,utilizado para el cartografiado local. Brújula Brunton mod. 5006 para la toma de datos de direcciones de discontinuidades y planos de estratificación. GPS Garmin eTrex 20, para la obtención de las coordenadas y la ubicación de puntos. Laptop DELL para el procesamiento de los datos y redacción de los informes.

### **3.3.7. Análisis e interpretación de datos**

Se realizó 6 salidas a campo y se extrajo los datos necesarios tales como: cota, rumbo, buzamiento, formas de drenaje, densidad, orden de los cursos de agua, perfiles de los cauces, que conllevó a la posterior caracterización de las unidades geomorfológicas. Los datos obtenidos en campo han sido plasmados en un plano geológico-geomorfológico, haciendo uso de softwares especializados y posterior análisis e interpretación. Los softwares que se utilizaron fueron Excel profesional, ArcGis v10.8 y AutoCAD v2019.

### **3.4. GEOLOGÍA REGIONAL**

Las características geológicas que presenta el departamento de Cajamarca, se encuentran relacionadas a su origen formacional y a su tectónica. El Grupo Salas es el más antiguo, y corresponde al Paleozoico, Ordovícico inferior. El Grupo Goyllarisquizga del Cretácico inferior presenta areniscas, calizas y lutitas de las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, las mismas que presentan fracturas. Las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y Yumagual, Pulluicana, Quilquiñan, y Cajamarca (cretácico medio-superior) son principalmente calizas y lutitas. Los depósitos volcánicos paleógenos y neógenos se encuentran constituidos generalmente por flujos piroclásticos y de lava. Estos corresponden al Grupo Calipuy y al Volcánico Huambos. Asimismo existe la presencia de depósitos cuaternarios de origen aluvial, eólico, fluvial y fluvio-glaciar. Los de origen aluvial y fluvial se presentan inconsolidados y están conformados por gravas (Rivera 1980)

### **3.5. GEOLOGÍA LOCAL**

#### **3.5.1. Formación Farrat**

Esta Formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretácico inferior. Consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso. En algunos lugares de la zona, se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. La Formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la Formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la Formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual. En el lugar de estudio se encuentra en el flanco noroeste del cerro Chantilla suprayaciendo Fuenteblemente a la Formación Inca y la Formación Chúlec.



Figura 17. Estrato de arenisca cuarzosa de la Fm. Farrat en el flanco NW del Cerro Chantilla



Figura 18. Clastos de cuarzo mayores a 2mm. en arenisca cuarzosa de la F. Farrat





Figura 20. La Fm. Inca en contacto con las Fm. Farrat y Chúlec en el cerro Chantilla



Figura 21. Las areniscas ferruginosas de la Fm. Inca en discordancia erosional con la Fm. Chúlec en el Cerro Mollepatá.

### 3.5.3 Grupo Crisnejas

#### 3.5.3.1 Formación Chúlec

La Formación Chúlec es fosilífera por excelencia . Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Generalmente, los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos. En la zona de investigación se puede visualizar los estratos de calizas nodulares en el flanco suroeste del cerro el Puquio , asimismo en el corte de carretera, flanco sur del cerro el Puquio observándose estratos de caliza de la Formación Chúlec, por otro lado con elevado ángulo de buzamiento por el anticlinal volcado, también lo observamos en la excavación para la construcción de vivienda ,estratos de calizas oxidados por la alteración supérgena.



Figura 22. En el corte de carretera, flanco sur del Cerro El Puquio se observan estratos de caliza de la Fm. Chúlec. Con elevado ángulo de buzamiento por el anticlinal volcado.



Figura 23. En la excavación para la construcción de vivienda se observan estratos de calizas de la Fm. Chuléec, oxidados por la alteración supérgena.



Figura 24. Vista de estratos de calizas nodulares en el flanco Suroeste (SW) del Cerro El Puquio.

### 3.5.3.2 Formación Pariatambo

En la zona consiste de una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas. La Formación Pariatambo yace concordantemente sobre la Formación Chúlec e infrayace, con suave discordancia a la Formación Yumagual. En la zona de estudio podemos visualizar Calizas en la unidad de escarpe erosional kárstico, también Calizas gris oscuras afectadas por el intemperismo, ubicadas en el Cerro el Puquio.

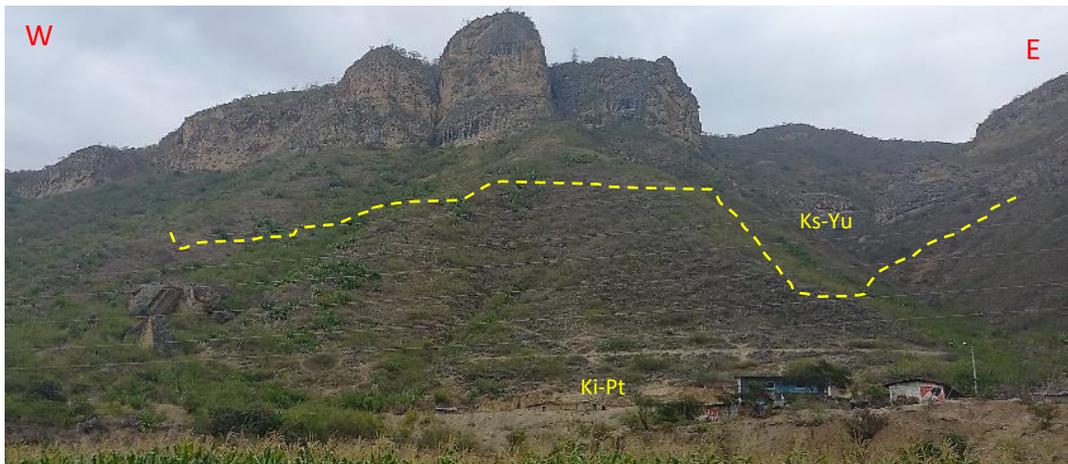


Figura 25. Calizas de la Fm. Pariatambo en la unidad de escarpe erosional kárstico en el Cerro El Puquio



Figura 26. Calizas gris oscuras afectadas por el intemperismo, ubicadas en el Cerro El Puquio

### 3.5.4. Grupo Puyllucana

#### 3.5.4.1 Formación Yumahual

La Formación Yumagual consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes, destacando un miembro mediolutáceo margoso, amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas elongadas debido a su dureza uniforme. La Formación Yumagual se expone ampliamente dentro y fuera del área. La Formación Yumagual se caracteriza por tener un delgado miembro intermedio bastante fosilífero, por lo que litológicamente puede confundírsele con las Formaciones Mujarrún, se puede observar estratos de calizas nodulares de la Formación Yumahual en la margen derecha aguas arriba de la quebrada La Viña.

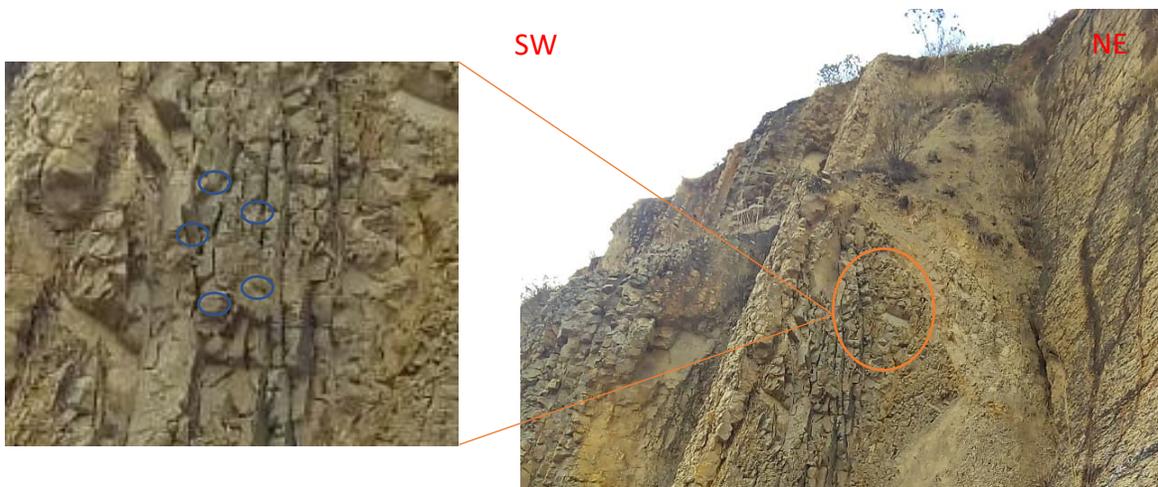


Figura 27. Estratos de calizas nodulares de la Fm. Yumahual en la margen derecha aguas arriba de la quebrada La Viña

#### 3.5.5 Secuencia Volcánica Chilete-Ayambla

En el área de estudio se identificó una facie inicial del volcanismo Cenozoico denominada como Secuencia Volcánica Chilete - Ayambla, equivalente a los Volcánicos Llama descritos por Wilson (1984) y datados en  $54.8 \pm 1.8$  Ma (Noble et al., 1990). Esta secuencia volcánica está conformada de flujos de lavas de andesita intercalados con gran cantidad de depósitos volcanoclásticos y oleadas de cenizas gris verdoso a violáceo, en afloramiento visualizados en campo poseen un espesor de 1.80 m aproximadamente.



Figura 28. Flujos de cenizas y lapillis de la secuencia volcánica Chilete-Ayambla

### 3.5.6. Cuaternario Aluvial

Se encuentran en las faldas de cerros y laderas de valles, se han considerado los materiales con poco transporte, se acumulan en áreas favorables en los flancos de los valles y quebradas tributarias. En la zona de investigación se pueden observar en los taludes de la parte baja del cerro el Puquio, materiales conformados por sedimentos de arcilla, gravas y cantos y en el flanco suroeste del mismo cerro conformado por materiales heteroclásticos.

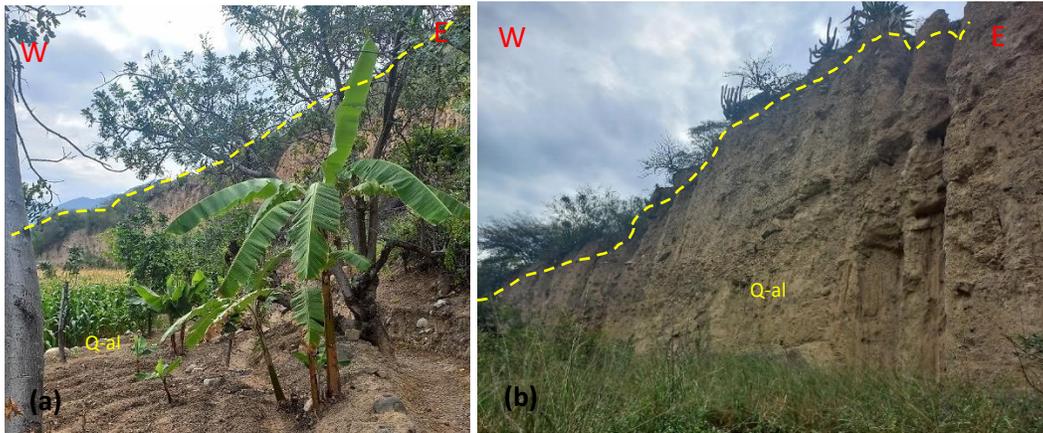


Figura 29. Vista de depósitos aluviales en el talud. Materiales conformados por sedimentos de arcilla, gravas y cantos. Se encuentran en la parte baja del Cerro El Puquio.



Figura 30. Vista de depósito aluvial en el flanco suroeste (SW) del Cerro El Puquio, conformado por materiales heteroclásticos

### 3.5.7 Cuaternario Fluvial

Están representados por la acumulación de materiales transportados por cursos fluviales, depositados en el fondo y riberas de los ríos Jequetepeque y Chetillano. Consisten de gravas gruesas y finas, arenas sueltas y depósitos limoarcillosos. Estos depósitos fluviales tienen Fuentebles vista en la llanura de inundación del río Jequetepeque.

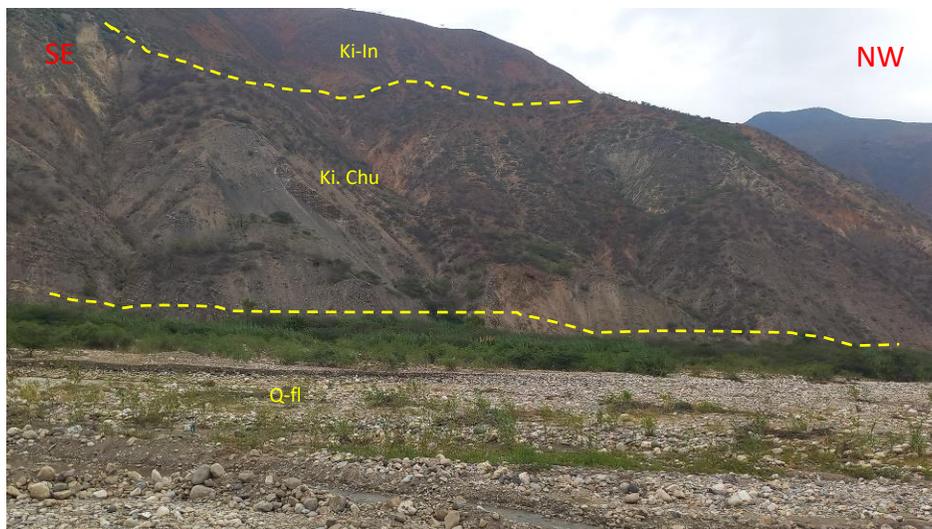


Figura 31. Vista de depósitos fluviales en la llanura de inundación del río Jequetepeque.

## 3.6 GEOMORFOLOGÍA

### 3.6.1 Ambiente Morfogenético

#### 3.6.1.1 Unidades por proceso fluvial

##### 3.6.1.1.1. Abanico Aluvial (*Faa*)

Esta geoforma se formó por el volumen de transporte de sedimentos de Formaciones preexistentes ubicados en las partes altas de los cerros y colinas del caserío La Viña en su mayor parte, donde paulatinamente disminuyó la carga sólida aportada al río Jequetepeque formando simétricamente o asimétricamente triángulo de bajo ángulo. Al tener un transporte brusco de corto tiempo granulométricamente estos clastos son de distinto tamaño. Nótese en la imagen satelital (figura 32) cuatro abanicos contiguos al sur del caserío La Viña con direcciones perpendiculares al río Jequetepeque. Por su extensión y baja pendiente son utilizados para la agricultura.



Figura 32. Vista de depósitos fluviales en la llanura de inundación del río Jequetepeque



Figura 33. Abanico aluvial en el flanco noreste (NE) del Cerro Mollepata con el lóbulo truncado por la llanura de inundación

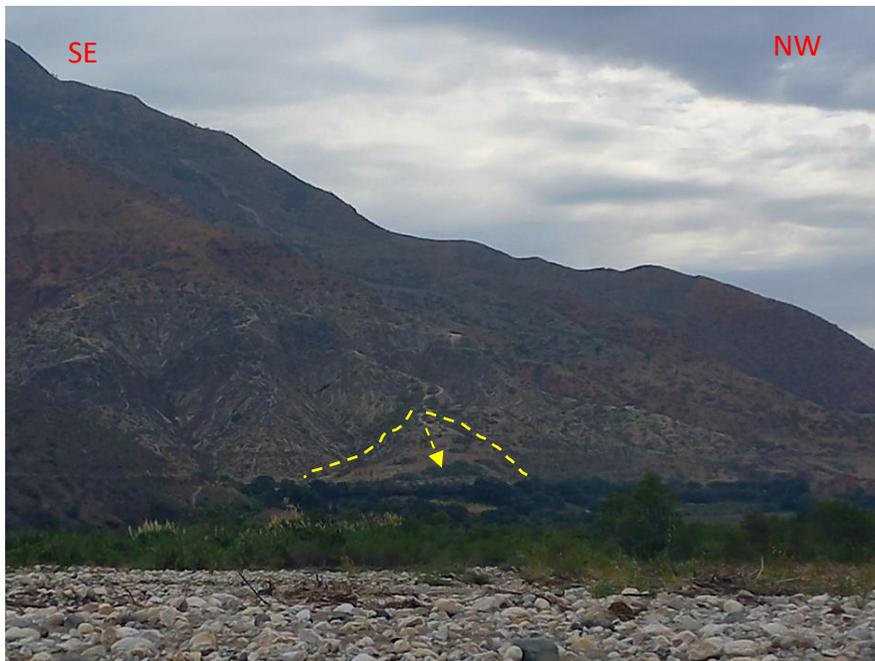


Figura 34. Se visualiza un pequeño abanico en la base del C° Amillas

### 3.6.1.1.2 Cono de deyección (Fcc)

Estas geformas de modelado fluvial de forma cónica se ubican en zonas con mayores pendientes dentro del área de estudio, diferenciándose con los abanicos aluviales por presentar mayores pendientes y con gran volumen de material aluvial como el que se muestra al medio entre los caseríos de La Viña y Huaquillas. Otro cono de deyección de menor magnitud se observa en el margen derecho aguas arriba de la quebrada La Viña, ubicado cotas más arriba de las viviendas y carretera del mencionado Caserío. Las características morfológicas de esta unidad evidencian una estabilización del depósito al final de los valles torrenciales donde las laderas enlazan con una zona llana del valle de Jequetepeque.



Figura 35. Cono de deyección ubicado en el flanco frente al caserío La Viña



Figura 36. Cono de deyección de tamaño considerable entre los caseríos: La Viña y Huaquillas. Nótese que lóbulo frontal esta truncado por el rio Jequetepeque

### 3.6.1.1.3 *Escarpe erosional fluvial (Fee)*

En la zona de estudio se presentan superficies disectadas cuasi verticales a verticales sobre depósitos fluviales (cuaternario fluvial), alcanzando alturas de hasta 10 metros. Presenta un color marrón característico de los depósitos aluviales en el área.



Figura 37. Escarpe erosional fluvial contiguo al valle de Jequetepeque



Figura 38. Escarpe erosional Fluvial cerca al diseño sinuoso del rio Jequetepeque

#### 3.6.1.1.4 *Terraza de acumulación (Fta)*

Esta geoforma está compuesta por depósitos sedimentarios de un mismo periodo o ciclo de acumulación, el grosor que presentan es de mayor consideración a los cortes erosivos posteriores presentando niveles elevados con respecto al cauce fluvial, es notorio la diferenciación de estos niveles en el rio Jequetepeque.



Figura 39. Terraza de acumulación de dos niveles



Figura 40. Terraza de acumulación ubicado por encima del nivel del cauce del río Jequetepeque

### 3.6.1.1.5 Llanura de inundación (FI)

El valle de Jequetepeque considerado como tipo de valle en U o maduro, entre los caseríos La Viña y Huaquillas evidencian un valle suficientemente amplio. El desbordamiento sucesivo del río Jequetepeque depositó sedimentos de distinto tamaño según la energía fluvial en áreas aledañas a las corrientes del río. Los sedimentos transportados aguas abajo se depositaron sucesivamente durante las inundaciones fluviales, estableciendo un equilibrio dinámico entre erosión de materiales sedimentarios y depositación. En épocas de estiaje estos depósitos de minerales no metálicos son explotados a mediana escala como se puede ver en la Figura 41.



Figura 41. Nótese la llanura de inundación en el río Jequetepeque



Figura 42. A la izquierda, sedimentos depositados en la llanura de inundación. A la derecha ,explotación de minerales no metálicos en época de estiaje en la llanura de inundación.

### 3.6.1.1.6 Valle en V (Fvv)

Estas geoformas se presentan en cursos altos con cauces perpendiculares al río Jequetepeque. Las características litológicas como calizas de la Formación Pariatambo y/o Chúlec, areniscas cuarzosas de la Formación Farrat originan una erosión insipiente con escasa carga sedimentaria. Por tanto constituyen pequeños valles cuyo fondo está expandido o encajado condicionado por pendientes semipronunciadas a pronunciadas que reducen las posibilidades de inundación.

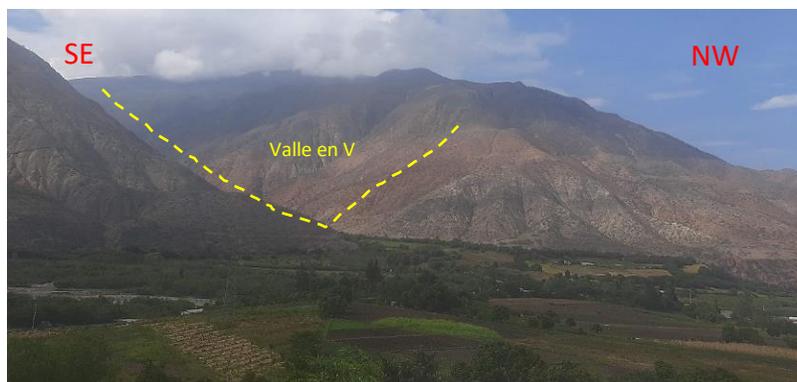


Figura 43. Valle en forma de V en la quebrada Chantilla.

### 3.6.1.1.7 Valle en U (Fvu)

Esta geoforma al igual que el anterior valle en V presenta un encajamiento con un fondo amplio en el valle de Jequetepeque que incluye llanuras de inundación, barras, cauces. La morfología que adquiere se debe a la escasa pendiente del cauce principal y reducida energía hidráulica. En la zona de estudio se puede visualizar mediante un corte transversal al río. El curso medio del río de fuente un valle amplio.

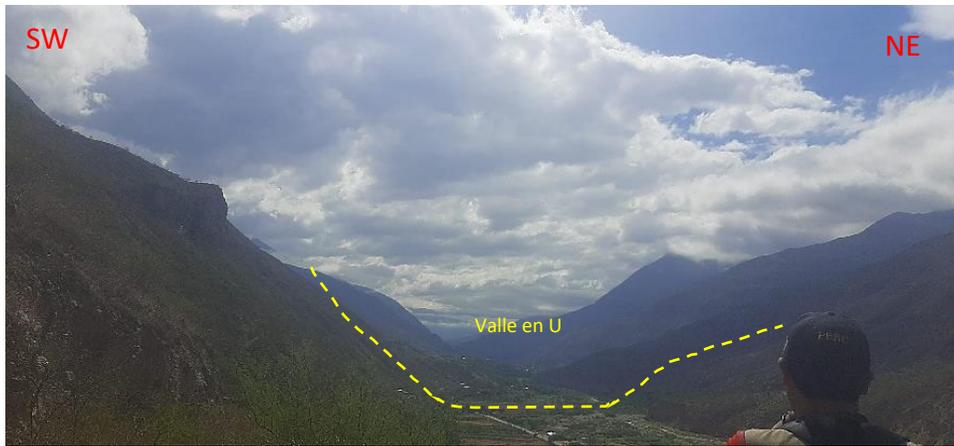


Figura 44. En la sección transversal del río Jequetepeque se observa la amplitud del valle en U

### 3.6.1.1.8 Valle Cataclinal (Fvc)

El valle cataclinal también denominado valle consecuente son pequeños valles que discurren a favor del buzamiento en los estratos calcáreos de la Formación Chúlec y Pariatambo en su mayor parte. La morfología de estos incipientes valles se debe al desarrollo de cauces por los dorsos de la cuesta del anticlinal volcado existente en la zona.

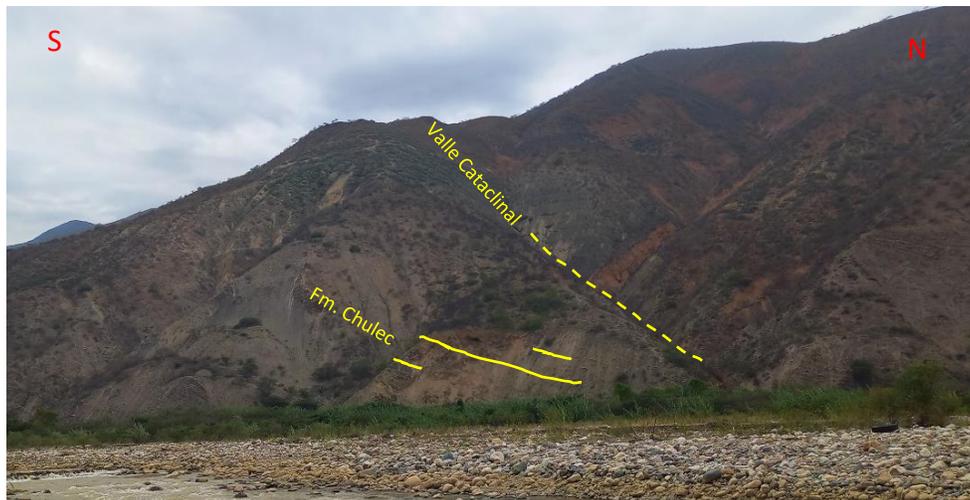


Figura 45. Valle cataclinal con buzamiento a favor de los estratos de caliza de la Fm. Chúlec

### 3.6.1.1.9 Valle Ortoclinal (Fvo)

A este tipo de valle algunos autores también lo denominan valle subsecuente. El cauce del río Jequetepeque drena paralelamente al eje del anticlinal volcado donde el régimen de cuestas presenta valles o afluentes anaclinales y cataclinales.



Figura 46. Valle ortoclinal discurre paralelo a la Fm. Chulec



Figura 47. Valle ortoclinal ubicado aguas arriba del río Jequetepeque en el caserío Huaquillas

### 3.6.1.1.10 Barras longitudinales (Fvl)

Una característica morfológica común que entrelaza longitudinalmente el cauce el río Jequetepeque constituyen las barras fluviales. Estos depósitos de sedimentos forman islotes alargados en el río y son el mejor rasgo característico de la morfología por la amplitud del valle, además sirven como disipadores de energía hidráulica que permiten la configuración de canales relativamente estables para transportar sedimentos, están ubicados desde el noroeste (NW) del caserío la Viña hasta el caserío Huaquillas.



Figura 48. Barra longitudinal en la confluencia de los ríos; Jequetepeque y Chetilla

### 3.6.1.1.11 Cauce sinuoso (Fcs)

El río Jequetepeque en su mayor parte desarrolla un canal sinuoso por mecanismo natural de reducción de pendiente. En el área de estudio se presentan dos tipos de cauce sinuoso: cauce sinuoso sobre sedimentos y cauce sinuoso sobre roca. El primero tiene una configuración morfológica y geométrica del cauce con depósitos meándricos de poca altura están determinadas por los procesos de transporte, depositación y agradación que ocurren en el canal. En la siguiente imagen satelital se observa que en la amplitud de la llanura de inundación se distribuyen los canales sinuosos.

El segundo se presenta en el flanco norte (N) del cerro Chantilla caracterizándose por un cauce con direcciones variables transversal al rumbo de entre las Formaciones Inca y Chúlec, esta condición se debe al contacto y a la resistencia a la erosión de los estratos macizos intercalados con arcillolitas calcáreas.

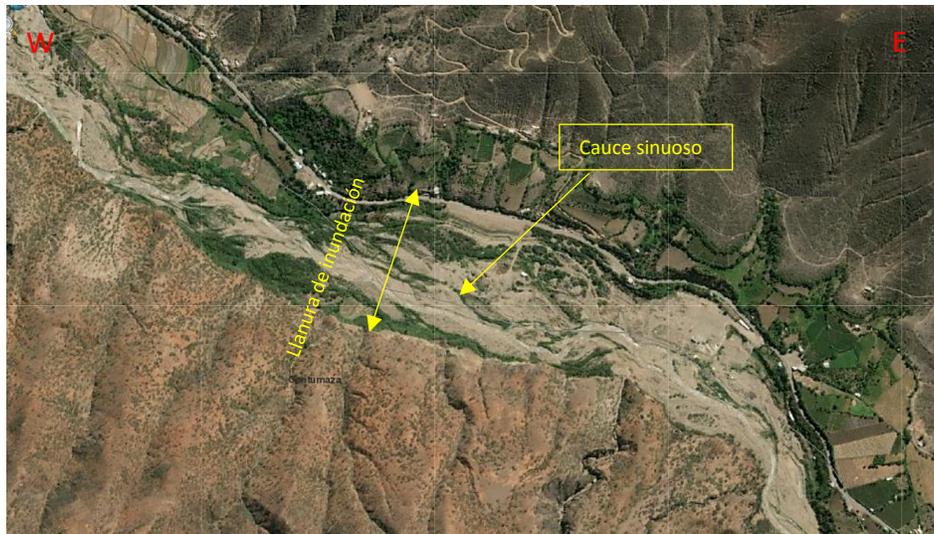


Figura 49. Cauce sinuoso en la llanura de inundación al NW del Caserío La Viña  
Fuente. Modificado de GEOCATMIN.



Figura 50. Cauce sinuoso limitado por las calizas de la Fm. Chúlec y los depósitos aluviales

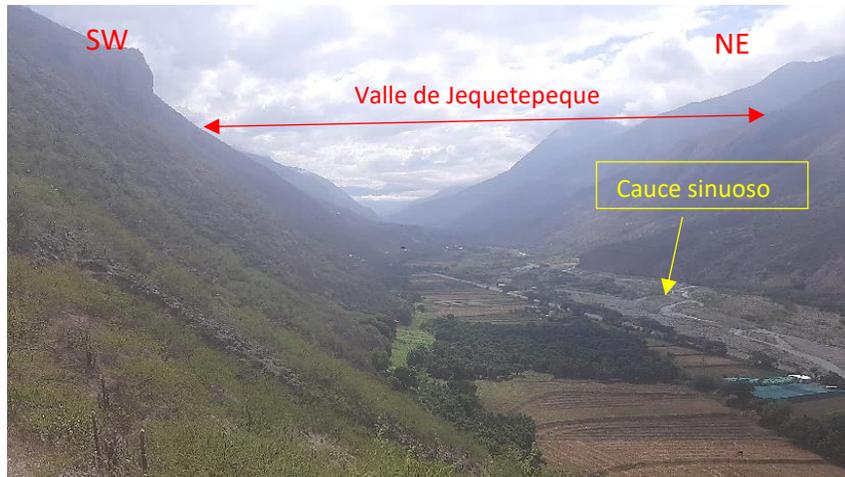


Figura 51. A la derecha se observa cauce sinuoso entre la llanura de inundación

### 3.6.1.1.12. *Cauce Recto (Fcr)*

En tramos rectos del río Jequetepeque se desarrollan cauces rectos, tiene una sinuosidad muy baja en varios tramos. El flujo y el modelo depositacional es similar al canal sinuoso pero de cortas distancias. En el fondo del cauce de todas maneras es sinuoso y los depósitos de sedimentos suprayacentes son cauces rectos; esta situación se atribuye en el encajamiento inicial del río Jequetepeque y posteriormente fue llenándose de sedimentos formando canales rectos dentro de llanura de inundación. Otro factor que se atribuye para formar estos cauces son las lluvias estacionarias y épocas de estiaje. Estos canales pueden cambiar de posición por la inundación y crecimiento transversal o lateral.



Figura 52. *Cauce recto inundado en el río Jequetepeque*



**Figura 53.** *Cauce recto paralelo al río Jequetepeque*

### 3.6.1.2 UNIDADES POR PROCESO KÁRSTICO

#### 3.6.1.2.1 *Loma Residual Kárstico (Krl)*

En algunos sectores del área de estudio se ubican pequeñas elevaciones de rocas calcáreas de la Formación Chúlec en gran parte, conjuntamente con suelo residual producto de la meteorización calcárea presentan una morfología cónica muy corta poco elongada.



**Figura 54.** Vista de loma residual kárstico cerca a la confluencia de los ríos Chantilla, Chetillano y Magdalena.

#### 3.6.1.2.2 *Ladera Estructural Kárstico (Kle)*

Esta geoforma se caracteriza por presentar una pendiente mayor a 35° de pendiente y subyacer rocas calcáreas. En el área de estudio el gran número de estas geoformas se ubican en el flanco NE de los Cerros Mollepata, Chantilla y Chumulata donde afloran rocas calcáreas de la Formación Chúlec, contiguo a la llanura de inundación en el río Jequetepeque, además constituye uno de los flancos del valle.

Tiene una distribución de área elongada de orientación noroeste (NW) a sureste (SE). Esta ladera también está expuesta en ambos márgenes de la quebrada la Viña, Esta ladera está conformado por estratos calcáreos subyacentes del Formación Pariatambo.



Figura 55. Ladera estructural en rocas de la Fm. Pariatambo en la Qda. La Viña  
Fuente. Modificado de Google Earth (2022)

### **3.6.1.2.3 Ladera Erosional Kárstico (Klek)**

Esta geofoma al igual que la ladera estructural kárstico se presenta en sectores donde subyacen rocas calcáreas de las Formaciones Pariatambo y Yumahual, ubicándose al noroeste (NW) del área de estudio. Concierno a áreas de superficie kárstico de pendientes muy inclinadas y extensión moderada a considerablemente largas.



Figura 56. El proceso erosivo se encargó de modelar las superficies de la ladera con depósitos suprayaciendo a la Fm. Pariatambo al SW del C° El Puquio

#### 3.6.1.2.4 Colina Residual Kárstico (Kcr)

Al noroeste (NW) del área de estudio se encuentra esta unidad, se le consideró como colina residual por tener mayor altura que la loma residual kárstica, se encuentra limitado por el río Chetillano sobre secuencias de calizas macizas. Su origen probablemente está relacionado a la acción vinculada de las etapas de denudación e intemperismo asociados a características litológicas de la Formación Yumahual.



Figura 57. Colina residual kárstico suprayaciendo a calizas de la Fm. Yumahual

### 3.6.1.2.5 *Escarpe Estructural Kárstico (Kee)*

Los escarpes característicos de la zona de estudio presentan una pendiente muy pronunciada sobre estratos calcáreos. Este declive es una vertiente de roca de roca expuesta que corta los flancos de los cerros de forma abrupta. En muchos sectores se observa directamente en algunos partes de la vertiente expuestos mayormente cerca al río Jequetepeque.



Figura 58. Escarpe estructural kárstico en la Fm. Chúlec contiguo a la terraza de fluvial

### 3.6.1.2.6 *Loma Estructural Kárstico (Kel)*

Estas superficies elongadas se ubican debajo de los cerros conformado por rocas calcáreas cretácicas, identificándose por cotas muy debajo respecto a los cerros. Litológicamente consisten en calizas meteorizadas y erosionadas que aún conservan caracteres texturales y estructurales de las Formaciones Chúlec, Pariatambo y Yumahual en su gran mayoría.



Figura 59. Loma estructural kárstico de dirección NW-SE ubicado al W del Caserío Huaquillas

### 3.6.1.3 UNIDADES POR PROCESO ESTRUCTURAL

#### 3.6.1.3.1 *Terraza Estructural Colgante (Etec)*

Estas pequeñas plataformas escalonadas de origen estructural generalmente se ubican entre los interfluvios de los cerros y la superficie en forma de grada se debe al rumbo de los estratos. La morfología de esta unidad es el resultado de erosión diferencial estratos planos a semi planos, a su vez es la consecuencia de desprendimientos preferenciales por rebajamiento de estratos blandos de una capa supra e infrayacentes de estratos más duros. Por la intercalación de arcillolitas calcáreas con calizas típicas de la Formación Chúlec se originaron las terrazas estructurales colgantes. Como se puede observar en la primera figura líneas abajo, este emparejamiento de terrazas no siempre están asociados a los valles de los ríos sino a pequeñas quebradas.

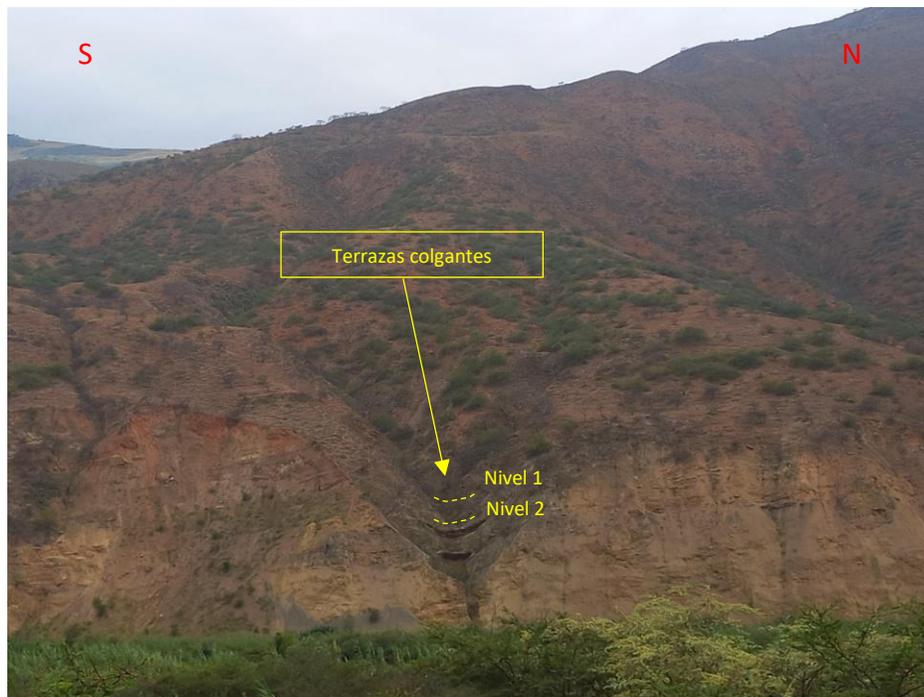


Figura 60. En el margen izquierda aguas abajo del río Jequetepeque se visualiza dos niveles de terrazas colgantes en la Fm. Chúlec



Figura 61. En la Fm. Chúlec contiguo al río Jequetepeque se observa terraza colgante de un nivel

#### **3.6.1.3.2 Vuelco de rocas (Evr)**

Esta geofoma es el resultado del colapso de un fragmento de roca de una columna de roca en una ladera o pared con rotación hacia adelante y pendiente abajo, En algunos sectores con afloramientos de rocas calcáreas de las Formaciones Chúlec, Pariatambo y Yumahual se evidencia que el resultado del tectonismo, los planos de estratificación, diaclasamiento y fracturas de tensiones nuevas bastan para que con una pequeña inclinación sea suficiente para el desprendimiento de la roca dando paso a su desplome.



Figura 62. Vista de bloques desprendidos en el escarpe estructural kárstico de la Fm. Chuléec

### ***3.6.1.3.3 Escarpe Estructural***

En el área de investigación constituyen laderas muy pronunciadas con inclinaciones de mayores a  $60^\circ$  sobre la estructura de las Formaciones calcáreas, en sección transversal se visualiza un desnivel formando cornisas coronando un talud extenso en su mayor parte ubicados en los flancos de los cerros con fuertes pendientes.



Figura 63. Escarpe estructural en rocas de la Fm. Chuléec



Figura 64. Escarpe estructural en la Fm Chuléec, ubicado en el margen derecho aguas arriba en la quebrada La Viña

### 3.6.1.4 UNIDADES POR PROCESO DENUDACIONAL

#### 3.6.1.4.1 Ladera Erosional denudacional (Del)

El contexto general son superficies de terreno con inclinaciones y superficies muy susceptibles a erosión permanente. La disgregación, transporte y depositación del material preexistente por lo general calcáreo suprayacentes a las rocas de las Formaciones Cretácicas y se depositan temporalmente en los cerros, colinas y lomas, constituyendo capas de material granulométricamente heterogéneo.



Figura 65. Ladera erosional denudacional en el C° El Puquio. Se visualiza un espesor considerable del depósito cuaternario en el flanco del cerro.



Figura 66. Ladera denudacional en el C° Chantilla. Se observa un suelo con tonalidades rojizas por erosión de la Fm. Inca

#### 3.6.1.4.2 *Deslizamiento activo*

Estos movimientos en masa ocurren como deformaciones de terreno con movimientos ladera abajo con desplazamiento de masas de roca calcárea. Los movimientos con una cara libre en el sentido de la inclinación de las laderas descendente con la contribución selectiva del agua subterránea en los cerros el Puquio y Chantilla. En el flanco suroeste (SW) del Cerro el Puquio se ubican tres deslizamientos contiguos dentro de la secuencia Volcánica Chilete - Ayambra.



Figura 67. Deslizamiento activo en el flanco SW del C° Chantilla. Vista del deslizamiento rotacional sobre depósitos con relictos de la Fm. Inca



Figura 68. Deslizamiento rotacional al borde de la carretera que conduce del caserío La Viña al caserío Huaquillas



Figura 69. Deslizamiento antiguo utilizado como área de cultivo ubicado cerca al caserío Huaquillas

### 3.6.1.4.3 *Terraza Denudacional (Dtd)*

La terraza denudacional se originó por intemperismo y erosión de rocas carbonatadas preexistentes de la Formación Yumahual. La incorporación de procesos mecánicos y químico con un desgaste masivo conllevó a la reducción de la altura que posteriormente compenso este material transportado en una nueva superficie semiplana con escaso ángulo de pendiente. El único lugar dentro del área con ocurrencia de terraza denudacional identificado, es el flanco Sureste (SE) del cerro Hualabamba.



Figura 70. Terraza denudacional en el flanco SW del C° Hualabamba

### 3.6.1.5 UNIDADES POR PROCESO VOLCÁNICO

#### 3.6.1.5.1 *Terraza Volcánica (Vte)*

En la zona de investigación se localiza solo una terraza volcánica, al igual que las terrazas anteriormente descritas se caracteriza por presentar superficies llanas con escaso buzamiento sobre rocas volcánicas de la secuencia Volcánica Chilete-Ayambla. Esta unidad geomorfológica está ubicada entre los tres deslizamientos del cerro el Puquio.

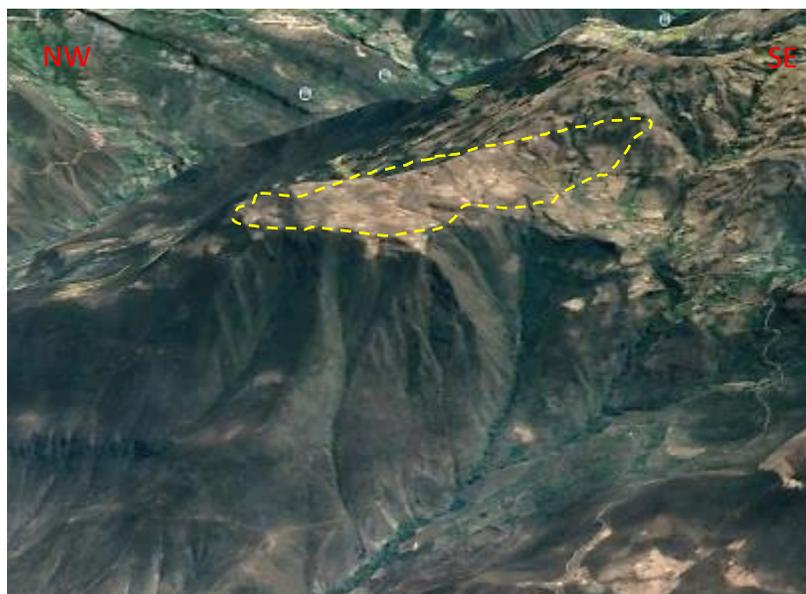


Figura 71. Terraza volcánica asimétrica en rocas volcánicas de la secuencia Volcánica Chilete-Ayambla en el flanco SW del C° El Puquio

Fuente. Google Earth (2022)

### 3.6.1.5.2 Superficie de Aplanamiento Volcánico (Vsa)

Esta geoforma se desarrolló en un área de extensión moderada con una superficie plana - semiplana, es producto del trabajo muy prolongado de la meteorización y erosión sobre las rocas volcánicas de la secuencia volcánica Chilete-Ayambla. Las condiciones tectónicas estables conjuntamente con las condiciones climatológicas en cotas desde 1900m.s.n.m. a 2300m.s.n.m. modelaron esta superficie como último estadio de evolución de depósitos volcánicos en lo alto del cerro el Puquio.



Figura 72. Vista frontal de la superficie de aplanamiento volcánico en el C° El Puquio

### 3.6.1.5.3 Ladera Erosional Volcánico (Vle)

La morfología de esta unidad es similar a ladera erosional denudacional y ladera erosional kárstico, con la diferencia de que los depósitos cuaternarios ubicados en las laderas de los cerros el Puquio y Hualabamba son producto de la desintegración, transporte y depositación de rocas preexistentes de la secuencia volcánica Chilete-Ayambla, Constando de sedimentos volcánicos mezclados con materia orgánica y arcillas.



Figura 73. Ladera erosional volcánico en la secuencia Volcánica Chilete-Ayambla ubicado en el flanco W del C° El Puquio

### 3.6.1.6 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS POR PROCESO ANTRÓPICO

#### 3.6.1.6.1. Explotación minera no metálica

La única unidad geomorfológica por explotación minera de no metálicos se ubica en la llanura de inundación del río Jequetepeque. Los trabajos de explotación se desarrollan en época de estiaje, por tanto las operaciones mineras para la selección granulométrica de estos minerales no metálicos cambian de ubicación permanentemente. Para el propósito de explotación se seleccionan materiales de las terrazas y barras longitudinales ubicadas en la llanura de inundación.



Figura 74. Tamizado o zarandeado de materiales de constricción en la llanura de inundación del río Jequetepeque



Figura 75. Explotación de materiales de construcción en una de las barras longitudinales ubicadas en el margen derecho aguas abajo del río Jequetepeque

### 3.6.1.6.2 Construcción de viviendas (Aav)

En el área de investigación, dos son los sectores con mayor presencia de unidades de construcción - vivienda: el primero está ubicado en la confluencia de los ríos Chantilla y Chetillano en el Caserío de Huaquillas, mientras que el segundo está ubicado en el caserío la Viña en confluencia de la quebrada la Viña con el río Jequetepeque. En algunos tramos contiguos a la vía asphaltada que conduce al cruce Ciudad de Dios se encuentran algunas viviendas asentadas por la disponibilidad de agua.



Figura 76. Construcción de viviendas en el flanco SE del C° El Puquio en el caserío de Huaquillas

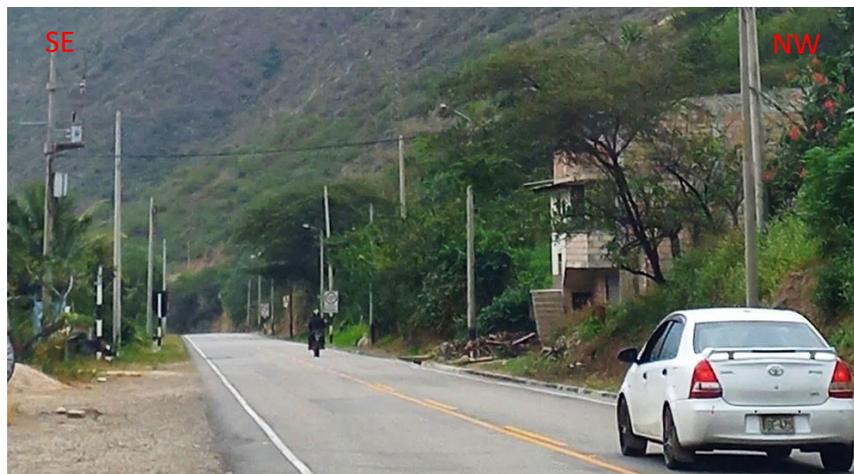


Figura 77. Viviendas a un costado de la carretera que conduce al cruce Ciudad de Dios

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis de resultados, se utilizó el software ArcGIS 10.8 para el diagnóstico de áreas parciales y totales de los componentes geomorfológicos por ambiente morfogenético y plasmar las unidades geomorfológicas identificadas tanto en campo como en gabinete, también el Software AutoCAD 2019 para la realización de las secciones morfométricas, además el proceso estadístico manejado a través del Software Excel Profesional en los cuales se determinó los aspectos relacionados a la geomorfología siendo estos; el análisis morfológico (morfométrico), análisis morfocronológico y el análisis morfogenético.

##### 4.1.1. Análisis Estadístico de los Ambientes Morfogenéticos-Morfodinámicos que Dominan la Zona de Estudio

Se presenta la figura 78 para mostrar los tipos de ambientes morfogenéticos que dominan la zona de estudio, los mismos que refieren a las causas y procesos que dieron inicio al relieve del distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas, dependiendo de los agentes que actuaron sobre la zona en diferentes proporciones e intensidades a través del tiempo geocronológico. Estos ambientes morfogenéticos representan el resultado de los procesos tectodinámicos endógenos que dieron origen a la Formación del relieve de Magdalena, tales como el volcánico y estructural. También se toman en cuenta procesos exógenos ya que dieron origen a las geoformas que modelan la zona por procesos dinámicos (Fluvial, Kárstico, denudacional y antrópico). Asimismo, se analiza dichos ambientes, a nivel de área y porcentaje que dominan y dieron inicio a las geoformas presentes en el área de investigación.

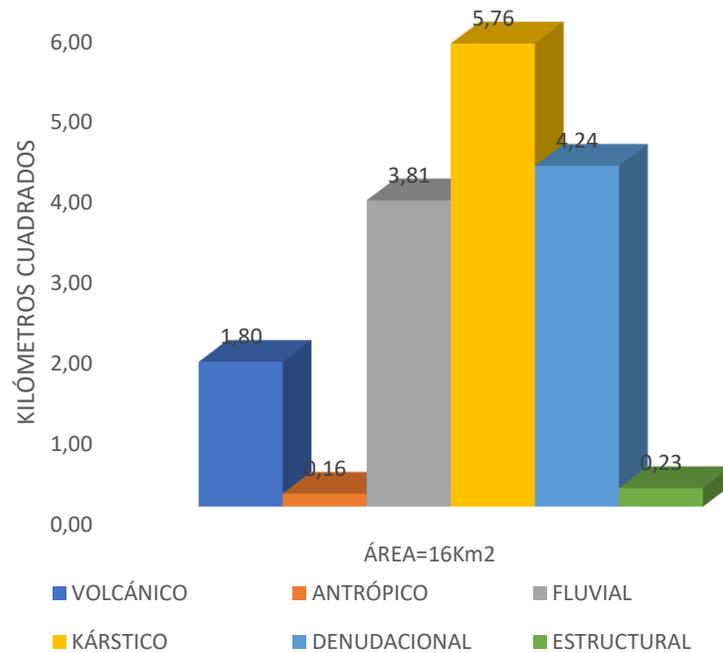


Figura 78. Ambientes Morfogenéticos que dominan la zona

Para el análisis se toma en cuenta la dominancia que ocupan en superficie respecto al total del área de investigación:

- a. **Primer Lugar:** Ambiente Kárstico con un área total de 5.76 Km<sup>2</sup> equivalente al 36% dominante de nuestra zona de estudio. Al ser dominante en nuestra zona de estudio el ambiente kárstico podemos mencionar que la parte de la zona de estudio se ha originado por el arrastre y acumulación de materiales solubles y desintegrados constituidos por carbonatos tal como menciona Roberson y Jaramillo (2013) respecto al ambiente Kárstico.
- b. **Segundo Lugar:** Ambiente Denudacional con un área de 4.24. Km<sup>2</sup> equivalente al 27% de la zona de estudio. Estando determinado por la actividad dominante de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa sobre geoformas preexistentes tal como menciona Carbajal (2004).
- c. **Tercer Lugar:** Ambiente Fluvial con un área de 3.81 Km<sup>2</sup> equivalente al 24% del total del área estudiada. El área proporcional está dominada por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre, asimismo Carbajal (2004), menciona que

los ríos se encargan de transportar sus carga líquida y sólida a lo largo del sistema generando procesos erosivos y de acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos.

- d. **Cuarto Lugar:** Ambiente Volcánico con un área 1.80 Km<sup>2</sup>, equivalente al 11% de la zona. Caracterizada por geoformas construidas a partir de las erupciones magmáticas de carácter lávico y/o explosivo y sus productos, presentándose en todos los tamaños (Roberson y Jaramillo, 2013).
- e. **Quinto Lugar :** Ambiente Estructural con un área de 0.23 Km<sup>2</sup> equivalente al 1% del total , correspondiente a la zona dominada por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos sin geoformas marcadas de otros ambientes (Robertson y Jaramillo, 2013).
- f. **Sexto Lugar:** Ambiente Antrópico, con un área de 0.16 equivalente al 1% final del total en referencia a la zona de Magdalena, Caseríos la Viña y Huaquillas.

Los ambientes morfogenéticos analizados están referidas a las causas y procesos que dieron origen al relieve del distrito de Magdalena caseríos la Viña y Huaquillas en base fundamental a lo que menciona Elorza (2008) haciendo referencia al inicio de los paisajes dependiendo de los agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades durante intervalos de tiempo geocronológico. Los ambientes de nuestra zona de investigación; ambiente kárstico , ambiente denudacional, ambiente fluvial, ambiente volcánico, ambiente estructural y antrópico que dominan la zona en ese orden, representan la configuración del paisaje de la zona de investigación poniendo de manifiesto lo que menciona Carbajal (2004) respecto a la configuración de los grandes paisajes como resultado de los procesos tectodinámico endógenos que los dieron origen tales como el volcanismo, plegamiento y fallamiento. En ese sentido haciendo el análisis sobre el origen del paisaje de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas concordamos a lo que menciona Ayay (2018) en su tesis sobre geomorfología del caserío Hierba Buena en Porcón-Cajamarca, que las geoformas dependen de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempo geológico.

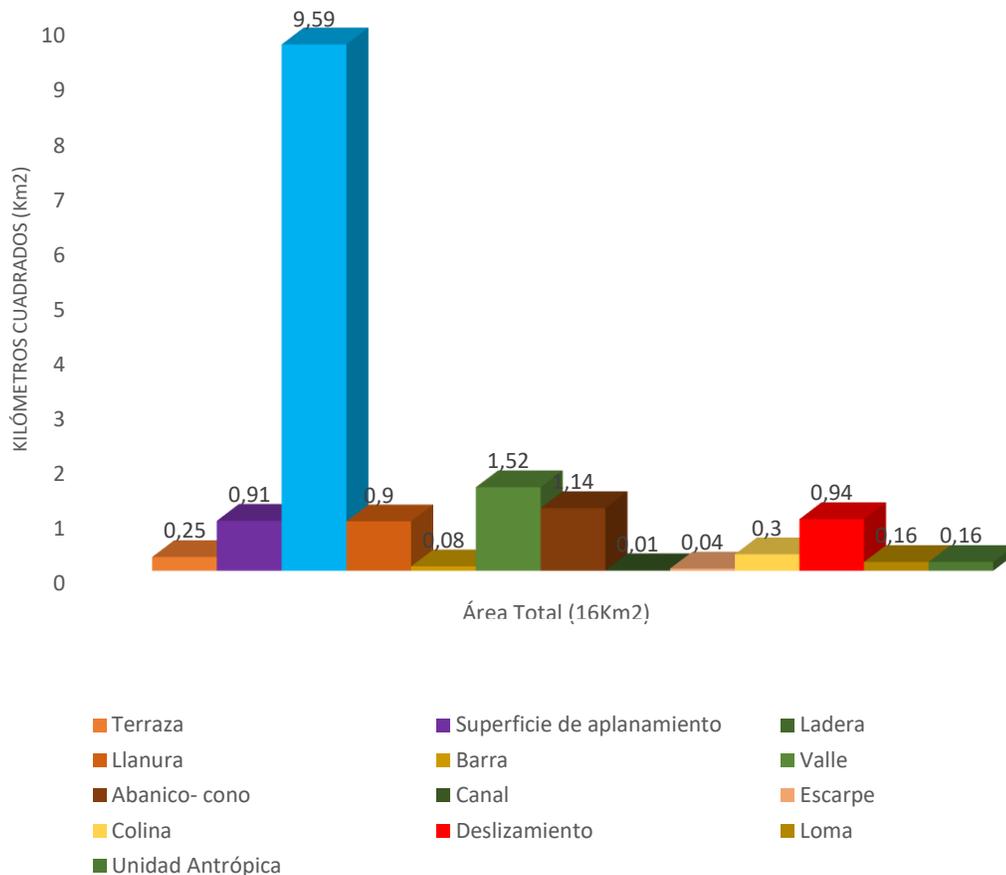


Figura 79. Unidades Geomorfológicas presentes en el relieve del distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas.

A continuación se presenta las 13 unidades geomorfológicas con sus características, área que ocupan en la zona y el porcentaje respecto al total.

**Ladera:** el área total de esta unidad geomorfológica es 9,59 Km<sup>2</sup> representando el 59,9% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas a la ladera erosional (ambiente volcánico), la ladera estructural kárstica (ambiente kárstico), la ladera erosional kárstica (ambiente kárstico), ladera erosional (ambiente denudacional). Siendo dominante la ladera erosional en el ambiente denudacional.

**Valle:** el área total de esta unidad geomorfológica es 1,52 Km<sup>2</sup> representando el 9,5% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas al valle ortoclinal, valle fluvial, valle en V y valle cataclinal todas ellas en el ambiente fluvial.

**Terraza:** el área total de la unidad geomorfológica es 0,25 Km<sup>2</sup> representando un 1,6% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas a la terraza del ambiente volcánico, la terraza de acumulación del ambiente fluvial, terraza denudacional del ambiente denudativo y terraza colgante del ambiente estructural. Siendo la dominante en la zona la terraza de acumulación en el ambiente fluvial.

**Superficie de aplanamiento:** el área total de esta unidad geomorfológica es 0,91 Km<sup>2</sup> representando el 5,7% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas a la superficie de aplanamiento propiamente dicho en el ambiente volcánico.

**Llanura:** el área total de esta unidad geomorfológica es 0,9 Km<sup>2</sup> representando el 5,6% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas a la llanura de inundación propiamente dicho en el ambiente fluvial.

**Barra:** el área total de esta unidad geomorfológica es 0,08 Km<sup>2</sup> representando el 0,5% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas a las barras longitudinales propiamente dichas en el ambiente fluvial.

**Abanico-cono:** el área total de esta unidad geomorfológica es 1,14 Km<sup>2</sup> representando el 7,1 % del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas al abanico aluvial y el cono de deyección en el ambiente fluvial.

**Canal:** el área total de esta unidad geomorfológica es 0,01 Km<sup>2</sup> representando el 0,1% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas al canal sinuoso propiamente dicho en el ambiente fluvial.

**Escarpe:** el área total de esta unidad geomorfológica es 0,04 Km<sup>2</sup> representando el 0,3% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas al escarpe estructural en el ambiente kárstico.

**Colina:** el área total de esta unidad geomorfológica es 0,3 Km<sup>2</sup> representando el 1,9% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas a la colina residual en el ambiente kárstico.

**Deslizamiento:** el área total de esta unidad geomorfológica es 0,94 Km<sup>2</sup> representando el 5,9% del área total de la zona, además de ello teniendo como componentes (subunidades) geomorfológicas al deslizamiento activo del ambiente denudacional y al vuelco de rocas en el ambiente estructural.

**Loma:** el área total de esta unidad geomorfológica es 0,16 Km<sup>2</sup> representando el 1,0% del área total de la zona, además de ello teniendo como componente (subunidad) geomorfológica a la loma estructural en el ambiente estructural.

**Unidad antrópica:** el área total de esta unidad es 0,16 Km<sup>2</sup> representando el 1,0% del área total de la zona, además de ello teniendo como componente (subunidad) a lo antrópico vivienda propiamente dicho en el ambiente antrópico.

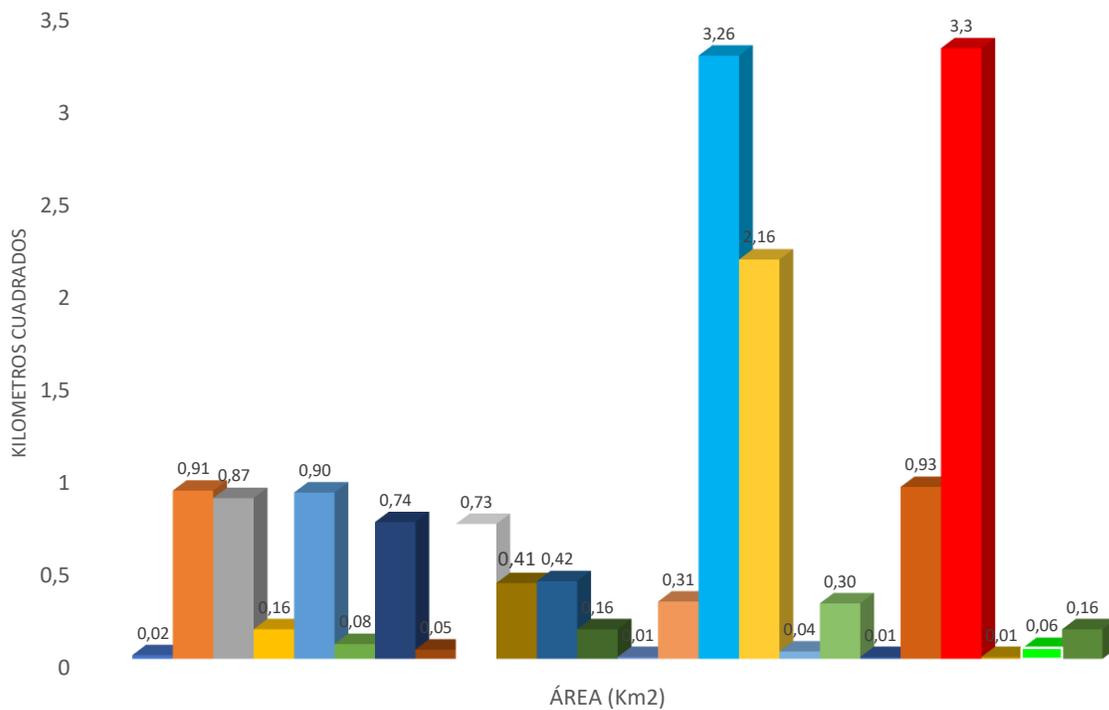


Figura 80. Componentes geomorfológicos encontrados en el distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas.

Aquí se presentan los veinticuatro (24) componentes geomorfológicos que se han encontrado en el área de investigación. Realizamos el análisis estadístico para cada uno de ellas por Ambiente Morfogénético en referencia al área y porcentaje respecto al total de la superficie de investigación ( 16 Km<sup>2</sup>):

**a. Ambiente Kárstico**

- ✓ Ladera estructural Kárstico (Kle) : En la zona de investigación tiene 3,26 Km<sup>2</sup> de área, representando el 20,4% del total. Cabe resaltar que es el componente geomorfológico con mayor extensión en los caseríos la Viña y Huaquillas.
- ✓ Ladera erosional kárstico (Klek) : presenta 2,16 Km<sup>2</sup> de área, siendo un 13,5% en referencia al total de componentes en sus diferentes ambientes morfogenéticos.
- ✓ Escarpe estructural (Kee): tiene 0,04 Km<sup>2</sup> de área, asignándole en 0,3% del total.
- ✓ Colina Residual (Kcr) : su área es de 0,30 Km<sup>2</sup> representado por el 1,9% de la zona en sus diferentes ambientes morfogenéticos.

#### **b. Ambiente denudacional**

- ✓ Ladera Erosional (Del) : presenta 3,3 Km<sup>2</sup> de área y porcentaje de 20,6% respecto al total de área zonal (16 Km<sup>2</sup>).
- ✓ Deslizamiento Activo(Ddl) : En la zona hay 0,93 Km<sup>2</sup> de área , siendo esta un 5,8% del total.
- ✓ Terraza denudacional (Dtd) : componente de genética denudacional que presenta 0,01 Km<sup>2</sup> de área y estando referida al 0,1%.

#### **c. Ambiente fluvial**

- ✓ Llanura de inundación (Fll) ;en el lugar de investigación hay 0,90 Km<sup>2</sup> de área, siendo en porcentaje 5,6%.
- ✓ Barras longitudinales (Fvl) : tiene un área de 0,08 Km<sup>2</sup> y en porcentaje sería 0,5% del total.
- ✓ Valle ortoclinal (Fvo) : hay 0,74 Km<sup>2</sup> de área en la zona, siendo el 4,6% del total
- ✓ Valle fluvial (Fvf): en la zona presenta 0,05 Km<sup>2</sup> de área, siendo el 0,3%
- ✓ Abanico Aluvial (Faa): determinada por una superficie de 0,73 Km<sup>2</sup>, además del 4,6% del total.
- ✓ Cono de deyección (Fcc): la superficie es de 0,41 Km<sup>2</sup> determinando un 2,6%.
- ✓ Valle en V (Fvv) : la superficie en la zona es de 0,42 Km<sup>2</sup> , siendo un 2,6%.
- ✓ Terraza de acumulación (Fta) : tiene un área zonal de 0,16 Km<sup>2</sup> de área está representada 1% de la zona investigada.
- ✓ Canal sinuoso (Fcs) : Su superficie es de 0,01 Km<sup>2</sup> y es el 0,1% del área total.
- ✓ Valle cataclinal (Fvc): en el lugar de estudio se encontró 0,31 Km<sup>2</sup> de área, siendo esta el 1,9% de la población de estudio.

#### **d. Ambiente volcánico**

- ✓ Terraza (Vte) : tiene una superficie de 0,02 Km<sup>2</sup> y en porcentaje de 0,1%.
- ✓ Superficie de aplanamiento (Vsa) : cuenta con 0,91 Km<sup>2</sup> de área , siendo un 5,7% .
- ✓ Ladera erosional (Vle) : la superficie es de 0,87 Km<sup>2</sup> área , siendo el 5,4%.

**e. Ambiente estructural**

- ✓ Vuelco de roca (Evr) : el área de esta geoforma es de 0,01 Km<sup>2</sup> además de ser el 0,1% de la zona.
- ✓ Terraza colgante (Etec) : el área es de 0,06 Km<sup>2</sup> , además de ser el 0,4% de la zona.
- ✓ Loma estructural (Ele) : el área es 0,16 Km<sup>2</sup> y tiene 1,0% del total.

**f. Ambiente antrópico**

- ✓ Antrópico vivienda (Aav) : en la zona tiene un área de 0,16 Km<sup>2</sup> , además de ser 1,0% del total de la superficie del lugar de investigación.

De los veinticuatro (24) componentes geomorfológicos que dominan el área de estudio el más representativo es la ladera Erosional (Del) del ambiente denudacional, determinando en la zona la disgregación, transporte y depositación del material preexistente suprayacentes a las rocas de las Formaciones cretácicas de la zona. Luego en segundo lugar la ladera estructural kárstica (Kle) del ambiente morfogenético Kárstico identificados en el flanco noreste (NE) de los cerros de Mollepata, Chantilla y Chumulata donde afloran rocas calcáreas de la Formación Chúlec, también expuesta en ambas márgenes de la quebrada la Viña conformada por estratos calcáneos subyacentes de la Formación Pariatambo.

Por otro lado las zonas más pequeñas son el canal sinuoso(Fcs) del ambiente morfogenético fluvial donde el río Jequetepeque en su mayor parte desarrolla por mecanismo natural de reducción de pendiente, la terraza denudacional (Dtd) del ambiente morfogenético denudacional que se originó por intemperismo y erosión de rocas carbonatadas preexistentes de la Formación Yumahual y el vuelco de rocas (Evr) del ambiente morfogenético estructural en algunos sectores con afloramientos de rocas calcáreas de las Formaciones Chúlec, Pariatambo y Yumahual resultado del tectonismo,, fracturación y la inclinación dando paso a su desplome.

## **4.1.2. Análisis de la Morfometría**

### **4.1.2.1. Contraste del relieve**

El relieve relativo presenta la diferencia de altitud de la geoforma, independientemente de su altura absoluta o nivel del mar. Ella se mide por la diferencia de alturas entre la parte más baja y alta, llámese colina, montaña, meseta, terraza. Para su aplicación a la Ingeniería Geológica, se definieron las siguientes categorías; de muy bajo, moderadamente alto, alto y extremadamente alto. Este atributo da una idea cualitativa general de los materiales constitutivos de la geoforma, a la vez que es un indicador de la energía potencial de un sistema de drenaje (Carvajal, 2011).

Tomando en cuenta que en nuestra zona estudiada las alturas varían desde los 962 a 2200 m.s.n.m, se tuvo en cuenta la topografía, el plano de elevaciones, imágenes satelitales y las salidas al campo (6 salidas), para así determinar las características geomorfológicas de la zona investigada. Los procesos exógenos resaltan en nuestra zona tal como el abanico aluvial (Faa) que están perpendiculares al río Jequetepeque, en el flanco noreste del cerro Mollepata y el cerro Amillas, el cono de deyección (Fcc) en el flanco frente al caserío la Viña, la ladera denudacional (Del) en los cerros el Puquio y Chantilla, deslizamientos (Ddl) en el flanco suroeste del cerro Chantilla, además de terrazas denudacionales (Dtd) en el flanco suroeste del cerro Hualabamba, todas ellas erosionados por el agua produciendo cambios en las estructuras de las rocas preexistentes.

existen zonas de baja pendiente que pueden utilizarse para actividades agrícolas, esto quiere decir que la superficie es plana y el material muy blando, también pueden ser la superficie es inclinada y el material blando.

Los veinticuatro (24) componentes geomorfológicos se han clasificado tomando en consideración la pendiente del terreno, altura relativa, cuyos parámetros en base a áreas y porcentaje se están presentado en las tablas estadísticas.

Por otro lado, se ha tenido en cuenta criterios morfométricos relacionados con la altura de las diferentes geoformas y la pendiente del paisaje de Magdalena; permitiéndonos obtener categorías geomorfológicas debidamente jerarquizadas (Ver cortes morfométricos), asimismo se delimitaron los componentes geomorfológicos que forman parte de los 13 tipos de paisaje dominante (Unidades Geomorfológicas).

Respecto a la leyenda se ha tomado en cuenta la respectiva base de datos; es decir las geoformas del relieve, la geología, la pendiente; muy acorde con las unidades y componentes presentes en el territorio y a cada una de ellas se les asigno una abreviatura.

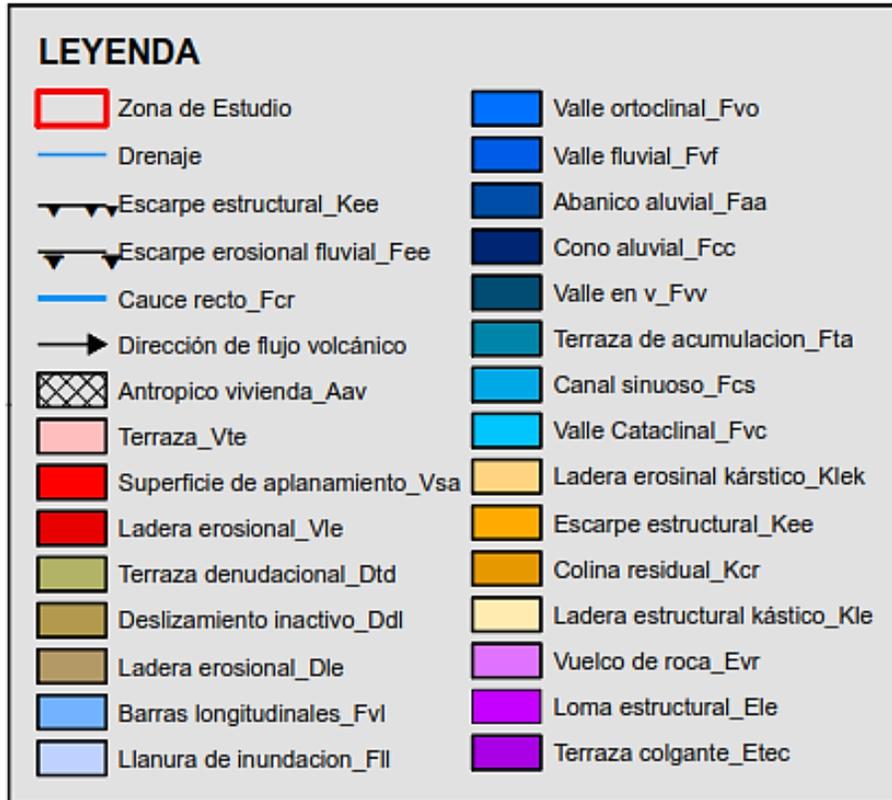


Figura 81. Descripción de los componentes plasmados en el plano Geomorfológico del distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas

La descripción se realizó tomando como criterio, considerar la forma específica de la del paisaje y la pendiente de cada una de ellas, parámetro morfométrico que permitió diferenciar una de otras y clasificarlas con mayor detalle. Sin embargo se detalla otros aspectos que caracterizan a cada geoforma, como el origen, la dinámica , la litología de las Formaciones Geológicas y los procesos. La descripción que realizamos va de la mano con la que realiza la memoria descriptiva del plano geomorfológico del departamento de Cajamarca.

#### 4.1.2.2. Pendiente de la superficie

Las pendientes de las unidades geomorfológicas del distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas se realizó mediante el software ArcGIS 10.8, procesándose la imagen aster y obteniéndose las pendientes que van desde menores a 5° (Plana, suave a inclinada) hasta mayores a 45°(muy escarpada) siguiendo la descripción de Carbajal (2012) como se muestra en la tabla (ver anexos).

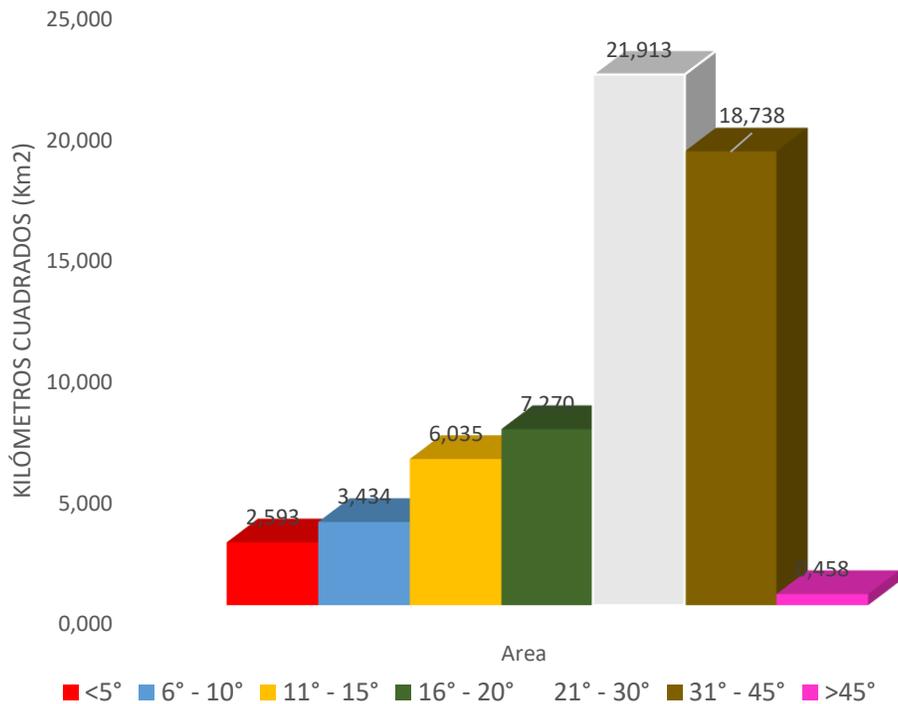


Figura 82. Inclinación de la superficie por área en la zona de estudio

La selección de los intervalos se realizó teniendo en cuenta la distribución espacial de las pendientes que mejor representen las formas del relieve de acuerdo con la escala de los planos definidos tal como nos menciona Carbajal (2012). Así tenemos lo obtenido en nuestra zona de investigación:

- ✓ Pendiente menor a 5° presenta un área total de 2,59 Km<sup>2</sup>, esto quiere decir que la superficie es plana y el material muy blando.
- ✓ Pendiente entre 6°-10°, la superficie es inclinada y el material blando, albergando un área de 3,43 Km<sup>2</sup>
- ✓ Pendiente entre 11°-15°, muy inclinada, el material es moderadamente blando, tiene un área de 6,03 Km<sup>2</sup>.
- ✓ Pendiente de 16°-20°, es abrupta, material moderadamente resistente y tiene un área zonal de 7,27 Km<sup>2</sup>.
- ✓ Pendiente de 21°-30°, es muy abrupta, material resistente y tiene un área de 21,91 Km<sup>2</sup>.
- ✓ Pendiente de 31°-45°, es muy escarpada, material muy resistente y tiene un área de 18,74 Km<sup>2</sup>.
- ✓ Pendiente mayor a 45°, es muy escarpada, material extremadamente resistente y alberga un área de 0,46 Km<sup>2</sup> en el área de estudio.

#### **4.1.3.3. Formas de la superficie**

##### **Corte morfométrico A-A´**

El corte morfométrico A-A´ está ubicado al noroeste (NO) del área de estudio, el mismo que modela las partes altas del caserío Huaquillas. A continuación, se detallan los caracteres morfométricos obtenidas mediante segmentos continuos.



## **Análisis de resultados del corte morfométrico AA´**

se procedió a analizar los siguientes aspectos:

### **Variación de la inclinación:**

- ✓ 05 variaciones de la inclinación opuestas (O), indicando los puntos más altos y bajos de las geoformas; de las cuales 01 es opuesto negativo (O-), indicando que la erosión ha sido en menor proporción y 04 son opuestos positivos (O+), indicando que la acción de la erosión ha sido de mayor incidencia y en mayor proporción.
- ✓ 00 variación de la inclinación Directa (D), indica que se tiene un cambio negativo en ambos extremos.
- ✓ 08 variaciones de la inclinación Directa Descendente (DD), indica el cambio en el sentido de la inclinación negativamente cuesta arriba, respecto al segmento adyacente anterior.
- ✓ 18 variaciones de la inclinación Directa Ascendente (DA), indica el cambio en el sentido de la inclinación positivamente cuesta arriba, respecto al segmento adyacente anterior.
- ✓ 03 variaciones de la inclinación Inversa Ascendente (IA), indica el cambio en el sentido de la inclinación positivamente cuesta abajo, respecto al segmento adyacente anterior.

**Segmentos (tipo).** Se evidencia 43 segmentos, comprendidas entre dos cambios o rupturas; de los cuales:

- ✓ 02 son segmentos Rectilíneos (R), indicando que a lo largo de la inclinación de la pendiente no ha sufrido cambios considerables producto de la erosión.
- ✓ 01 segmento Horizontal (H), indicando que parte de la geoforma ha sufrido una erosión homogénea.
- ✓ 22 segmentos Cóncavos (CV) presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura.
- ✓ 18 segmentos Convexos (CX) presentes en aquellas porciones de terreno que tienen una pendiente progresivamente descendente con la altura.

**Variación de la pendiente.** Se ha marcado de coloración ámbar:

- ✓ 02 Continua o nula, porque se mantiene constante el valor que presenta la pendiente a lo largo del segmento.

- ✓ 40 Progresivas, porque a lo largo de un segmento o entre dos segmentos no se pueden establecer puntos de inflexión.
- ✓ 31 Cambios, porque el punto de inflexión entre dos segmentos es suave.
- ✓ 11 Rupturas, porque si existe un punto de inflexión neto.

**Cambio de sentido.** Se tiene 01 cambio de sentido en la inclinación [-C+], los mismos que están relacionados directamente con los dos flancos del valle donde la erosión ha sido homogénea:

**Puntos neutros.** Presenta 04 puntos neutros de los cuales:

- ✓ 01 punto neutro como Cima (NC), indicando que son los puntos más altos de las geoformas a lo largo del corte morfométrico; debido a que la acción de los agentes externos ha sido en menor proporción que en los puntos neutros como Sima.
- ✓ 03 puntos neutros como Sima (NS), indicando que son los puntos más bajos de las geoformas a lo largo del corte morfométrico; debido a que la acción de los agentes externos ha sido en mayor proporción que en los puntos neutros como Cima.

**Tipología del segmento.** Se tiene lo siguiente:

- ✓ Tránsito (T), 40 segmentos en los que no se produce cambio en el sentido de la inclinación, indicando que la acción de la erosión ha sido heterogénea a lo largo de los segmentos que contornea a las geoformas.
- ✓ Fondo (E), 03 segmentos en los que el cambio en el sentido de inclinación está caracterizado por rupturas de signo positivo en ambos extremos del segmento, indicando que la erosión ha sido homogénea a lo largo del segmento horizontal.

## **CORTE MORFOMÉTRICO B-B´**

El corte morfométrico B-B´ se desarrolló en el flanco NE del Cerro Chantilla y flanco W del cerro El Puquio. A continuación, se detallan los caracteres morfométricos obtenidas mediante segmentos continuos.



## **Análisis de resultados del corte morfométrico B-B´**

Para el análisis del perfil B-B´ se manifiesta el siguiente análisis:

### **Variación de la inclinación:**

- ✓ 03 variaciones de la inclinación opuestas (O), indicando los puntos más altos y bajos de las geoformas; de los cuales 01 es opuesto negativo (O-), indicando que la erosión ha sido en menor proporción y 02 son opuestos positivos (O+), indicando que la acción de la erosión ha sido de mayor incidencia y en mayor proporción.
- ✓ 02 variación de la inclinación Directa (D), indica que se tiene un cambio negativo en ambos extremos.
- ✓ 06 variaciones de la inclinación Directa Descendente (DD), indica el cambio en el sentido de la inclinación negativamente cuesta arriba, respecto al segmento adyacente anterior.
- ✓ 14 variaciones de la inclinación Directa Ascendente (DA), indica el cambio en el sentido de la inclinación positivamente cuesta arriba, respecto al segmento adyacente anterior.
- ✓ 04 variaciones de la inclinación Inversa Ascendente (IA), indica el cambio en el sentido de la inclinación positivamente cuesta abajo, respecto al segmento adyacente anterior.

**Segmentos (tipo).** Se evidencia 46 segmentos, comprendidas entre dos cambios o rupturas; de los cuales:

- ✓ 07 son segmentos Rectilíneos (R), indicando que a lo largo de la inclinación de la pendiente no ha sufrido cambios considerables producto de la erosión.
- ✓ 02 segmento Horizontal (H), indicando que parte de la geoforma ha sufrido una erosión homogénea.
- ✓ 21 segmentos Cóncavos (CV) presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura.
- ✓ 16 segmentos Convexos (CX) presentes en aquellas porciones de terreno que tienen una pendiente progresivamente descendente con la altura.

**Variación de la pendiente.** Se ha marcado de coloración ámbar:

- ✓ 10 Continua o nula, porque se mantiene constante el valor que presenta la pendiente a lo largo del segmento.

- ✓ 35 Progresivas, porque a lo largo de un segmento o entre dos segmentos no se pueden establecer puntos de inflexión.
- ✓ 31 Cambios, porque el punto de inflexión entre dos segmentos es suave.
- ✓ 15 Rupturas, porque si existe un punto de inflexión neto.

**Cambio de sentido:**

Se tiene 02 cambio de sentido en la inclinación [-C+], los mismos que están relacionados directamente con los dos flancos del valle del río Jequetepeque donde la erosión ha sido relativamente homogéneo.

**Puntos neutros.** Presenta 05 puntos neutros de los cuales:

- ✓ 02 punto neutro como Cima (NC), indicando que son los puntos más altos de las geoformas a lo largo del corte morfométrico; debido a que la acción de los agentes externos ha sido en menor proporción que en los puntos neutros como Sima.
- ✓ 03 puntos neutros como Sima (NS), indicando que son los puntos más bajos de las geoformas a lo largo del corte morfométrico; debido a que la acción de los agentes externos ha sido en mayor proporción que en los puntos neutros como Cima.

**Tipología del segmento.** Se tiene lo siguiente:

- ✓ Tránsito (T), 43 segmentos en los que no se produce cambio en el sentido de la inclinación, indicando que la acción de la erosión ha sido heterogénea a lo largo de los segmentos que contornea a las geoformas.
- ✓ Fondo (E), 03 segmentos en los que el cambio en el sentido de inclinación está caracterizado por rupturas de signo positivo en ambos extremos del segmento, indicando que la erosión ha sido homogénea a lo largo del segmento horizontal.

**CORTE MORFOMÉTRICO C-C´**

El corte morfométrico C-C´ está ubicado entre los cerros Chantilla y El Puquio, ubicándose al medio el río Jequetepeque. A continuación, se detallan los caracteres morfométricos obtenidas mediante segmentos continuos.

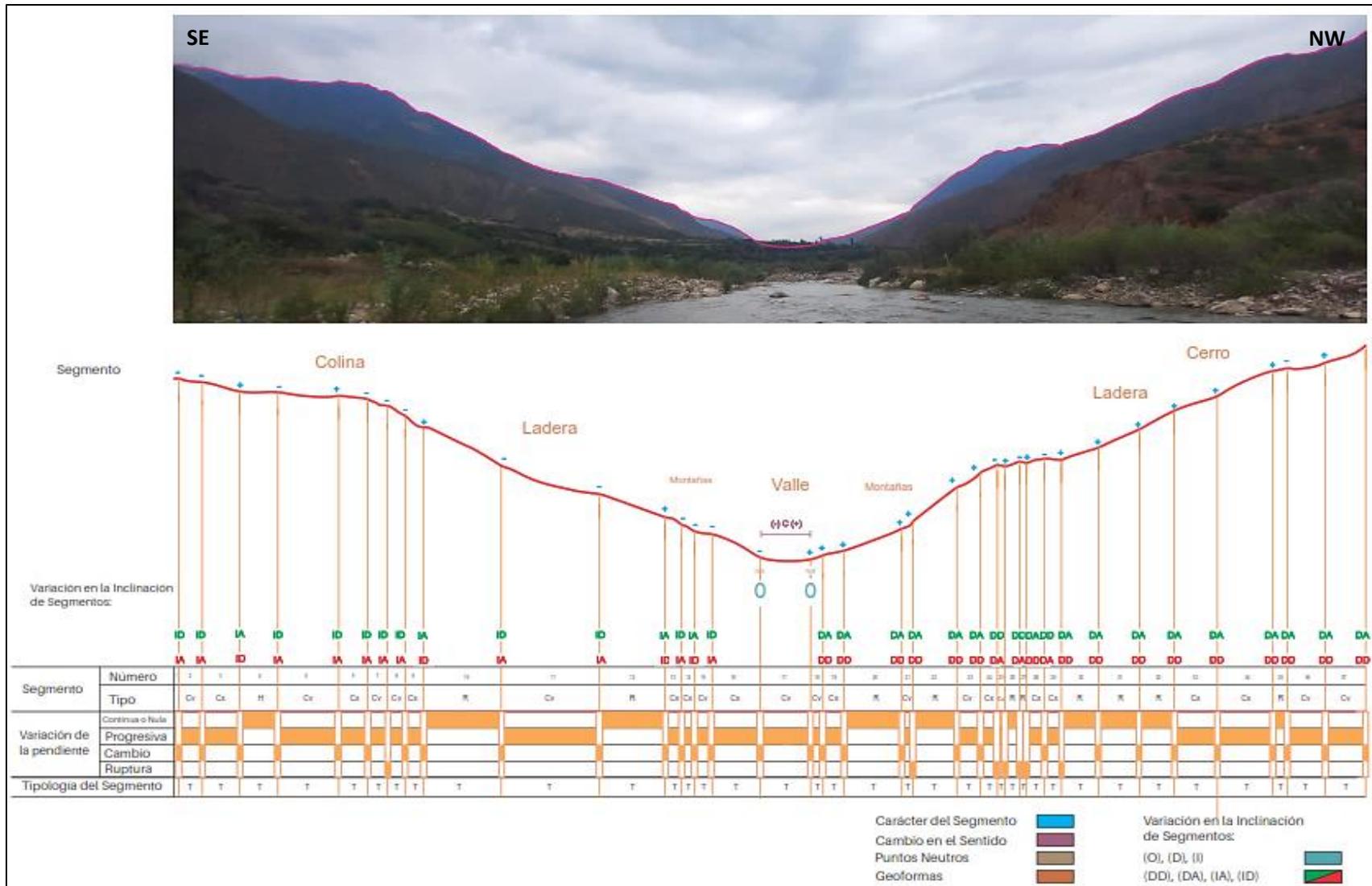


Figura 85. Corte morfométrico C-C'.

## **Análisis de resultados del corte morfométrico C-C'**

Para el análisis se seguirá el siguiente procedimiento:

### **Variación de la inclinación:**

- ✓ 02 variaciones de la inclinación opuestas (O), indicando los puntos más bajos de las geoformas; de las cuales los dos son opuestos positivos (O+), indicando que la acción de la erosión ha sido de mayor incidencia y en mayor proporción.
- ✓ 03 variaciones de la inclinación Directa Descendente (DD), indica el cambio en el sentido de la inclinación negativamente cuesta arriba, respecto al segmento adyacente anterior.
- ✓ 16 variaciones de la inclinación Directa Ascendente (DA), indica el cambio en el sentido de la inclinación positivamente cuesta arriba, respecto al segmento adyacente anterior.
- ✓ 04 variaciones de la inclinación Inversa Ascendente (IA), indica el cambio en el sentido de la inclinación positivamente cuesta abajo, respecto al segmento adyacente anterior.

**Segmentos (tipo).** Se evidencia 37 segmentos, comprendidas entre dos cambios o rupturas; de los cuales:

- ✓ 10 son segmentos Rectilíneos (R), indicando que a lo largo de la inclinación de la pendiente no ha sufrido cambios considerables producto de la erosión.
- ✓ 01 segmento Horizontal (H), indicando que parte de la geoforma ha sufrido una erosión homogénea.
- ✓ 13 segmentos Cóncavos (CV) presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura.
- ✓ 13 segmentos Convexos (CX) presentes en aquellas porciones de terreno que tienen una pendiente progresivamente descendente con la altura.

**Variación de la pendiente.** Se ha marcado de coloración ámbar:

- ✓ 10 Continua o nula, porque se mantiene constante el valor que presenta la pendiente a lo largo del segmento.
- ✓ 24 Progresivas, porque a lo largo de un segmento o entre dos segmentos no se pueden establecer puntos de inflexión.
- ✓ 30 Cambios, porque el punto de inflexión entre dos segmentos es suave.

✓ 07 Rupturas, porque si existe un punto de inflexión neto.

**Cambio de sentido:**

Se tiene 01 cambio de sentido en la inclinación [-C+], los mismos que están relacionados directamente con los dos flancos del valle donde la erosión ha sido homogénea.

**Puntos neutros:**

Presenta 02 puntos neutros de los cuales:

02 puntos neutros como Sima (NS), indicando que son los puntos más bajos de las geoformas a lo largo del corte morfométrico; debido a que la acción de los agentes externos ha sido en mayor proporción que en los puntos neutros como Cima.

**Tipología del segmento:**

Se tiene lo siguiente:

Tránsito (T), 37 segmentos en los que no se produce cambio en el sentido de la inclinación, indicando que la acción de la erosión ha sido heterogénea a lo largo de los segmentos que contornea a las geoformas.

**CORTE MORFOMÉTRICO D-D'**

Corte Morfométrico ubicado entre el cerro Grande y el Cerro Chantilla, por la parte media surca el río Chantilla, frente al caserío Huaquillas. A continuación se describirá la forma de la superficie de las diferentes geoformas obtenidas mediante segmentos continuos.



## **Análisis de resultados del corte morfométrico D-D'**

se procederá a analizar los siguientes aspectos:

### ***Variación de la inclinación***

En el corte morfométrico se presenta:

- ✓ 03 variaciones de la inclinación opuestas (O), indicando los puntos más altos y bajos de las geoformas; de las cuales 01 son opuestos negativos (O-), indicando que la erosión ha sido en menor proporción y 02 son opuestos positivos (O+), indicando que la acción de la erosión ha sido en mayor proporción.
- ✓ 02 variaciones de la inclinación Directa (D), indica que se tiene un cambio positivo en ambos extremos.
- ✓ 02 Variaciones de la inclinación Indirecta (I), indica que se tiene una porción de la geoforma inclinada que luego cambia a una inclinación negativamente para dar lugar a una porción de la geoforma horizontal.
- ✓ 06 variaciones de la inclinación Directa Descendente (DD), indica el cambio en el sentido de la inclinación negativamente cuesta arriba, respecto al segmento adyacente anterior.
- ✓ 12 variaciones de la inclinación Directa Ascendente (DA), indica el cambio en el sentido de la inclinación positivamente cuesta arriba, respecto al segmento adyacente anterior.
- ✓ 03 variaciones de la inclinación Inversa Ascendente (IA), indica el cambio en el sentido de la inclinación positivamente cuesta abajo, respecto al segmento adyacente anterior.

### ***Segmentos (tipo)***

Se evidencia 40 segmentos, comprendidas entre los cambios o rupturas; de los cuales:

- ✓ 05 son segmentos Rectilíneos (R), indicando que a lo largo de la inclinación de la pendiente no ha sufrido cambios considerables producto de la erosión.
- ✓ 02 son segmentos Horizontales (H), indicando que parte de la geoforma ha sufrido una erosión homogénea.
- ✓ 14 Cóncavos (CV) presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura.

- ✓ 19 Convexos (CX) presentes en aquellas porciones de terreno que tienen una pendiente progresivamente descendente con la altura.

### ***Variación de la pendiente***

Se ha marcado de coloración ámbar:

- ✓ 07 Continua o nula, porque se mantiene constante el valor que presenta la pendiente a lo largo del segmento.
- ✓ 33 Progresivas, porque a lo largo de un segmento o entre dos segmentos no se pueden establecer puntos de inflexión.
- ✓ 30 Cambios, porque el punto de inflexión entre dos segmentos es suave.
- ✓ 09 Rupturas, porque si existe un punto de inflexión neto.

### ***Cambio de sentido.***

Se tiene 03 cambios en la inclinación [-C+], los mismos que están relacionados directamente con los 02 segmentos horizontales y 01 superficie cóncava, donde la erosión ha sido homogéneo.

### ***Puntos neutros***

Presenta 08 puntos neutros de los cuales:

- ✓ 01 puntos neutros como Cima (NC), indicando que son los puntos más altos de las geoformas a lo largo del corte morfométrico; debido a que la acción de los agentes externos ha sido en menor proporción que en los puntos neutros como Sima.
- ✓ 02 puntos neutros como Sima (NS), indicando que son los puntos más bajos de las geoformas a lo largo del corte morfométrico; debido a que la acción de los agentes externos ha sido en mayor proporción que en los puntos neutros como Cima.

### ***Tipología del segmento***

Se tiene lo siguiente:

- ✓ Tránsito (T), 32 segmentos en los que no se produce cambio en el sentido de la inclinación, indicando que la acción de la erosión ha sido heterogénea a lo largo de los segmentos que contornea a las geoformas.

- ✓ Fondo (E), 06 segmentos en los que el cambio en el sentido de inclinación está caracterizado por rupturas de signo positivo en ambos extremos del segmento, indicando que la erosión ha sido homogénea a lo largo del segmento horizontal.

#### **4.1.3. Jerarquización para cartografiado Geomorfológico**

Basándonos en lo que establece Carbajal (2004) a través de un esquema de jerarquización geomorfológica en el que relaciona el tipo de roca, la correspondiente topografía del terreno y a los procesos dinámicos activos. Para jerarquizar nuestra zona se ha tomado en cuenta factores netamente incluyentes en la descripción del trabajo realizado tal como el ambiente morfoestructural, la unidad geomorfológica y componentes del mismo , además de mencionar la abreviatura representativa, la litología, las alturas, pendientes, áreas de la geoforma y porcentaje total llegando al cartografiado geomorfológico ( Plano 7) . A continuación se presenta la siguiente tabla donde plasmo todos los aspectos mencionados

Tabla 16. Jerarquización, tomando el tipo de ambiente, unidades, componentes y sus características

TIPO DE AMBIENTE	Unidades	Componentes	Abreviatura	Litología	Alturas (m.s.n.m)	Pendientes	Áreas (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
AMBIENTE KÁRSTICO	Ladera	Ladera estructural kárstico (Kle)	Kle	Ks-yu	1000-1300	16°-20°	3,26	20,4
	Ladera	Ladera Erosional Kárstico (Klek)	Klek	Ks-yu	1300-1700	11°-15°	2,16	13,5
	Escarpe	Escarpe estructural (Kee)	Kee	Ks-yu	1000-1300	31°-45°	0,04	0,3
	Colina	Colina residual (Kcr)	Kcr	Ks-yu	1100-1200	6°-10°	0,30	1,9
AMBIENTE DENUDACIONAL	Terraza	Terraza denudacional (Dtd)	Dtd	Qal	1200-1300	0°-5°	0,01	0,1
	Deslizamiento	Deslizamiento Activo (Ddl)	Ddl	Qal	1500-1600	21°-30°	0,93	5,8
	Ladera	Ladera Erosional (Del)	Del	Qal	1200-1500	16-20°	3,3	20,6
AMBIENTE FLUVIAL	Llanura	Llanura de inundación (Fll)	Fll	Qfl	962-1000	0°-5°	0,90	5,6
	Barra	Barras longitudinales(Fvl)	Fvl	Qfl	962-1000	0°-5°	0,08	0,5
	Valle	Valle Ortoclinal (Fvo)	Fvo	Qfl	962-1000	0°-5°	0,74	4,6
	Valle	Valle Fluvial (Fvf)	Fvf	Qfl	962-1000	0°-5°	0,05	0,3
	Abanico	Abanico Aluvial (Faa)	Faa	Qfl - Qal	962-1000	11°-15°	0,73	4,6
	Abanico	Cono de deyección (Fcc)	Fcc	Qfl-Qal	962-1000	16°-20°	0,41	2,6
	Valle	Valle en V (Fvv)	Fvv	Qfl	1300-1400	0°-5°	0,42	2,6
	Terraza	Terraza de Acumulación (Fta)	Fta	Qfl	962-1000	0°-5°	0,16	1,0
	Canal	Canal Sinuoso (Fcs)	Fcs	Qfl	962-1000	0°-5°	0,01	0,1
	Valle	Valle Cataclinal (Fvc)	Fvc	Qfl-Qal	1100-1300	0°-5°	0,31	1,9
AMBIENTE VOLCÁNICO	Terraza	Terraza volcánica (Vte)	Vte	Pe-ch/1	1500-1600	6°-10°	0,02	0,1
	Superficie	Superficie de Aplanamiento (Vsa)	Vsa	Pe-ch/1	1800-2000	0°-5°	0,91	5,7
	Ladera	Ladera Erosional (Vle)	Vle	Pe-ch/1	1700-2000	11°-15°	0,87	5,4
AMBIENTE ESTRUCTURAL	Deslizamiento	Vuelco de Roca (Evr)	Evr	Ki-pt	1200-1300	31°-45°	0,01	0,1
	Terraza	Terraza Colgante (Etec)	Etec	Ki-pt	1400-1500	11°-15°	0,06	0,4
	Loma	Loma estructural (Ele)	Ele	Ki-pt	1200-1300	16°-20°	0,16	1,0
AMBIENTE ANTRÓPICO	Unidad antrópica	Antrópico vivienda (Aav)	Aav	Qfl-Qal	1100-1200	0°-5°	0,16	1,0
<b>TOTAL</b>							16.0	100

## 4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los componentes encontrados en el relieve del distrito de Magdalena se acepta la hipótesis que establece que las características de las unidades geomorfológicas en el distrito de Magdalena, caseríos La Viña y Huaquillas están estrictamente relacionadas a los procesos geodinámicos internos, (orogénicos y epirogénicos) y geodinámicos externos (Intemperismo, remoción en masa y erosión), tomando los factores de litología, pendiente, altitud y drenaje supeditadas al paso del tiempo geocronológico.

Estos resultados guardan relación singular con lo que sostiene Álvarez y Medrano (2020), mencionándonos que los parámetros morfométricos y el comportamiento morfodinámico e hidrogeológico explica la hidromorfometría de la subcuenca del río Mezcalapa al suroeste de México. En ambos casos buscamos favorecer la toma de decisiones en lo que respecta a la línea de investigación. Además Andreazzini et al. (2020) a pesar que analiza los factores geomorfológicos para la reconstrucción paleoambiental, concuerda en que el origen, la distribución y dinámica del relieve se da a través del tiempo geocronológico y tomando los factores tanto de litología y distribución espacial del sitio.

Los procesos geodinámicos están estrictamente relacionados con la formación geológica del distrito de Magdalena, constituyendo un componente esencial del patrimonio natural, así como concluye Beato, Poblete, y Marino (2020) al realizar una propuesta y evaluación haciendo referencia a los elementos geomorfológicos y su aprovechamiento sostenible.

Los ambientes morfogenéticos encontrados; ambiente Kárstico, Ambiente, denudacional, fluvial, volcánico, estructural y antrópico, asimismo las geoformas y los componentes que detallan el relieve del distrito de Magdalena, caseríos la Viña y Huaquillas han sido caracterizados para plasmarlos en un plano geomorfológico general, a diferencia de Fourier et al. (2017), el cual abarca una caracterización geomorfológica en la que se elaboró mapeos temáticos y otros productos cartográficos donde el relieve, tanto en su morfología como en sus características morfométricas y espaciales constituyeron el tema central. También León (2016), determinó las zonas geomorfológicas, cartografió, identificó las zonas propensas a derrumbes y analizó las zonas más apropiadas para ser explotadas turísticamente, de este trabajo se generaron planos temáticos a detalle. Además Carvajal (2012), en su propuesta de estandarización de la cartografía

geomorfológica en Colombia, desarrolló una metodología ordenada, coherente, sistemática y adecuada para la elaboración de planos de geomorfología, caracterizando aspectos importantes como la zonificación geomecánica. Ello manifiesta que nuestra caracterización es de suma importancia ya que nos hemos basado en investigadores antecesores de índole como se pueden verificar en esta investigación.

La influencia de la morfodinámica en la geomorfología de los caseríos la Viña y Huaquillas es Fuenteble , mostrando que la geomorfología es variable así como lo detalla Alcántara (2019), al realizar el estudio de la cabecera de cuenca del río Jequetepeque mostrando como resultado que la geomorfología es variable e influyente en la humedad y como consecuencia; la humedad y recarga de aguas subterráneas, esta explicado por la topografía y la meteorización de las rocas.

La clasificación de los seis (6) ambientes morfogenéticos que a su vez se dividen en trece (13) formas del paisaje o unidades geomorfológicas y veinticuatro (24) componentes se clasificaron de manera ordenada y describe las peculiaridades de la zona de estudio en el distrito de Magdalena , asimismo no presenta áreas restringidas como la zona de investigación de López (2018) refiriéndose al potencial de yacimiento metálico en su exploración del distrito de Cabada en Puno.

La evaluación referente a las unidades geomorfológicas de nuestra zona de investigación tal como ladera, terraza, superficie de aplanamiento, llanura, barra, valle, abanico-cono, canal, escarpe, colina, deslizamiento, loma y unidad antrópica describe las características del relieve del distrito de Magdalena , caseríos la viña y Huaquillas , mas no determina a detalle las zonas de riesgo como en la investigación de Cruzado y Gonzales (2020), que identificaron y analizaron la litología y procesos geodinámicos que presenta la quebrada Calispuquio para determinar las zonas de riesgo por inundación y/o desbordes de la quebrada, mostrando que las unidades geomorfológicas corresponden a ladera suave, ladera ligeramente empinada a empinada y llanura, también que los procesos geodinámicos activos se encuentran mayormente en el Volcánico Huambos y Formación Inca de dicha zona.

Indicamos seis(6) ambientes morfogenéticos de Formación los cuales son; Ambiente kárstico, ambiente denudacional, ambiente fluvial, ambiente volcánico, ambiente estructural y ambiente antrópico, siendo predominante el ambiente kárstico a diferencia de Ayay (2018) que muestra cuatro ambientes de Formación (ambiente estructural, denudativo, fluvial y volcánico), donde predomina el ambiente denudativo, esto debido a las características propias del terreno.

Se identificaron veinticuatro (24) componentes geomorfológicas, agrupados en 13 unidades, en donde destacan la ladera como unidad y como componentes; ladera erosional (Del) con un área de 3,3km<sup>2</sup> en el ambiente denudativo , ladera estructural kárstica (Kle) con un área de 3,26 Km<sup>2</sup> y la ladera erosional kárstica con un área de 2,16 Km<sup>2</sup> en el ambiente kárstico. Estos resultados difieren a los estudios de Ayay (2018) en donde se identificaron ochenta y dos (82) unidades geomorfológicas, agrupados en veintiséis (26) grupos; en donde destacan en el ambiente denudativo las geoformas de superficie de aplanamiento y colinas; Seguido por el ambiente estructural las geoformas de pendientes y cerros; ambiente fluvial las geoformas cauce de río y llanura de inundación; por último, el ambiente volcánico con las geoformas Disyunción Columnar y Bloques por descompresión, siendo la diferencia el lugar de estudio, la topografía propia de la zona, los procesos de erosión y el área tomada para análisis. De la misma manera Vergara (2017), identificó 13 Sub unidades geomorfológicas agrupadas en 8 unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús que según el Ambiente de su Formación, ha sido el resultado de diferentes procesos geológicos entre los que resalta la actividad tectónica que ha estructurado y modificado el relieve a través de diferentes periodos geológicos.

Por tanto;

En este estudio hay fuerte predominancia de laderas en sus diferentes ambientes haciendo contraste con Aguilar (2018), donde las unidades morfogenéticas encontradas son: planicies, lomadas, laderas y escarpas, las mismas que, el mismo clasificó en función al grado de pendiente, predominando en el área de estudio (Cuenca del rio Hualgayoc) las lomadas.

los componentes totales de la investigación se muestran en la figura 87

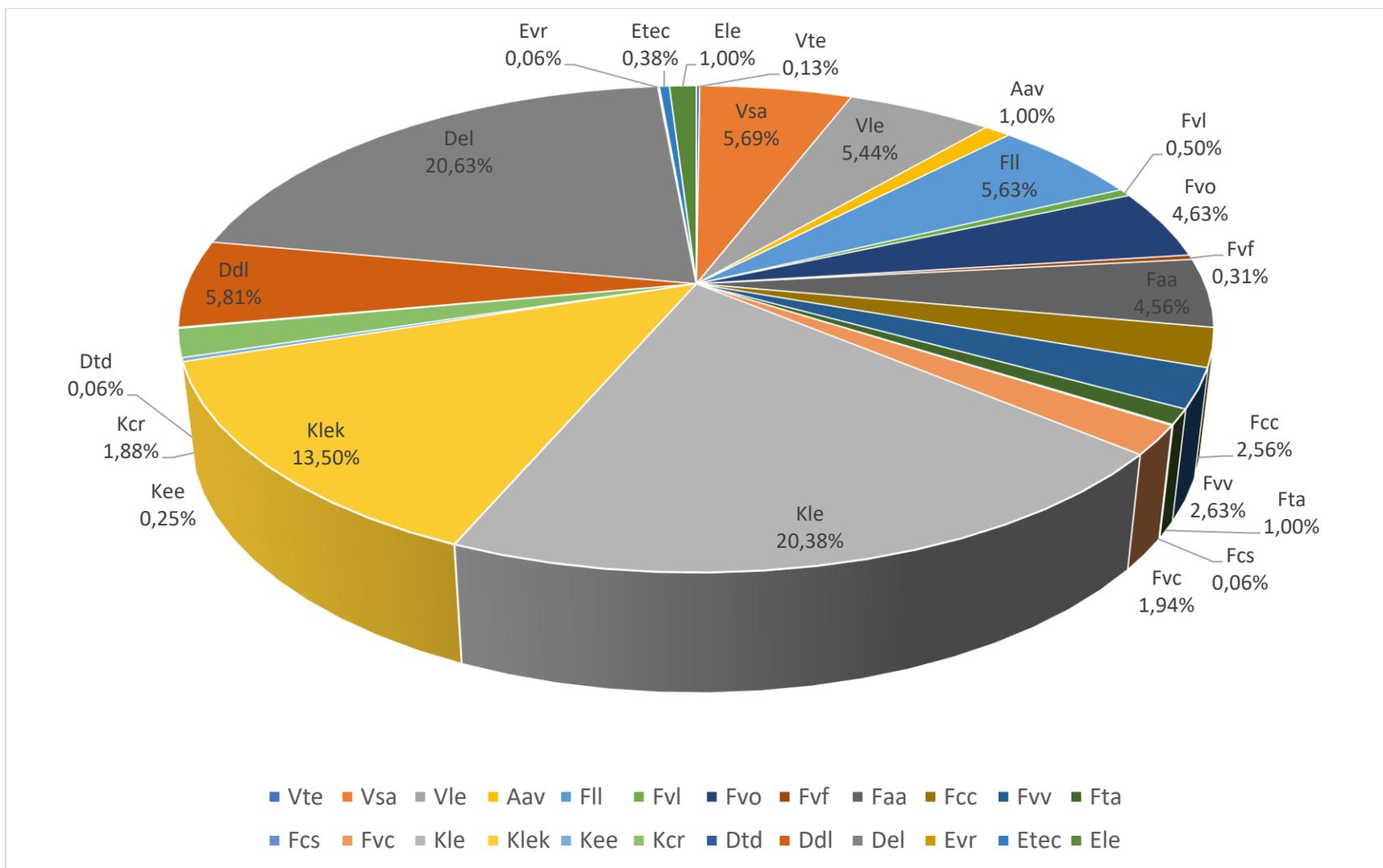


Figura 87. Los veinticuatro (24) componentes geomorfológicos totales de la investigación dados en porcentajes de áreas.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- ✓ La caracterización de las unidades geomorfológicas presente en el distrito de Magdalena caseríos la Viña y Huaquillas manifiesta seis (6) ambientes morfogenéticos los cuales son ; Kárstico, Denudacional, Fluvial, Volcánico, Estructural y Antrópico.
- ✓ Se identificaron veinticuatro (24) componentes o subunidades geomorfológicas, agrupados en trece (13) unidades donde destacan la ladera erosional denudativo (Del) con el 20,6% del área total, la ladera estructural kárstica(Kle) con el 20,4% del total y la ladera erosional kárstica (Klek) con el 13,5% del total del área investigada.
- ✓ Los ambientes morfogenéticos de la zona, están referidos a las causas y procesos que dieron origen al relieve del distrito de Magdalena caseríos la Viña y Huaquillas. El área investigada representan la configuración del paisaje de Magdalena como resultado de los procesos endógenos y exógenos que dieron origen a las geoformas.
- ✓ Se realizaron cuatro (4) secciones morfométricas, de los cuales la sección AA´ presenta en la tipología 40 segmentos, la sección BB´ presenta 43 segmentos, la sección CC´ presenta 37 segmentos y la sección DD´ presenta 32 segmentos dando a conocer que todas ellas están influenciadas por acción de la erosión y siendo heterogénea respecto al tránsito (T).
- ✓ Se elaboró el cartografiado geomorfológico utilizando el software ArcGIS 10.8, teniendo como herramientas las imágenes Aster, con las metodologías del ITC y los colores base de Carvajal utilizando las variaciones: amarillo para ambiente Kárstico, marrón para ambiente Denudacional , azul para ambiente Fluvial , rojo para Volcánico, púrpura para ambiente Estructural, , y negro para ambiente Antrópico.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ A las entidades tales como el Gobierno Regional de Cajamarca (GRC), Municipalidad Provincial de Cajamarca (MPC), el Ministerio del Ambiente (MINAM), y el instituto geológico minero y metalúrgico (INGEMMET) seguir implementando el cartografiado geomorfológico a DETALLE del distrito de Magdalena, ya que seguirá ayudando considerablemente a la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) para posibilitar la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, además de proporcionar conocimiento técnico, brindando soporte metodológico permitiendo evitar riesgos geológicos, estableciendo normas objetivas de conservación para el territorio del distrito de Magdalena.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, L. 2018. Análisis litomorfoestructural y su relación con el comportamiento hidrogeológico en la subcuenca río Hualgayoc. s.l., Universidad Nacional de Cajamarca. .
- Alcántara, A. 2019. Influencia de la geomorfología y la meteorización de la humedad del suelo y recargas del agua en la cabecera de cuenca del río Jequetepeque. Instituto de investigación UNMSM 22(43):99-106.
- Álvarez Soberano, A; Medrano Pérez, OR. 2020. Caracterización geomorfológica de la subcuenca río Mezcalapa, región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH-30) en sureste de México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (80):32-44. DOI: <https://doi.org/10.33064/iycuaa2020803002>.
- Andreazzini, MJ; Degiovanni, SB; Prieto, AR; Tripaldi, A; Luque, ME. 2020. Wet-meadows in the comechingones range, pampean ranges, argentina. Geological-geomorphological characterization and paleoenvironmental reconstruction during the holocene. Andean Geology 47(1):77-109. DOI: <https://doi.org/10.5027/andgeov47n1-3138>.
- Ayay, R. 2018. Geomorfología del caserío Yerba Buena y entorno, Centro Poblado Porcón Alto. s.l., Universidad Nacional de Cajamarca. .
- Bergua, SB; Poblete Piedrabuena, MÁ; Marino Alfonso, JL. 2020. Proposal and evaluation of geomorphosites in sierra del aramo (Asturian Central Massif, Northern Spain). Investigaciones Geograficas (101):0-3. DOI: <https://doi.org/10.14350/rig.59866>.
- Brindis, A; Zavala, J; Mata, E; López, Y. 2020. Paisajes Geomorfológicos relacionados con la clasificación de los suelos en planicies y terrazas de Tabasco. 72(1):1-17.
- Carbajal, J. 2012. Propuesta de estandarización de la cartografía Geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano .

- Furrier, M; Vargas Cuervo, G; Moncada, CC. 2017. Geomorphological characterization and mapping of Cartagena de Indias and adjacencies. *Boletín de Ciencias de la Tierra* (41):5-15. DOI: <https://doi.org/10.15446/rbct.n41.51031>.
- Gamboa, E. 2017. Hidrogeología de la microcuenca del rio chonta, en el distrito de baños del inca. (en línea). Universidad Nacional de Cajamarca :89. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>.
- IBGE. 2009. Manual técnico de geomorfología. s.l., s.e., vol.2. 182 p.
- Lugo-Hubp, J. 2011. Diccionario geomorfológico (en línea). s.l., s.e. 479 p. Disponible en <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/32/32/95-1>.
- Mamani, E. 2019. Geomorfología y su relación con yacimientos minerales de San Antonio de Esquilache (en línea). s.l., Universidad del Altiplano. 1-168 p. Disponible en [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza\\_Mamani\\_Joel\\_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Martínez, G; Díaz, JJ. 2010. Morfometría en la cuenca hidrológica de San José del Cabo, Baja California Sur, México. *Revista Geológica de América Central* (44):83-100. DOI: <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i44.3447>.
- Penck, W. 1984. Geomorfología actual. Guía conceptual, temática y bibliográfica (en línea). *Revista de Geografía* 18(18):209-248. Disponible en <https://www.raco.cat>.
- Rodríguez Cruzado, S. 2018. Impactos Geotéctico-Ambientales en Cabeceras de Subcuencas por Implantación de Minas Conga Cajamarca-Perú (en línea). :207. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2119>.
- Rodríguez Cruzado, SR. 2016. Método De Investigación Geológico-Geotécnico Para El Análisis De Inestabilidad De Laderas Por Deslizamientoszona Ronquillo-Corisorgona. 20.
- Salazar, RA. 2017. Análisis del impacto geoambiental de pasivos ambientales aplicando sensoramiento remoto y firmas espectrales utilizando ENVI, provincia de Hualgayoc, Cajamarca, 2016 (en línea). :133. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1419>.

- Suvires, GM. 2013. Geomorfología tectónica y evolución del relieve en un sector del piedemonte occidental de la sierra Chica de Zonda, Precordillera Oriental, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 30(2):324-335.
- Tacilla, M. 2017. Caracterización Geomorfológica del distrito de Jesús (en línea). s.l., s.e. 98 p. Disponible en [http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/546%0Ahttp://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1147/Tesis-Ronald\\_Alcántara-Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/546%0Ahttp://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1147/Tesis-Ronald_Alcántara-Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- del Val Indurre, J. 2014. Manual de Identificación de Geoformas. :1-97.
- Vélez, C. 2020. Estudio geomorfológico y de facies sedimentarias para la identificación de eventos aluviónicos en la cuenca Occoruruni, Cordillera Apolobamba-Puno (en línea). . Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13846>.
- Zavala, B; Barrantes, R. 2007. Zonas Criticas por Peligros Geologicos y Geohidrologicos en la Region Cajamarca. 2003(21):23-26.

## **ANEXOS**

-PLANO DE UBICACIÓN

-PLANO SATELITAL

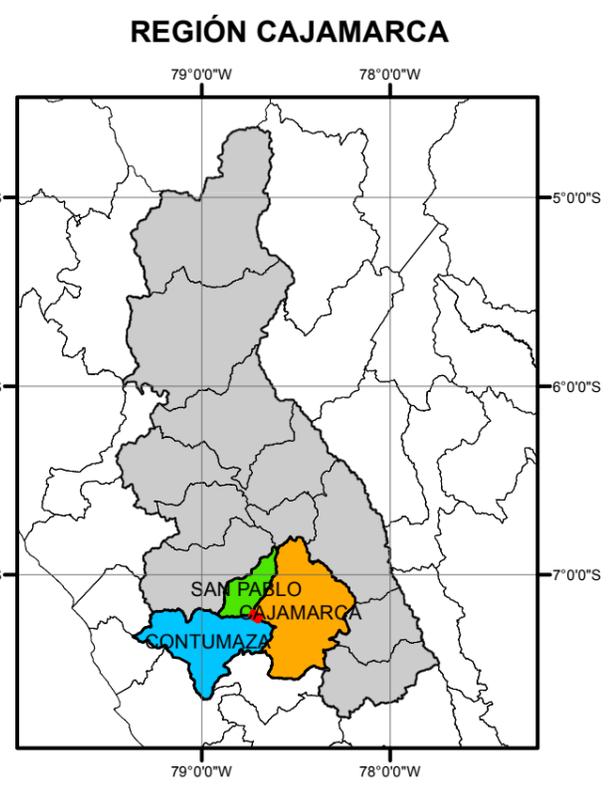
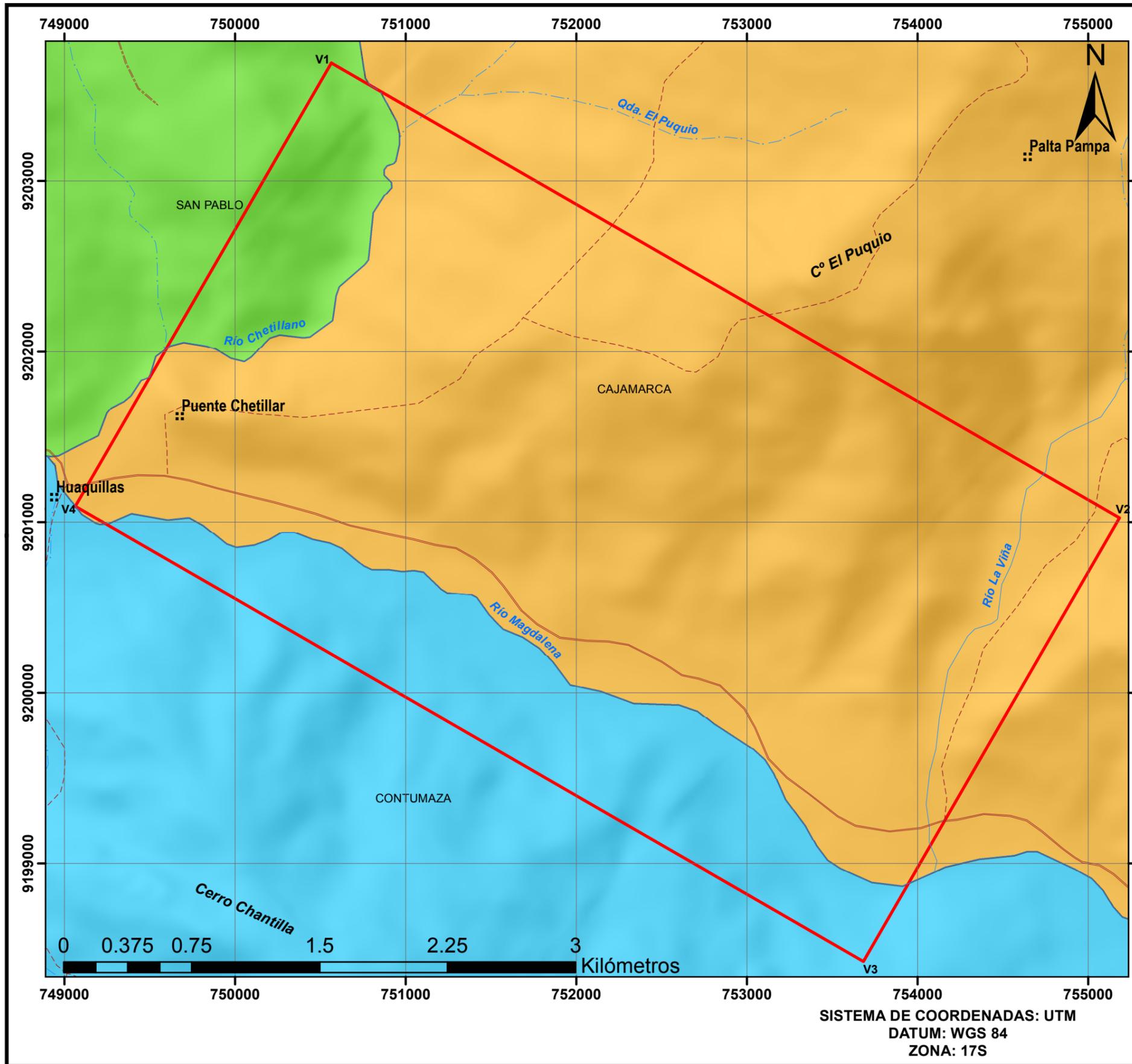
-PLANO TOPOGRÁFICO

-PLANO GEOLÓGICO

-PLANO DE PENDIENTES

-PLANO ALTITUDINAL

-PLANO GEOMORFOLÓGICO



**SIMBOLOGÍA**

**Pueblo**  
 ::

**Vias**  
 — Carretera Asfaltada  
 - - Carretera Afirmada  
 - - - Camino Carrozable(Trocha)  
 - - - Camino de Herradura

**Drenaje**  
 — Río  
 - - - Quebrada

□ Zona de Estudio

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL DISTRITO DE MAGDALENA, CASERÍO LA VIÑA Y HUAQUILLAS

PLANO DE UBICACIÓN

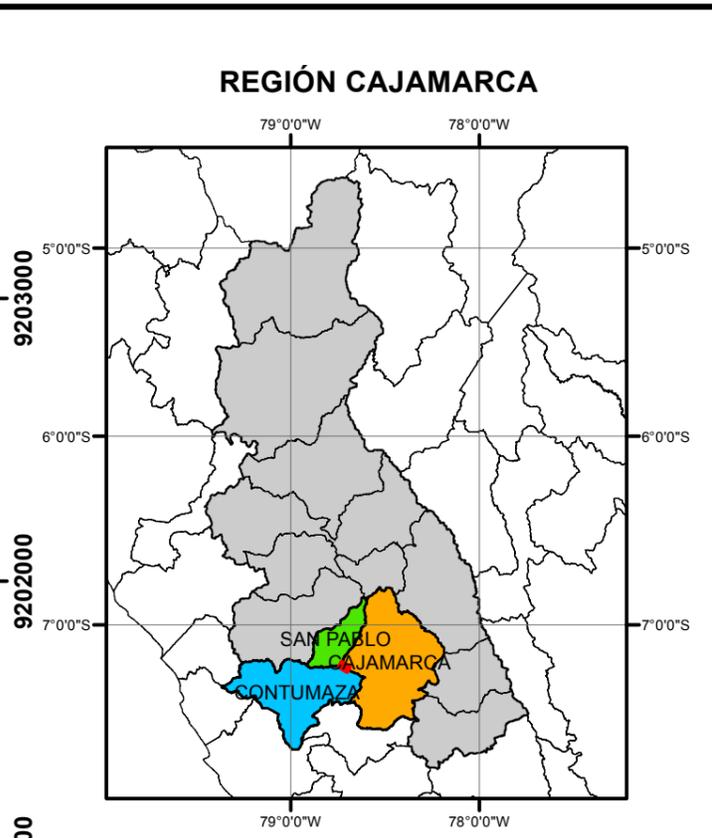
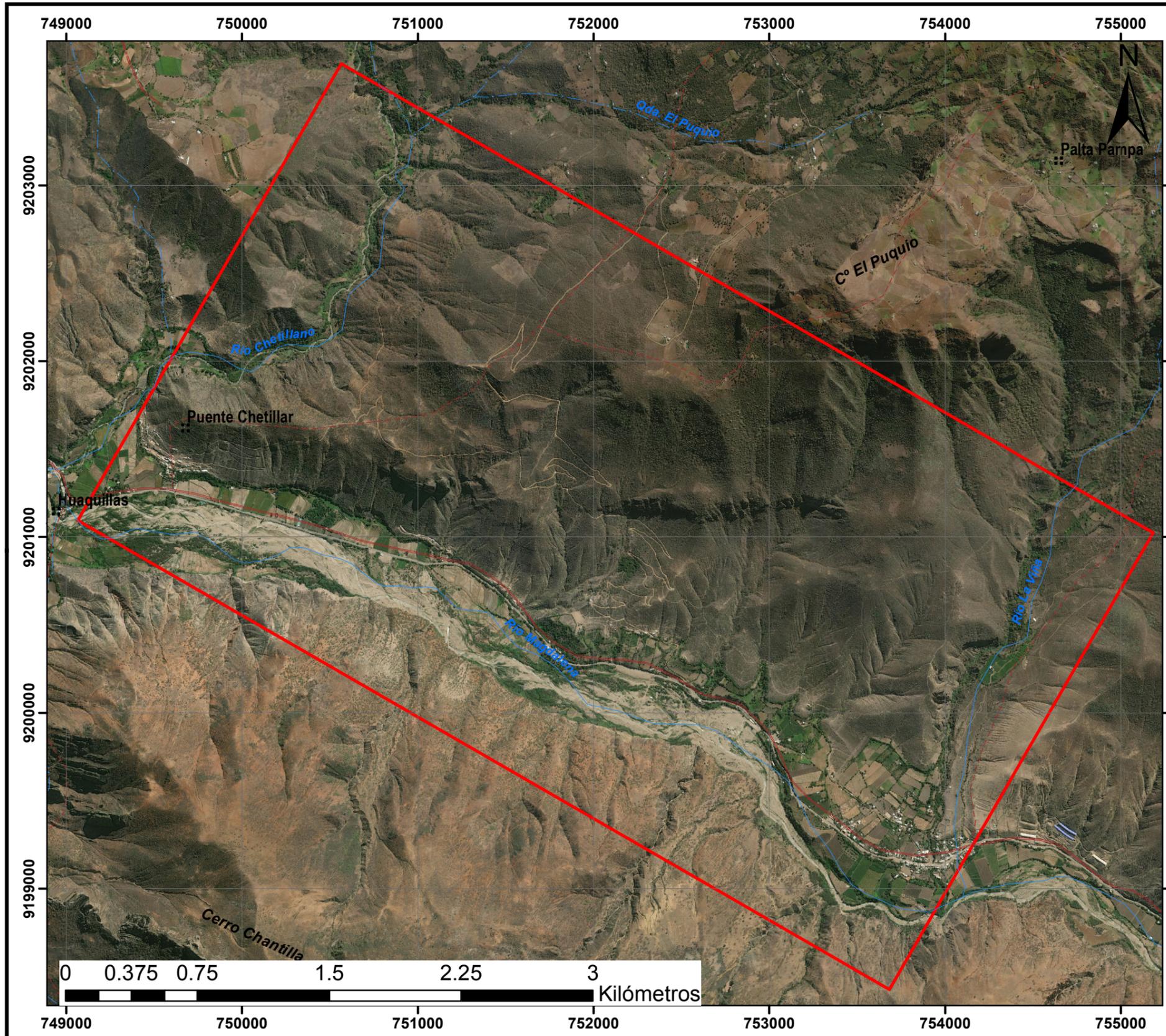
TESISTA: DANY JHONATAN TERRONES MENDOZA

ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1 : 25 000 CAJAMARCA - FEBRERO 2023

**1**

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM  
 DATUM: WGS 84  
 ZONA: 17S



**SIMBOLOGÍA**

**Pueblo**  
 ::

**Vias**  
 — Carretera Asfaltada  
 — Carretera Afirmada  
 - - - Camino Carrozable(Trocha)  
 - - - Camino de Herradura

**Drenaje**  
 — Río  
 - - - Quebrada

□ Zona de Estudio

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL DISTRITO DE  
 MAGDALENA, CASERÍO LA VIÑA Y HUAQUILLAS

PLANO SATELITAL

TESISTA: DANY JHONATAN TERRONES MENDOZA

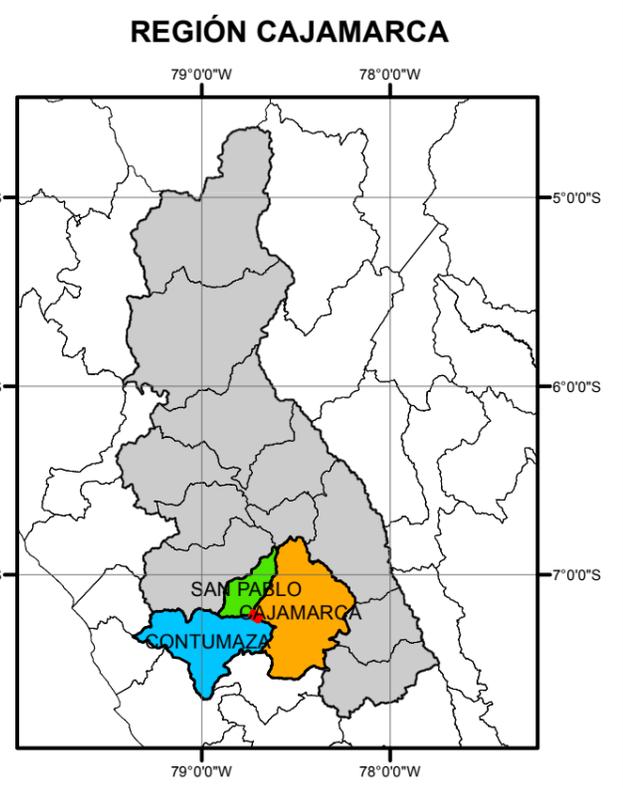
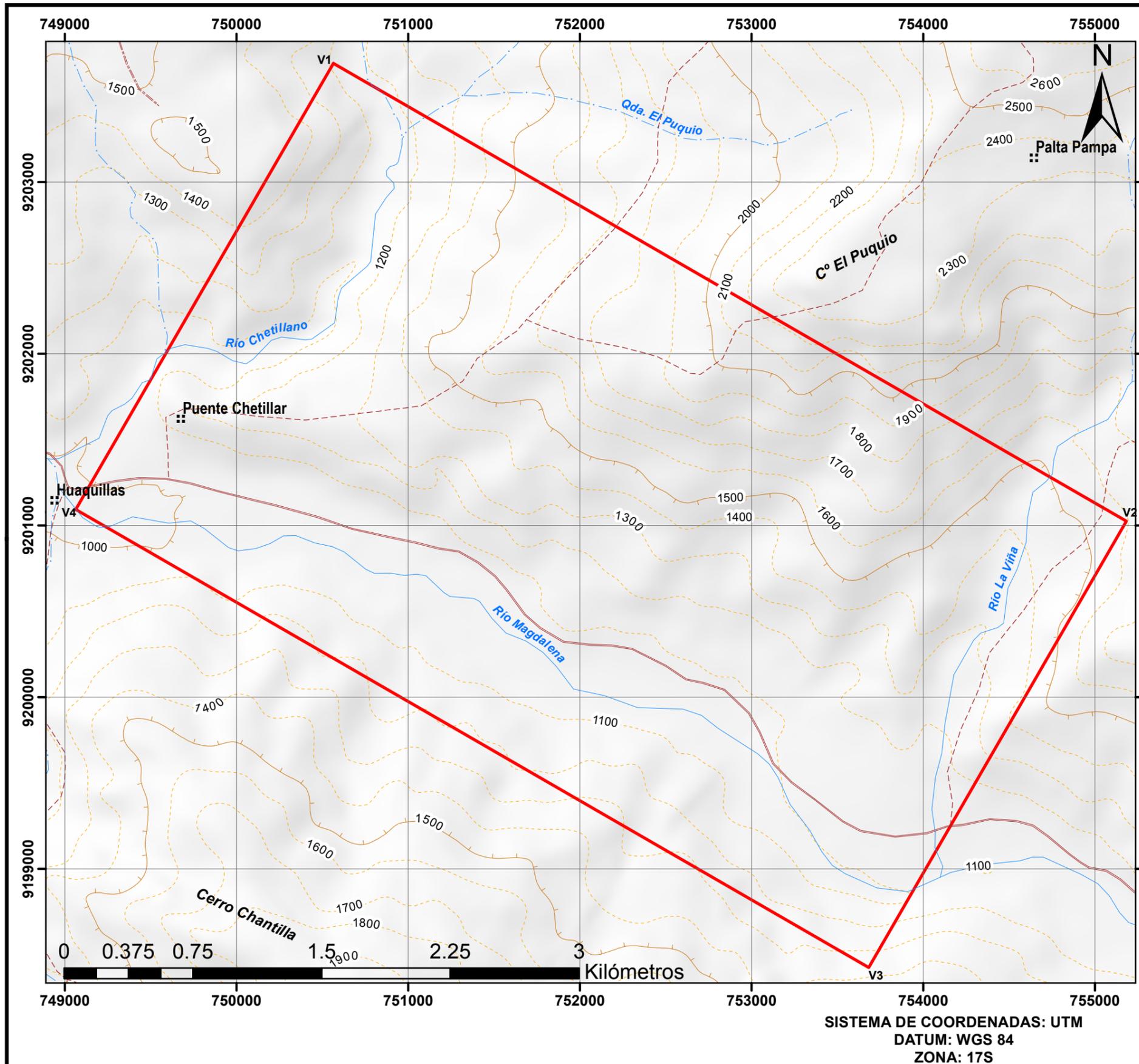
ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1 : 25 000 CAJAMARCA - FEBRERO 2023



**2**

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM  
 DATUM: WGS 84  
 ZONA: 17S



**SIMBOLOGÍA**

<b>Pueblo</b>	⋮
<b>Vias</b>	— Carretera Asfaltada
	— Carretera Afirmada
	- - - Camino Carrozable(Trocha)
	- - - Camino de Herradura
<b>Drenaje</b>	— Río
	- - - Quebrada
	□ Zona de Estudio
<b>Curvas Topográficas</b>	— Curvas mayores
	- - - Curvas menores

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL DISTRITO DE  
 MAGDALENA, CASERIO LA VIÑA Y HUAQUILLAS

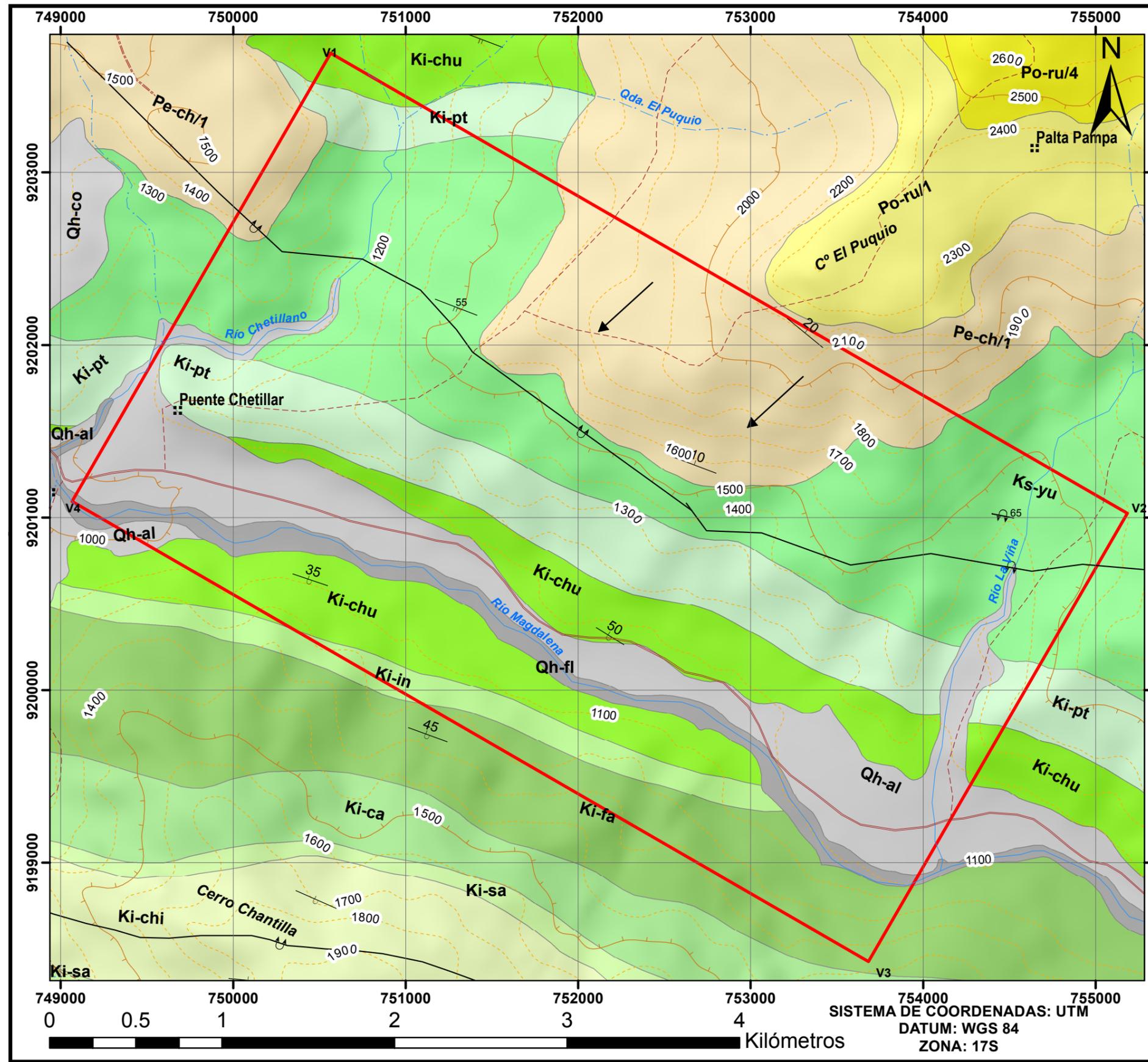
PLANO TOPOGRÁFICO

TESISTA: DANY JHONATAN TERRONES MENDOZA

ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

ESCALA: 1 : 25 000 CAJAMARCA - FEBRERO 2023

**3**



### LEYENDA

#### UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Qh-co	DEPÓSITOS COLUVIALES
Qh-al	DEPÓSITOS ALUVIALES
Qh-fl	DEPÓSITOS FLUVIALES
Po-ru/4	ROCA DEL CENTRO VOLCÁNICO RUMIORCCO Depósito de Flujos piroclásticos de bloques y cenizas
Po-ru/1	ROCA DEL CENTRO VOLCÁNICO RUMIORCCO Depósito de Flujos de lava Andesítica
Pe-ch/1	ROCAS DE SECUENCIA VOLCÁNICA CHILETE-AYAMBLA Flujos de lavas Andesíticas intercaladas con depósitos Volcanoclásticos
Ks-yu	FORMACIÓN YUMAGUAL
Ki-pt	FORMACIÓN PARIATAMBO
Ki-chu	FORMACIÓN CHULEC
Ki-in	FORMACIÓN INCA
Ki-fa	FORMACIÓN FARRAT
Ki-ca	FORMACIÓN CARHUAZ
Ki-sa	FORMACIÓN SANTA
Ki-chi	FORMACIÓN CHIMÚ

### SIMBOLOGÍA

<b>Pueblo</b>	<b>Pliegue</b>
⦿	⤴ Eje de Anticlinal Volcado
<b>Vías</b>	<b>Rumbo y Buzamiento de estratos</b>
— (rojo)	— (rojo)
— (naranja)	— (naranja)
— (rojo discontinuo)	— (rojo discontinuo)
— (rojo)	— (rojo)
<b>Drenaje</b>	<b>Rumbo y Buzamiento de estratos volcados</b>
— (azul)	— (azul)
— (azul discontinuo)	— (azul discontinuo)
<b>Curvas Topográficas</b>	<b>Dirección de flujo volcánico</b>
— (naranja)	→
— (naranja discontinuo)	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL DISTRITO DE MAGDALENA, CASERIO LA VIÑA Y HUAQUILLAS

PLANO GEOLÓGICO

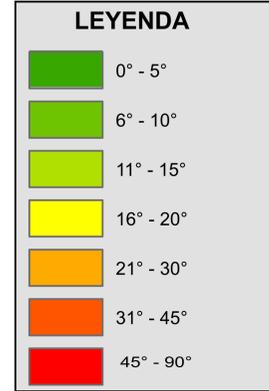
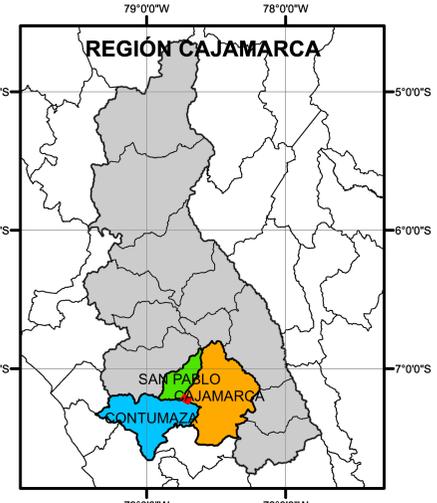
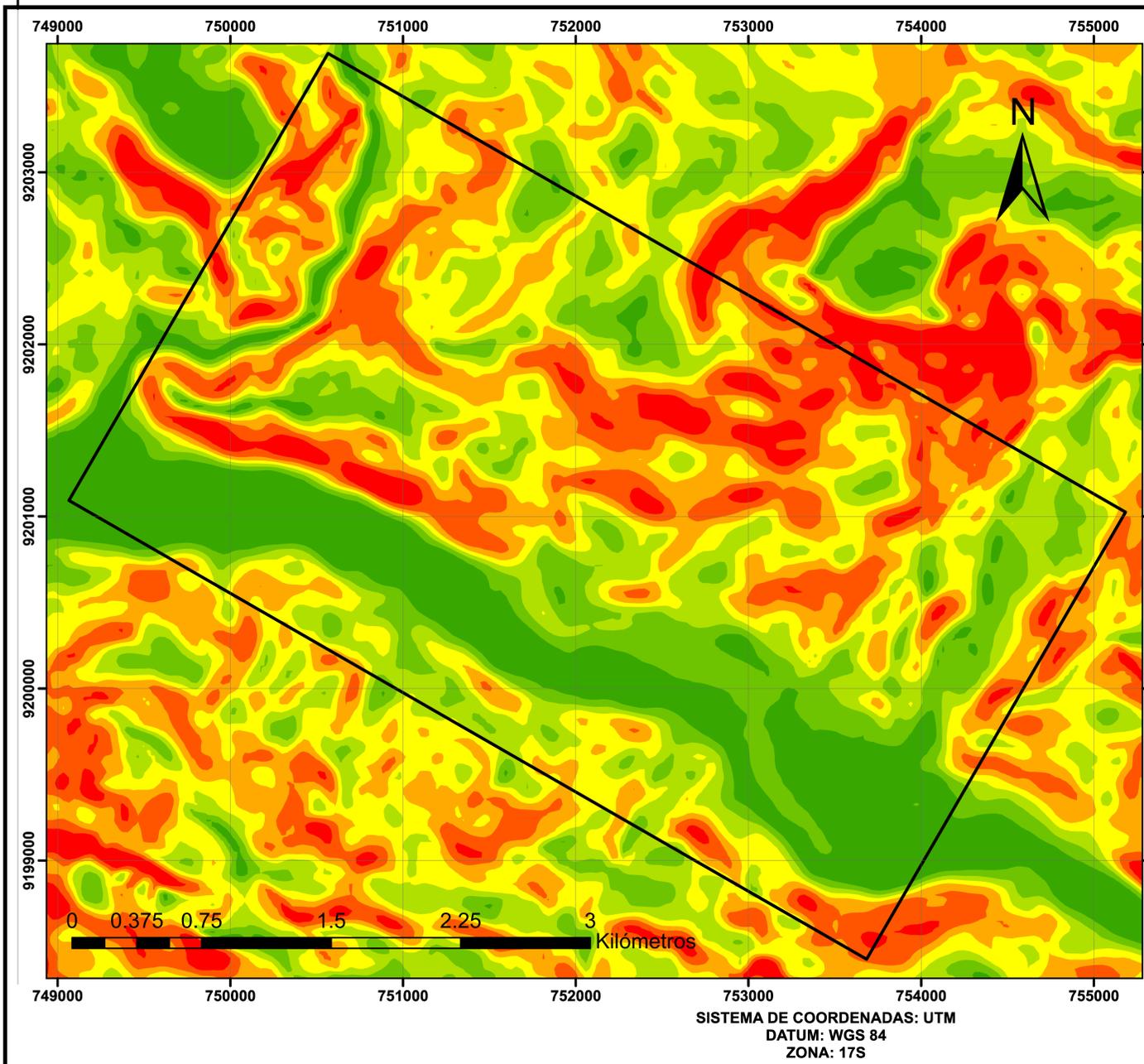
TESISTA: DANY JHONATAN TERRONES MENDOZA

ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

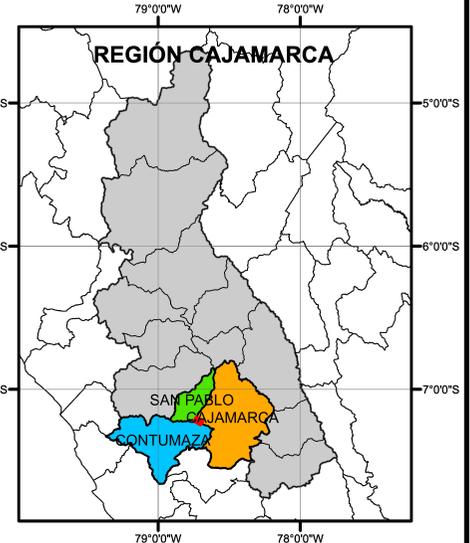
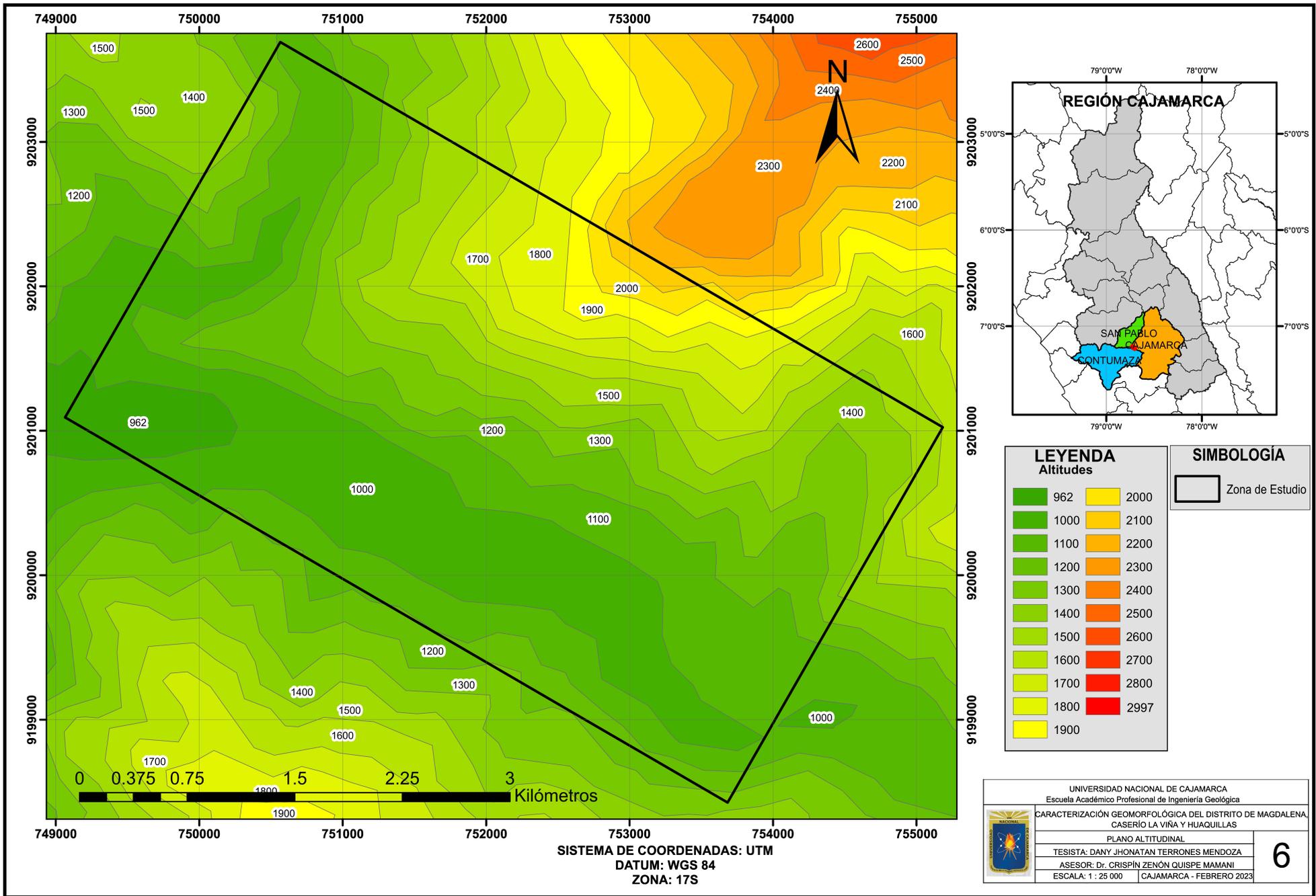
ESCALA: 1 : 25 000 CAJAMARCA - FEBRERO 2023

**4**

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM  
DATUM: WGS 84  
ZONA: 17S



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
	CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL DISTRITO DE MAGDALENA, CASERIO LA VIÑA Y HUAQUILLAS	
	PLANO DE PENDIENTES	
	TESISTA: DANY JHONATAN TERRONES MENDOZA	<b>5</b>
	ASESOR: Dr. CRISPIN ZENÓN QUISPE MAMANI	
	ESCALA: 1 : 25 000 CAJAMARCA - FEBRERO 2023	



**LEYENDA**  
Altitudes

962	2000
1000	2100
1100	2200
1200	2300
1300	2400
1400	2500
1500	2600
1600	2700
1700	2800
1800	2997
1900	

**SIMBOLOGÍA**

	Zona de Estudio
--	-----------------

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica	
CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL DISTRITO DE MAGDALENA, CASERIO LA VIÑA Y HUAQUILLAS	
PLANO ALTITUDINAL	
TESISTA: DANY JHONATAN TERRONES MENDOZA	
ASESOR: Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI	
ESCALA: 1 : 25 000	CAJAMARCA - FEBRERO 2023

