

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



**TESIS**

**UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ENTRE LOS CENTROS POBLADOS: EL  
MILAGRO Y LA BARRANCA, DISTRITO DE PACASMAYO – LA LIBERTAD**

Para Optar Título Profesional de:

**Ingeniero Geólogo**

Autor:

**Bach. Soberón Palma Ander Melbin**

Asesor:

**M.Cs. Ing. Arapa Vilca Victor Ausberto**

Cajamarca - Perú

2024



## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca certifica:

La originalidad de la tesis denominada **UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ENTRE LOS CENTROS POBLADOS: EL MILAGRO Y LA BARRANCA, DISTRITO DE PACASMAYO - LA LIBERTAD**, realizado por el Bachiller en Ingeniería Geológica **Ander Melbin Soberón Palma** de acuerdo al resultado del análisis reportado por su asesor **MCs. Ing. Victor Ausberto Arapa Vilca** con el software antiplagio Turnitin que identifica **10% (diez por ciento)** de similitud, asignándole el código **oid:3117:313948553**.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 30 de enero del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
*[Firma]*  
Dra. Yvonne Katherine Fernández León  
DIRECTORA

Cc.  
Archivo  
c02124as.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme esta investigación y expresar mi profunda gratitud a mi familia, por su constante apoyo y amor incondicional, he superado obstáculos y alcanzado llegar a este propósito. Su paciencia y ejemplo de vida han dejado un impacto positivo en mi corazón. Mención especial a mi asesor Ing. Víctor Arapa, por su disposición y orientación en la realización de esta presente tesis; así como a mi casa superior de estudios, la Universidad Nacional de Cajamarca y los docentes de la Escuela de Ingeniería Geológica por sus enseñanzas en mi formación universitaria.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a las personas más importantes en mi vida: mis padres Dalia y Emilio, a cada uno de mis hermanos y familiares, soportes fundamentales en mi desarrollo personal y profesional, que me impartieron buenos valores y principios para ser una persona de bien. Les agradezco profundamente por ser mi fortaleza e impulso de inspiración de seguir adelante. Esta tesis es un testimonio de mi gratitud hacia ustedes, mi amada familia.

*Ander Soberón*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	iv
<b>ALBÚM DE FOTOS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xvi
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS</b> .....	xvii
<b>RESUMEN</b> .....	xviii
<b>ABSTRACT</b> .....	xix
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	3
<b>2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	3
<b>2.1.1 Internacionales</b> .....	3
<b>2.1.2. Nacionales</b> .....	4
<b>2.1.3. Locales</b> .....	5
<b>2.2. BASES TEÓRICAS</b> .....	5
<b>2.2.1. Fundamentos de la geomorfología</b> .....	9
2.2.1.1 Geomorfología.....	9
2.2.1.2 Objetivos de la Geomorfología.....	9
2.2.1.3 Agentes y procesos Geomorfológicos .....	10
2.2.1.3.1 Procesos Endógenos .....	10
2.2.1.3.2 Procesos Exógenos .....	11
<b>2.2.2. Enfoques geomorfológicos</b> .....	14
2.2.2.1 El sistema ITC .....	14
2.2.2.2 Sistema CIAF .....	14
2.2.2.3 Sistema IDEAM .....	14
2.2.2.4 Sistema SGC.....	15
<b>2.2.3. Cartografiado geomorfológico</b> .....	15
2.2.3.1 Morfología.....	16
2.2.3.2 Morfografía.....	16
2.2.3.2.1 Topografía .....	16
2.2.3.3 Morfometría.....	19
2.2.3.4 Morfodinámica .....	22

	Pág.
2.2.3.4.1 Características y clasificación de los procesos morfodinámicos.....	23
2.2.3.5 Morfogénesis .....	24
2.2.2.5.1 Ambientes geomorfológicos.....	25
2.2.3.6 Morfocronología.....	30
<b>2.2.4. Jerarquización geomorfológica .....</b>	<b>30</b>
2.2.4.1 Geomorfoestructura .....	30
2.2.4.2 Provincia Geomorfológica.....	30
2.2.4.3 Región Geomorfológica .....	30
2.2.4.4 Unidad geomorfológica.....	31
2.2.4.5 Subunidad geomorfológica.....	31
2.2.4.6 Componente o elemento geomorfológico.....	31
<b>2.2.5. Nomenclatura, colores y simbología de los mapas geomorfológicos.....</b>	<b>32</b>
2.2.5.1 Definición de los Colores para los Polígonos.....	32
<b>2.2.6. Perfiles morfométricos .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.7. Modelo geomorfológico .....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.8 Elaboración de un mapa geomorfológico y modelo geomorfológico .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....</b>	<b>37</b>
<b>CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.1 Geográfica .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.2 Política .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.3 Accesibilidad .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.4 Clima.....</b>	<b>40</b>
3.1.5 Vegetación.....	41
<b>3.2 PROCEDIMIENTOS.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.1 Metodología.....</b>	<b>42</b>
3.2.1.1 Tipo, nivel, diseño y método de la investigación .....	42
3.2.1.2 Población de estudio.....	43
3.2.1.3 Muestra.....	43
3.2.1.4 Unidad de análisis .....	43
<b>3.2.2 Identificación de variables.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.3 Técnicas .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.4 Equipos y materiales .....</b>	<b>44</b>

	Pág.
3.2.4.1 Equipos.....	44
3.2.4.2 Materiales .....	45
<b>3.2.5 Análisis e interpretación de datos .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3 GEOLOGÍA LOCAL.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3.1 Formación salas (Pi-s) .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3.2. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.3 Volcánico llama (Ti- vll) .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.4 Diorita (KTi-di).....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.5 Monzonita (KTi-mz).....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.6 Sedimentos recientes del cuaternario .....</b>	<b>49</b>
<b>3.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5. GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.1. Ambiente morfogenético estructural .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.2. Ambiente morfogenético denudacional .....</b>	<b>58</b>
<b>3.5.3. Ambiente morfogenético volcánico .....</b>	<b>63</b>
<b>3.5.4. Ambiente morfogenético ígneo - intrusivo .....</b>	<b>68</b>
<b>3.5.5. Ambiente morfogenético fluvial .....</b>	<b>73</b>
<b>3.5.6. Ambiente morfogenético litoral - marino.....</b>	<b>84</b>
<b>3.5.7. Ambiente morfogenético eólico .....</b>	<b>96</b>
<b>3.5.8. Ambiente morfogenético antrópico.....</b>	<b>106</b>
<b>CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>109</b>
<b>4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>109</b>
<b>4.1.1. Análisis e Interpretación del ambiente morfogenético.....</b>	<b>109</b>
<b>4.1.2. Análisis e Interpretación de la Morfometría.....</b>	<b>110</b>
4.1.2.1 Contraste del Relieve.....	110
4.1.2.2 Pendientes de la superficie. ....	112
4.1.2.3 Forma de la superficie .....	114
<b>4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>119</b>
<b>4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>129</b>
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>5. 1 CONCLUSIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>131</b>

	Pág.
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO 01. PLANO DE UBICACIÓN .....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO 02. PLANO SATELITAL .....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO 03. PLANO TOPOGRÁFICO (MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES).....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO 04. PLANO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO 05. PLANO DE PENDIENTES .....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO 06. PLANO GEOMORFOLÓGICO - UNIDADES MORFOGENÉTICAS .....</b>	<b>140</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Agentes y procesos geomorfológicos exógenos.....	11
Tabla 02: Clases o Atributos y sus ejemplos del perfil de la topografía. ....	17
Tabla 03: La forma de la topografía. ....	17
Tabla 04: Rango de pendientes asociadas a las unidades morfogenéticas. ....	18
Tabla 05: Formas de la superficie.....	18
Tabla 06: Índices de contraste de relieve.....	19
Tabla 07: Índice y Valor de Densidad de Drenaje.....	20
Tabla 08: Índice y valor por frecuencia de drenaje .....	21
Tabla 09: índice valor de textura de drenaje.....	21
Tabla 10: Patrones principales de drenaje y caracterización cualitativa de los materiales donde se desarrolla.....	22
Tabla 11: Clasificación de Fenómenos de Remoción en Masas. ....	23
Tabla 12: Relación de procesos geodinámicos y unidades geomorfológicas.....	29
Tabla 13. Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas. ....	33
Tabla 14: Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de investigación.....	39
Tabla 15: Accesibilidad desde Cajamarca al distrito de Pacasmayo.....	40
Tabla 16: Tabla climática - datos históricos de 1991 - 2021.....	41
Tabla 17: Se sintetiza los tipos de investigación utilizada en la presente investigación. ....	43
Tabla 18: Contraste del relieve, nombre de las subunidades geomorfológicas (componentes) determinadas por áreas (Km <sup>2</sup> ) y porcentajes (%)......	111
Tabla 19: Inclinación de las superficies de las Unidades Geomorfológicas y su descripción. ....	112
Tabla 20: Se aprecia en el diagrama de barras, Tipo de Ambiente, Cantidad de Geoformas y el área y porcentaje por el tipo de ambiente morfogenético de la zona explorada. ....	119
Tabla 21: Número de Geoformas por el tipo de geoformas, simbología y el área que ocupan en el Ambiente Estructural .....	121
Tabla 22: Número de Geoformas por el tipo de geoformas, simbología y el área que ocupan en el Ambiente Denudacional. ....	122
Tabla 23: Número de Geoformas por el tipo de unidad, simbología y el área que ocupan en el Ambiente Ígneo – intrusivo. ....	123
Tabla 24: Número de Geoformas por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje que ocupan en el Ambiente volcánico. ....	124
Tabla 25: Número de Geoformas por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje.....	125
Tabla 26: Número de Geoformas fluviales por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje.....	126
Tabla 27: Número de Geoformas eólicos por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje.....	127
Tabla 28: Número de Geoformas antrópicas por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje.....	128

## ALBÚM DE FOTOS

	Pág.
Foto 01: Afloramiento de la Formación Salas en el cerro Chocofan. a). Filitas pelágicas en capas delgadas. b). Veta irregular de cuarzo lechoso granular. Coordenadas (UTM): N: 9183653, E: 666276 m, C:157.....	46
Foto 02: Afloramiento del Grupo Goyllarisquizga en el cerro Chocofan compuesta de areniscas pardo amarillentas alteradas y estratificadas. Coordenadas (UTM): N: 9183666, E: 666251 m. ....	47
Foto 03: Afloramiento de la formación Llama compuesta de andesitas en el cerro Facio. Coordenadas (UTM): N: 9194472, E: 662064 m.....	48
Foto 04: Afloramiento de rocas dioríticas en el cerro Azul. (Coordenadas UTM 664117 E, 9196202 N). ....	48
Foto 05: Contacto entre roca y monzonita y diorítica, al NE del cerro Azul. (Coordenadas UTM 662064 E, 9194472 N). ....	49
Foto 06: Depósitos fluviales del río Jequetepeque con abundante vegetación. (Coordenadas UTM 662064 E, 9194472 N). ....	50
Foto 07: Depósitos eólicos de arena fina acumuladas en forma de dunas estacionarias.....	50
Foto 08: Depósitos coluvio - aluviales en las pampas de Facio. (Coordenadas UTM 663358 E, 9193484 N). ....	51
Foto 09: Depósitos proluviales recientes de material intrusivo de los cerros Azul y Facio. ....	51
Foto 10: Falla normal en la Formación Salas, de DIP:80° y DD:169°, (Coordenadas UTM 663358 E, 9193484 N). ....	52
Foto 11: Falla conjugada en el afloramiento de rocas silicoclasticas de Grupo Goyllarisquizga, de DIP:44° y DD:132°, (Coordenadas UTM 664493 E, 9184261 N).....	53
Foto 12: Se aprecia lomas estructurales del Grupo Goyllarisquisga. sobre depósitos aluviales al NW del cerro Chocofan. (Coordenadas UTM 666403 E, 9185894 N).....	54
Foto 13: Se aprecia colinas estructurales del Grupo Goyllarisquisga sobre depósitos aluviales al NW del cerro Chocofan, En la base de la colina es aprovechada para viviendas.....	54
Foto 14: Se aprecia el cerro Chocofan, compuesta de rocas areniscas (Fm. Ki-g) y filitas (Fm. Pi-S) meteorizadas por acción del agua, viento y variaciones de temperatura. ....	55
Foto 15: Conjunto de lomas disectadas en estructuras de rocas silicoclasticas.....	55
Foto 16: Lomas residual de material silicoclastico aledaños de las colinas estructurales aledañas del cerro Pinturas. (Coordenadas UTM 661068 E, 9195554 N). ....	56
Foto 17: Espolón bajo en las estribaciones del cerro Chocofan en rocas silicoclasticas, también se observa una planicie de acumulación con vegetación en la base del cerro. (Coordenadas UTM 666375 E, 9183659 N). ....	57
Foto 18: Ladera escalonada en el flanco izquierdo del cerro Chocofan en rocas areniscas de la Ki- g. con material cuaternario coluvial. (Coordenadas UTM 666048 E, 9183388 N).....	57

	Pág.
Foto 19: Superficie de aplanamiento ocupando grandes extensiones sobre las pampas de Facio usadas como depósitos de basura. (Coordenadas UTM 664128 E, 9195060 N).....	58
Foto 20: Glacis de acumulación en la base de las laderas del cerro Facio, compuesta de guijarros, cantos angulosos, arenas y limos. (Coordenadas UTM 662182 E, 9196600 N).....	59
Foto 21: Cerros residuales en depósitos aluviales con clastos subredondeados al norte de Pacasmayo a la margen derecha e izquierda de la carretera a Ciudad de Dios. ....	59
Foto 22: Se observa a la margen izquierda de la carretera que conduce a Jequetepeque cerros residuales de matriz cementante de clastos subredondeados de 2 cm a 30 cm. ....	60
Foto 23: Se observa Planicie de depósitos antiguos en las pamas de Facio donde predomina guijarros, cantos, arenas, y limos a la margen izquierda de la carretera que conduce a C.P. La Barranca. También en la base se observa bloques erráticos. ....	60
Foto 24: Ladera denudacional sobre rocas volcánicas del Volcánico Llama, se observa depósito de material volcánico clástico homogéneo en el flanco SW de una pequeña loma.....	61
Foto 25: Se observa cerro remanente de la Fm. Ki-g. dentro de depósitos aluviales.....	61
Foto 26: Conjunto de lomas disectadas en estructuras de rocas silicoclasticas y sus alrededores es aprovechados para viviendas. (Coordenadas UTM 664116 E, 9186872 N).....	62
Foto 27: En (a). Observamos el inicio de la formación de cárcavas en material aluvial. (b). Cárcavas insipientes en roca fracturada por la acción geológica de las lluvias. ....	62
Foto 28: Badlands insipientes en depósitos cuaternarios de gravas y arenas, con presencia de vegetación por las precipitaciones estacionarias. (Coordenadas UTM 663083 E, 9195775 N). ....	63
Foto 29: Se observa desde la imagen satelital (2023) el espinazo volcánico en la parte alta del cerro Facio donde predomina rocas andesíticas de color verdosa. Fuente: GEOCATMIN (2023). ....	63
Foto 30: Se observa terrazeta erosionada en rocas volcánicas.....	64
Foto 31: Se observa lomeríos disectados de rocas volcánicas donde predomina la erosión fluvial y la meteorización física tiene acumulaciones coluviales de material volcánico. ....	64
Foto 32: Se evidencia Ladera de montaña denudada volcánica con drenajes incipientes... 65	65
Foto 33: Se evidencia la superficie erial en rocas volcánicas con predominancia de cárcavas en el flanco derecho de la pendiente del cerro Azul. (Coordenadas UTM 659483 E, 9196367 N). ....	65
Foto 34: Se evidencia el cerro Facio de material volcánico con una morfología montañosa con escarpes bien pronunciados. (Coordenadas UTM 667153 E, 9195739 N).66	66
Foto 35: Talud de bloques erráticos de roca andesita de tamaño irregular. ....	66
Foto 36: Cerros remanentes en material volcánico asociado a procesos denudacionales. ..	67
Foto 37: Alveolos en roca andesita por acción de los vientos que transportan partículas finas, también se observa bloques erráticos de diferentes dimensiones.....	67

	Pág.
Foto 38: Se evidencia lomerío elongado en rocas dioritas y en la base se observa lomas de acumulación material poco consolidado. (Coordenadas UTM 665758 E, 9195555 N).....	68
Foto 39: Se evidencia laderas erosionadas por lluvias estacionarias en monzonitas y en la base se observa cauces estacionarios con material fluvial de aguas arriba. ....	68
Foto 40: Se observa colina ígnea disectada en rocas dioritas, en la base se evidencia una planicie de erosión con material poco consolidado. (Coordenadas UTM 665625 E, 9193816 N). ....	69
Foto 41: Se observa el emplazamiento glacis de erosión ígnea con presencia de cárcavas. ....	69
Foto 42: Alveolos en roca andesita, también se observa bloques erráticos de diferentes dimensiones. ....	70
Foto 43: Arco alveolar en la base de paredes verticales de los cañones en rocas monzoníticas.....	70
Foto 44: Arco alveolar en rocas menos compactas que las que lo subrayase, generado por accione eólica con una dirección específica de S a N que predomina los vientos. ....	71
Foto 45: Pilares ígneos en la margen derecha del cañón en rocas monzoníticas, también se observa cuevas cavernas y alveolos asociados a procesos eólicos en rocas intrusivas. ....	71
Foto 46: Cañón en roca ígnea monzoníticas afectadas por procesos eólicos principalmente y meteorización física (termoclastia). (Coordenadas UTM 663360 E, 9196594 N).....	72
Foto 47: Cerros remanentes de dioritas asociado a procesos denudacionales y erosional. (Coordenadas UTM 665017 E, 9194940 N). ....	73
Foto 48: Cauce en roca ígnea de las colinas adyacentes del cerro azul en rocas monzoníticas.....	73
Foto 49: Se observa el emplazamiento de un valle intrusivo en V formado en rocas dioríticas y monzoníticas la cual da origen a la quebrada estacionaria la Hoyada.....	74
Foto 50: Se observa meandros en la parte baja en la desembocadura del río Jequetepeque en el mar. Fuente: GEOCATMIN (2023). ....	74
Foto 51: Se observa meandros estacionarios con vegetación y acumulación de sedimentos provenientes de la parte alta del cerro Azul y sus alrededores compuesta de material intrusivo y volcánico con cantos, arenas y limos. (Coordenadas UTM 663090 E, 9191656 N). ....	75
Foto 52: Cauce del río Jequetepeque permanente con escasa pendiente y cubierta de vegetación con terrazas aluviales a los costados y presenta un cauce meandriforme estacionarios. sujetas a inundaciones por el aumento de flujo o aumento de precipitaciones de la parte alta de la cuenca .....	75
Foto 53: Se observa cauces torrenciales secos en las pampas de Facio. Nótese el nivel de depósitos de sedimentos alcanzados para formar terrazas fluviales en contacto con la intrusión diorítica del cerro Facio.....	76

	Pág.
Foto 54: Se observa cauces torrenciales secos en las pampas de pueblo viejo, constituido por material de arenas limos y escasos bloques. (Coordenadas UTM 656565 E, 9194914 N). .....	76
Foto 55: Se observa llanuras fluviales contiguo a la superficie de aplanamiento conformado por material poco consolidado transportado de la parte alta del cerro Chocofan y Pinturas. ....	77
Foto 56: Se observa escarpe fluvial antiguo de 20 m Aprox. De material fluvial con capas. ....	77
Foto 57: Se observa terrazas de acumulación a los costados de los cauces de quebradas estacionarias localizadas en los mapas de Facio. (Coordenadas UTM 660335 E, 9192861 N). ....	78
Foto 58: Nótese sedimentos de color rosáceo suprayaciendo sobre rocas del volcánico Llama cercanamente al cerro Azul. (Coordenadas UTM 659789 E, 9194404 N). ....	78
Foto 59: Según la clasificación de deltas y por la sinuosidad de los cauces el delta del Jequetepeque se denominará delta elongada sin visualizar los lóbulos de desembocadura marina .....	79
Foto 60: Se observa erosión fluvio lateral en cauces estacionarios en roca andesita de volcánico Llama. También se evidencia erosión lateral en depósitos aluviales. ..	79
Foto 61: Cauce abandonado cubierto por sedimentos monzoníticos y dioríticos transportados de la parte alta de los cerros intrusivos aledaños. (Coordenadas UTM 662963 E, 9191885 N). ....	80
Foto 62: Cauce del río Jequetepeque permanente con escasa pendiente y cubierta de vegetación con terrazas aluviales sujetas a inundaciones por el aumento de flujo o aumento de precipitaciones de la parte alta de la cuenca. (Coordenadas UTM 664093 E, 9190321 N). ....	81
Foto 63: Llanura de inundación del río Jequetepeque, se observa la amplitud considerable en el valle del mismo nombre. Con predominancia de vegetación. ....	81
Foto 64: Se observa barras longitudinales a favor de la corriente del río Jequetepeque. ....	82
Foto 65: En la pampa cercano al flanco S del cerro Azul se observa un canal de erosión laminar cubiertos por vegetación en los márgenes del cauce. (Coordenadas UTM 656816 E, 9193812 N). ....	82
Foto 66: Erosión laminar en la Pampa de Facio, nótese una acanaladura en retroceso con un pequeño cauce de gravas y arenas. (Coordenadas UTM 661520 E, 9194262 N). ....	83
Foto 67: Abanico aluvial cubierto por vegetación por lluvias estacionarias y en la base se observa planicie de depósitos coluviales cubiertos por vegetación. ....	83
Foto 68: Por la granulometría y color de la superficie se observa un abanico aluvial aplanado extendido ubicado en el flanco S del cerro Azul. (Coordenadas UTM 657411 E, 9192576 N). ....	84
Foto 69: Playa Pacasmayo con predominancia de arena fina y gruesa con gravas. ....	84
Foto 70: Playa longitudinal de bloques redondeados y gravas con arenas mal gradadas. (Coordenadas UTM 656630 E, 9185734 N). ....	85
Foto 71: Acantilado marino en depósitos fluviales y aluviales con matriz calcárea (cemento) y en la base consta de arena, gravas y bloques diferenciados del nivel del mar. (Coordenadas UTM 657564E, 9184070 N). ....	86

	Pág.
Foto 72: Plataforma de abrasión en material poco consolidado con matriz calcárea cubierta de rocas redondeadas y gravas. (Coordenadas UTM 655884 E, 9178763 N).....	86
Foto 73: En (a). Pequeñas plataformas de abrasión en gravas y arenas poco consolidadas. (b). plataforma de abrasión incipiente en material semi consolidado de matriz calcárea (cemento). .....	87
Foto 74: Bloques caídos antiguos y recientes por la acción erosiva constante de las olas marinas indicando el retroceso del acantilado. (Coordenadas UTM 657881 E, 9182780 N).....	87
Foto 75: Bloques caídos por la acción erosiva constante de las olas marinas sobre la base y la inconsolidación de los estratos cuaternarios marinos recientes producen caída de bloque del acantilado ubicado al SW de la pamapa Pueblo Viejo.....	88
Foto 76: Terraza marina contiguo a la playa Chica de cantos y gravas ubicado al N del distrito de Pacasmayo Se observa el remanente de la terraza afectado por la construcción de la carretera. ....	88
Foto 77: Terraza marina de acumulación de un nivel, compuesta de gravas, arenas y limos mal gradado, delimitado por el acantilado marino. (Coordenadas UTM 657177E, 9184897 N). ....	89
Foto 78: Terraza marina de dos niveles cubierta de vegetación y compuesta de arena y gravas, ubicadas al sur de la desembocadura del rio Jequetepeque con una longitud de 200 m Aprox. Se observa que los sedimentos son una combinación de marino y en mayor parte eólico. ....	89
Foto 79: Pantanos poco profundos cubierta por vegetacion en la desembocadura del rio Jequetepeque. (Coordenadas UTM 655725 E, 9189333 N).....	90
Foto 81: Albufera incipiente en playa Pacasmayo paralela al litoral costero, separada por una barra litoral de arenas y gravas. (Coordenadas UTM 658523 E, 9182661 N).....	91
Foto 82: Dunas costeras activas con vegetación a la margen derecha de la playa Olitares en depósitos semi consolidados de matriz cementante y de bloques, cantos y gravas.....	91
Foto 83: Socabadura en la base del escarpe marino por la abrasión de las olas. También se observa erosión fluvial estacionaria en depósitos cuaternarios y caída de bloques.....	92
Foto 84: Formación de cuevas marinas en la base de los acantilados por la erosión marina en zonas débiles poco consolidadas .....	92
Foto 85: En (a). Se observó en la parte superior del acantilado material más resistente a la erosión formando promontorios, mientras que a la base del acantilado es de material fino menos consolidado. (b). La abrasión del mar es continua por lo tanto el acantilado está en retrocesos, pero la parte superior del acantilado tiene mayor resistencia a la erosión por la matriz calcárea que posee. ....	93
Foto 86: Se observa un pilar marino en materiales semi consolidados de bloques, gravas arenas con un matriz cementante sostenida. Formado por la erosión constante de las olas hacia el litoral. ....	93

	Pág.
Foto 87: Al SW de la pampa Pueblo Viejo Se observa en la parte superior del acantilado material más resistente a la erosión marina, mientras que a la base del acantilado es de material fino menos consolidado. La abrasión del mar es continua y en retroceso a línea de costa deja promontorios.....	94
Foto 88: Se observa abanicos en escarpe litoral, de material subredondeado y de matriz calcárea. (Coordenadas UTM 655618 E, 9191706 N). .....	95
Foto 89: Se evidencia grietas de disecación en orilla de playa sobre terrazas marinas en arcillas. (Coordenadas UTM 654670 E, 654670 N).....	95
Foto 90: Campo de dunas obstaculizadas por la vegetación predominante en el lugar de acumulación compuestas de arena de grano fino a medio. ....	96
Foto 91: Campo de dunas estabilizadas en la pampa Olitares, se observa dunas muy antiguas colindantes a los terrenos de cultivo. (Coordenadas UTM 657193E, 9186982 N).....	97
Foto 92: Al NW del cerro La Mina se observa un campo de dunas estabilizados, en la cresta se observa que la vegetación cubre a las dunas. (Coordenadas UTM 656587 E, 9186154 N). ....	97
Foto 93: Dunas longitudinal ubicados en la pampa Olitares de 150 m. de longitud aproximadamente. En la parte inferior se muestran pequeñas dunas en proceso de formación incipiente estabilizados por vegetación propia de la zona. ....	98
Foto 94: Dunas longitudinales cercanos al litoral de dirección S-N cerca al Complejo Arqueológico Huaca de dos cabezas. Se observa que las dunas están siendo obstaculizadas con un campo de dunas estabilizadoras. Fuente: GEOCATMIN (2023). ....	98
Foto 95: Duna longitudinal de extensión considerable (300m.) ubicado cerca al cerro Mina, se observa los ripples de arena indicando la dirección del viento y estabilizado por la vegetación en los extremos de la duna. (Coordenadas UTM 657097 E, 9186572N). ....	99
Foto 96: Se observa desierto de rocas cubierta de guijarros insipientes en la parte inferior del cerro Azul y en toda la pampa de Pueblo Viejo. Está expuesto a la erosión eólica que sopla de S a N.....	99
Foto 97: Campo de dunas parabólicas de partículas arenosas bien seleccionadas desarrolladas en zonas con poca vegetación. (Coordenadas UTM 666805 E, 9180336 N).....	100
Foto 98: Se observa paleo dunas semi consolidadas y con presencia de vegetación. ....	100
Foto 99: Se observa planicie eólica al SW de San pedro de Lloc con dirección dominante de S a N cubierta por vegetación. (Coordenadas UTM 662182 E, 9196600 N).....	101
Foto 100: Ripples en depósito de arenas eólicas en dunas ubicados en la pampa Olivares. ....	102
Foto 101: Se observa una paleoduna estabilizada afectado por el choque permanente de partículas de dirección con dirección de S a N. El golpe de las partículas originó alveolos sobre el paleodunas.....	102
Foto 102: Se muestra ventifactos con alveolos producto del impacto de partículas sobre el escarpe de rocas monzoníticas en las estribaciones del flanco sur del cerro Azul. ....	103

	Pág.
Foto 103: Se observa dunas estacionarias obstaculizadas por la topografía en el flanco izquierdo de la colina del cerro Chocofan, y a la base de la colina se tiene dunas obstaculizadas. (Coordenadas UTM 667672 E, 9181319 N).....	104
Foto 104: Dunas Transversales con dirección SE a NW perpendicular al mayor flujo del viento (a). Dunas transversales en sus procesos incipientes formándose desde el cambio granulométrico. (b). se observa dunas transversales desde 1m hasta 3 m perpendicular al flujo del viento. ....	104
Foto 105: Depresión dunar ubicado con características cóncavas con vegetación protectora viva. (Coordenadas UTM 657968 E, 9185080 N). ....	105
Foto 106: Depósito de loess semiconsolidados de limos y arcilla limosa ubicado entre pampa de Facio y cerro Azul.....	106
Foto 107: Campo de dunas Barján con un Angulo de 15° al barlovento y 34° sotavento rodeado. ....	106
Foto 108: Cantera de agregados para la construcción en depósitos aluviales semi homogéneos con un área aproximado de 2 Km <sup>2</sup> en explotación. (Coordenadas UTM 663642 E, 9192870 N). ....	107
Foto 109: Viviendas en el distrito de Pacasmayo con una vista a la playa de arenas junto al muelle.....	107
Foto 110: Áreas de sembrío en paleo terrazas de la cuenca baja del Jequetepeque aprovechadas para el cultivo. (Coordenadas UTM 663240 E, 9179894 N).....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Perfil de equilibrio. Fuente: Dean, et al, (2013).....	8
Figura 02: Ejemplos de altillanuras degradadas (Villota, 2005). ....	13
Figura 03: Relación entre los atributos topográficos y los niveles categóricos del sistema de las clasificaciones de las geoformas (Carvajal , et al, 2004).....	17
Figura 04: Perfil esquemático de una ladera y la relación entre forma de la misma y los procesos generados en ella. (Tomado y modificado de Delrymple et al. 1968 en Cortes. 1989). ....	24
Figura 05: Perfil Esquemático del Ambiente Estructural (Robertson y Jaramillo, 2012)...	25
Figura 06: Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales de edad relativa variable (Robertson y Jaramillo, 2012).....	26
Figura 07: Perfil esquemático de los piedemontes aluvio-torrenciales compuestos por abanicos con grados de disección variable según su edad. ....	27
Figura 08: Perfil esquemático de Ambiente Fluvial con sus respectivas unidades (Robertson y Jaramillo, 2012).....	27
Figura 09: Perfil esquemático del Ambiente Marina con subambientes de playas, marismas, terrazas marinas, arrecifes coralinos y acantilados.....	28
Figura 10: Esquema de jerarquización geomorfológica. Fuente: Tomado de Carvajal, (2012). ....	32
Figura 11: Perfiles morfométricos (Centeno, 2008).....	34
Figura 12: Flujograma de procedimientos tenidos en cuenta en la elaboración de un mapa geomorfológico analítico. Fuente: Carbajal, (2012). ....	36
Figura 13: Ubicación del área de estudio desde una vista satelital (Google MAPS, 2023).	40
Figura 14: Se determina mediante barras el tipo de ambiente respecto a la cantidad de área. ....	119
Figura 15: Distribución de las geoformas de origen Estructural, la geoforma que más área ocupa es los cerros estructurales. ....	121
Figura 16: Distribución de las geoformas de origen denudacional, la geoforma que más área ocupa es las planicies de depósitos antiguos. ....	122
Figura 17: Representación del área de las unidades geomorfológicas ígneas – intrusivas. ....	123
Figura 18: Representación del área de las unidades geomorfológicas volcánicas. ....	124
Figura 19: Representación del área de las unidades geomorfológicas fluvial.....	125
Figura 20: Representación del área de las unidades geomorfológicas Litoral – Marino. .	126
Figura 21: Representación del área de las unidades geomorfológicas eólicos.....	127
Figura 22: Representación del área de las unidades geomorfológicas antrópico. ....	128

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

<b>Pág.</b>	:	Página
<b>et al.</b>	:	Y otros
<b>ITC</b>	:	International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciencies.
<b>Km<sup>2</sup></b>	:	Kilómetros cuadrados
<b>m</b>	:	Metros
<b>MDE</b>	:	Modelo digital de elevaciones
<b>N</b>	:	Norte
<b>E</b>	:	Este
<b>p.e.</b>	:	Por ejemplo
<b>SIG</b>	:	Sistema de Información Geográfica
<b>S</b>	:	Sur
<b>W</b>	:	Oeste
<b>WGS-84</b>	:	Sistema Geodésico Mundial 1984.
<b>Ref.</b>	:	Referencia
<b>C.P.</b>	:	Centro Poblado
<b>INGEMMET</b>	:	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
<b>Gpo.</b>	:	Grupo.
<b>Fm.</b>	:	Formación.
<b>SE</b>	:	Sur Este
<b>NW</b>	:	Nor Oeste
<b>SW</b>	:	Sur Oeste
<b>NE</b>	:	Nor Este
<b>msnm</b>	:	Metros sobre el nivel de mar

## RESUMEN

La investigación se realizó en el distrito de Pacasmayo en el entorno costero – marino de los centros poblados, El Milagro y La Barranca. Presentando un relieve moderado a suave, producto de la interacción de los ambientes terrestres y marinos, está configurado por noventa unidades geomorfológicas en un área de 250 km<sup>2</sup>, que se cartografiaron en un plano topográfico de un Modelo digital de elevaciones base, procesándose con el software ArcGis 10.8, y se obtuvo un mapa analítico aplicando las metodologías de Carbajal, siendo el objetivo principal Caracterizar las unidades geomorfológicas entre los centros poblados El Milagro y La Barranca. La investigación es de tipo aplicada, nivel descriptivo explicativa, diseño no experimental de campo y transversal en el tiempo. Para determinar los factores influyentes en la configuración actual del relieve se realizó un análisis morfogenético: donde se expone los procesos geodinámicos internos dando como resultado; Unidades Geomorfológicas de Ambiente Estructural (3.24%), ígneo - intrusivo (2.68%), y Volcánico (4.92%). Asimismo, se evaluó de procesos geodinámicos externos, dando como resultado las Unidades Geomorfológicas de Ambiente Denudacional (25.44%), Fluvial (4.94%), Litoral – Marino (3.51%), Eólico (10.71%) y Antrópico (44.56%). También se realizó un análisis morfométrico elaborando dos cortes morfométricos; partiendo de la captura fotográfica, que mediante trazos de segmentos continuos sobre el contorno de la geoforma se determinó su tipo de geoforma. Los resultados se plasmaron en el plano geomorfológico a escala 1:60 000.

**Palabras claves:** Morfogénesis, Cartografía Geomorfológica, Geoforma y Unidad geomorfológica

## ABSTRACT

The research was carried out in the district of Pacasmayo in the coastal-marine environment of the population centers, El Milagro and La Barranca. Presenting a moderate to soft relief, a product of the interaction of terrestrial and marine environments, it is configured by ninety geomorphological units in an area of 250 km<sup>2</sup>, which will be mapped on a topographic plan of a digital model of base elevations, processed with the software ArcGis 10.8, and an analytical map was obtained by applying Carbajal's methodologies, the main objective being to characterize the geomorphological units between the El Milagro and La Barranca population centers. The research is of an applied type, descriptive explanatory level, non-experimental field design and transversal over time. To determine the influential factors in the current configuration of the relief, a morphogenetic analysis was carried out: where the internal geodynamic processes are exposed, resulting in; Geomorphological Units of Structural Environment (3.24%), igneous - intrusive (2.68%), and Volcanic (4.92%). Likewise, external geodynamic processes were evaluated, resulting in the Geomorphological Units of Denudational Environment (25.44%), Fluvial (4.94%), Coastal – Marine (3.51%), Wind (10.71%) and Anthropogenic (44.56%). A morphometric analysis was also carried out by preparing two morphometric sections; Starting from the photographic capture, its type of geofom was determined by means of continuous segment lines on the contour of the geofom. The results were captured on the geomorphological plan at a scale of 1:60,000.

**Key words:** Morphogenesis, Geomorphological Cartography, Geofom and Geomorphological Unit.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

En el extremo noroccidental del país, entre los paralelos 7°25'40" y 79°30'13" de latitud sur y los meridianos -7°.4065' y -79°.5636' representada por un relieve moderado a suave, donde han ido sucediendo numerosas modificaciones en su relieve, producto de procesos geológicos tanto endógenos como exógenos. El actual modelo geomorfológico de Pacasmayo está configurado por distintas unidades geomorfológicas producto de la acción conjunta de los agentes geológicos que han modificado su configuración de forma consecuyente. Es por ello que 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, es decir ¿Cuáles son las unidades geomorfológicas que caracterizan el modelo del relieve entre los centros poblados El Milagro y La Barranca, distrito de Pacasmayo – región La Libertad?

En efecto se pretende identificar y describir las principales unidades geológicas que han llevado a generar el modelo actual del área de investigación, por el cual se plantea la siguiente hipótesis: Las características de las unidades geomorfológicas de la zona está estrictamente relacionadas a los factores de litología, erosión, pendiente, tipo de suelo y el tiempo geológico los cuales están determinados por los procesos geodinámicos internos, (orogénicos y epirogénicos) y geodinámicos externos (Intemperismo, remoción de masas y erosión), dando lugar al actual modelado geomorfológico por acción conjunta de los agentes geológicos (fuerzas internas, viento, agua, atmosfera, meteorización). Formando terrazas, abanicos, colinas, laderas, deltas, dunas, escarpes, montañas, entre otros.

La investigación tiene como objetivo; Caracterizar las unidades geomorfológicas entre los centros poblados El Milagro y La Barranca, distrito de Pacasmayo - La Libertad. Y como objetivos específicos son: Identificar describir las unidades Geomorfológicas según los ambientes morfogenéticos. Elaborar el cartografiado geomorfológico. Determinar el modelo geomorfológico.

La finalidad de la investigación es realizar la caracterización de las unidades geomorfológicas entre los centros poblados El Milagro y La Barranca, donde, posee una

gran riqueza paisajística costera originada por los procesos geodinámicas externos. La elaboración del presente trabajo es un antecedente con valor científico y de relevancia social, ya que la información generada podría servir en la planificación de los Programas de Ordenamiento Ecológico o en el Manejo Integral de Zonas Costeras en el estado, puesto que un buen conocimiento del ambiente ayuda a tomar mejores decisiones en cuanto a los desarrollos turísticos y asentamientos humanos en las costas. Por lo tanto, la caracterización geomorfológica conlleva a tener conocimientos sobre la configuración del relieve, su génesis y cronología. Proveerá información útil y adecuada para futuras planeaciones y reconsiderar las áreas donde el impacto de la actividad antropogénica ya está cambiando la línea de costa, puesto que elaborando el plano geomorfológico permitirá conocer las diferentes geoformas del relieve de la zona de estudio.

Los contenidos de los capítulos se describen a continuación:

Capítulo I, referido a la introducción de la investigación, al planteamiento del problema, formulación, justificación y los objetivos propuestos.

El capítulo II, se desarrolla el marco teórico donde se sintetiza los antecedentes y los trabajos anteriores, además de los fundamentos o bases teóricas para la investigación.

Capítulo III, concierne a materiales y métodos, describe la ubicación, contexto Geológico estructural y la caracterización geomorfológica tomando como base a la clasificación de Carvajal. además de la interacción de las variables como elementos constituyentes para la investigación con un análisis descriptivo para la muestra y unidad de análisis; así mismo, la metodología, para la recopilación de datos.

Capítulo IV, análisis y discusión de resultados; se describe, explica y se discuten los resultados en función a la morfometría, pendientes de la superficie, forma de la superficie, cortes morfométricos.

Capítulo V, corresponde a las conclusiones y recomendaciones las cuales responden a los objetivos plateados logrando demostrar que hay 8 tipos de unidades geomorfológicas la cual se cartografiadas, continuando con las referencias bibliográficas de acuerdo con las normas IICA/CATIE, para finalmente concluir con los anexos.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 2.1.1 Internacionales

**Álvarez & 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.

**Izquierdo, Carrasco, Rodríguez, & Ruiz (2020)**, en su investigación respecto al Análisis geomorfología y evolución geológica reciente del litoral del Parque Nacional Pan de Azúcar (norte de Chile), describió varias etapas en su evolución geológica reciente, principalmente controladas por el clima, las variaciones del nivel del mar y el alzamiento de la Cordillera de la Costa. Las primeras fases se refieren a los episodios de formación de tres generaciones de terrazas marinas, mientras que la última etapa involucra el Presente Interglaciario, el establecimiento del nivel del mar actual, por la cual se describe el ciclo de levantamiento tectónico acelerado, con tasas de elevación  $\sim 1$  m/Ka, recientemente propuesto para el norte de Chile y que continuaría hasta el presente.

**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 mapas de geomorfología, donde se consignan los conceptos más importantes de la geomorfología y con el objetivo primordial de organizar el pensamiento tectónico-científico hacia el análisis de las geoformas proponiendo jerarquizar de lo regional a lo particular en geomorfoestructuras, provincias, regiones, unidades, subunidades, y componentes geomorfológicos del mismo modo se plantea para el procesos de cartografía

geomorfológica la adaptación de metodología desarrollada por el International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC).

### **2.1.2. Nacionales**

**Gonzales (2021)**, en su memoria descriptiva geomorfología del departamento de Tumbes a escala 1/50,000, con fines de zonificación ecológica y económica, circunscribe montañas y colinas compuestas por rocas sedimentarias, metamórfica e ígneas; y extensas llanuras conformadas por depósitos aluviales, marinos, fluviales y eólicos recientes. En este estudio se reconocieron 32 unidades geomorfológicas las cuales adquirieron sus actuales formas de acuerdo a los procesos morfodinámicos internos y externos, en los cuales el factor litológico jugó un papel fundamental. La unidad geomorfológica que tiene mayor extensión territorial en el departamento, son las colinas en roca sedimentaria disectada con una superficie de 1,461.65 Km<sup>2</sup> y representa en 31.32% del total departamental.

**Vélez (2020)**, realiza la tesis sobre el estudio geomorfológico y de facies sedimentarias para la identificación de eventos aluvionicos en la cuenca Occoruruni, cordillera Apolobamba en el departamento de Puno, Señala que la cuenca, junto a los Nevados Salluyo, Vizcachani y Sorapata es un importante contribuyente de material clástico compuesto por fragmentos metamórficos y metasedimentarios, con sedimentos de origen glaciario con comportamiento caótico; La cantidad de eventos aluviales, realizan cambios geomorfológicos y sedimentarios investigación de características, identificar rasgos geomórficos y eventos aluviales, determinar el tipo de estratificación, litología y composición mineral; la correlación entre la geomorfología y la investigación sedimentológica ayuda a identificar los eventos aluviales ocurridos en la cuenca, indica el riesgo de rodear centros densamente poblados.

**Alcántara (2019)**, en su investigación Influencia de la Geomorfología y la Meteorización en la Humedad del suelo y recargas de agua en la cabecera de cuenca del río Jequetepeque, genera 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 (la termoclastia y gelifracción).

### **2.1.3. Locales**

**Terrones (2023)**, en su tesis caracterización de las unidades geomorfológicas para la planificación ambiental y territorial sostenido en el distrito de Chetilla, el cual presenta unidades geomorfológicas variables ligada a procesos tectónicos, gravitacionales, deposicionales y erosivos. Se formuló el problema sobre cuáles son las características geomorfológicas que modelan el relieve actual para la realización de una adecuada planificación ambiental y territorial, los tipos de unidades geomorfológicas, como resultado identificó las unidades geomorfológicas como laderas, cuestras, escarpes, espinazo, planicies, terrazas, lomas-lomeríos, colinas, deslizamientos, valle fluvial y superficie de aplanamiento, todas ellas caracterizadas por 22 componentes geomorfológicos de acuerdo al ambiente morfoestructural.

**García (2022)**, Caracterización geomorfológica del centro poblado de Tinyayoc-San Marcos, dando como resultado Las unidades geomorfológicas más representativas según el ambiente de formación fueron: flancos y Cerro dados por anticlinales y sinclinales pertenecientes a un ambiente estructural. El ambiente volcánico conformado por domos y cono volcánico. El ambiente denudativo está dado por laderas denudacionales, lomas y colinas. En el ambiente fluvial conformado valle fluvial, cauces y abanico aluvial. Siendo en el ambiente kárstico las laderas ondulas kársticas lo más representativo. Finalmente, el ambiente Antrópico conformado por el Centro Poblado de Tinyayoc.

**Calderón (2022)**, en su tesis Caracterización geológica y geomorfológica en la microcuenca de la laguna Yahuarcocha, distrito de Cajabamba, el objetivo de la investigación es caracterizar geológica y geomorfológicamente la Microcuenca de la Laguna Yahuarcocha; el tipo de investigación es descriptiva con diseño no experimental, dando como resultado la identificación de 20 unidades geomorfológicas, las cuales están clasificadas y definidas con criterios morfogenéticos, pendientes, topográfico del terreno.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

Para la investigación geomorfológica y en específico para el marco conceptual se desarrollan las teorías que enmarcan los objetivos, Se abordan los conceptos técnicos de mayor importancia, que son necesarios para explicar y definir de manera correcta la investigación, de modo que permita realizar el análisis y determinar los elementos necesarios para caracterizar e interpretar la investigación.

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

**Hutton J. (1726)**, en su tratado “Teoría de la Tierra”, establece que debe partirse de la realidad observable para encontrar una explicación comprensible de los rasgos del relieve y de su evolución.

**Powell (1875), Gilbert (1877)**, realizaron importantes aportaciones al corpus teórico de lo que hoy llamamos geomorfología, sobre todo por lo que se refiere a la importancia de la acción de las aguas continentales, o denudación subaérea, a la que consideran responsable de la mayor parte del modelado, no solo por lo que se refiere a la abertura de valles sino precisamente en relación a los grandes aplanamientos continentales. El primero había formulado la hipótesis de un nivel de base como control del desarrollo de la erosión, el segundo introdujo los conceptos de denudación continental, y el tercero observó la tendencia a la convexidad de las cabeceras de las vertientes y estableció la ley de la capacidad del transporte de los cursos de agua en vertientes y valles.

**Cassetti (1994)**, señala que el estudio de las superficies de aplanación como objetos finales de la evolución guio 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.

**Gutiérrez (1999)**. En su tratado sobre Geomorfología, la Geoforma es un cuerpo tridimensional que tiene forma, tamaño, volumen y topografía, elementos que generan un relieve. Está compuesta por materiales característicos como arenas, gravas, arcilla o cuerpos masivos; que tiene una génesis y por lo tanto una dinámica que explica los materiales que la forman

**Zinck (1989)**, El Paisaje Geomorfológico, gran porción de la superficie de la tierra que es caracterizada ya sea por una repetición de tipos de relieve similares o por una asociación de tipos relieve disimilares, pero unidos por una relación morfogenética específica: volcanismo, plegamiento, erosional, glaciárica, aluvial. Coluvial, deluvial, marino, eólico, lacustre.

**Rodríguez (2000)**, La Geomorfología como todas las ciencias cuenta con un conjunto de principios básicos que rigen y al mismo tiempo sustentan las investigaciones. A continuación se realizará el análisis de los considerados más importantes y que desde el punto de vista geológico son de inevitable consideración.

- Primer principio: Actualismo. Este constituye también el primer principio de la geología y en su esencia plantea que el presente es la clave del pasado.
- Segundo principio: La estructura geológica es un factor de control de la evolución del relieve y se refleja en este.
- Tercer principio: Los procesos geomorfológicos dejan sus huellas distintivas en el relieve y cada uno desarrolla un conjunto de formas propias.
- Cuarto principio: El relieve se desarrolla por etapa, las que se caracterizan por las formas distintivas dadas por la acción de diferentes agentes morfogénicos sobre la superficie.
- Quinto principio: La complejidad geomorfológica es más común que la simplicidad.
- Sexto principio: Sólo una pequeña parte del relieve actual es más antigua que el Paleógeno, siendo la mayor parte del mismo no más antigua que el Pleistoceno.
- Séptimo principio: Una correcta interpretación del relieve actual sólo es posible a partir de la completa interpretación de los cambios climáticos y geológicos ocurridos durante el Pleistoceno.
- Octavo principio: Para la correcta interpretación de la geomorfología de una región es imprescindible tener en consideración las condiciones climáticas.

**Novoa (2007)**, una costa es una zona de múltiples perturbaciones debido al contacto presente y pasado de la tierra con el mar. Este puede entenderse como el espacio influenciado por el océano a lo largo del tiempo, tanto por debajo como por encima de él, creando una zona de transición entre los ambientes oceánico y terrestre. Definido como un espacio en constante cambio que produce procesos erosivos y sedimentarios provocados por corrientes oceánicas, mareas, cambios en el nivel del mar, etc.

**Perfil de equilibrio**: La teoría del perfil de equilibrio se refiere a los procesos de erosión y deposición en la zona costera. Según Dean et al. (2013), esta teoría busca explicar el funcionamiento de los perfiles de las playas a través de las fuerzas constructivas (shoreward acting) y las fuerzas destructivas (seaward acting) que actúan sobre las partículas de sedimento encontradas en el agua. Las fuerzas destructivas pueden ser de dos tipos; la primera y la más importante es la gravedad, la cual, en conjunto con la turbulencia generada por las olas, facilita el transporte de sedimento dirigido por las fuerzas destructivas, es decir, genera que el agua regrese al mar junto con el arrastre de sedimentos de manera

perpendicular a la costa. La segunda es la turbulencia del mar en la zona de disipación de las olas y ambas fuerzas actúan sobre las partículas de sedimento y generan el transporte hacia la playa exterior. La fuerza de la turbulencia se relaciona con los tipos de perfiles de playas; aquellos con pendiente suave se caracterizan por tener bajos niveles de turbulencia, debido a que el rompimiento y energía liberada de las olas se distribuye por una amplia zona de disipación.

Las fuerzas constructivas a pesar de no ser tan obvias existen, ya que si no fuera así no existirían perfiles de playa con pendientes empinadas hacia la bahía. Las fuerzas constructivas tienen su efecto en el movimiento y deposición de las partículas, y dependen de la fuerza y velocidad de la ola (Dean et al., 2015). Entre estas fuerzas se encuentran la corriente cercana al suelo y la suspensión intermitente de los sedimentos, que permite el transporte y deposición de sedimentos que se encuentran dentro de la cresta de la ola. Dependiendo del tiempo de deposición del sedimento, el transporte puede ser a la pleamar o a la playa exterior. Estas fuerzas se encuentran en estado de equilibrio dentro de los diferentes niveles debajo del agua, los cuales si tienen una perturbación se reflejará en el perfil de la playa.

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.

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.

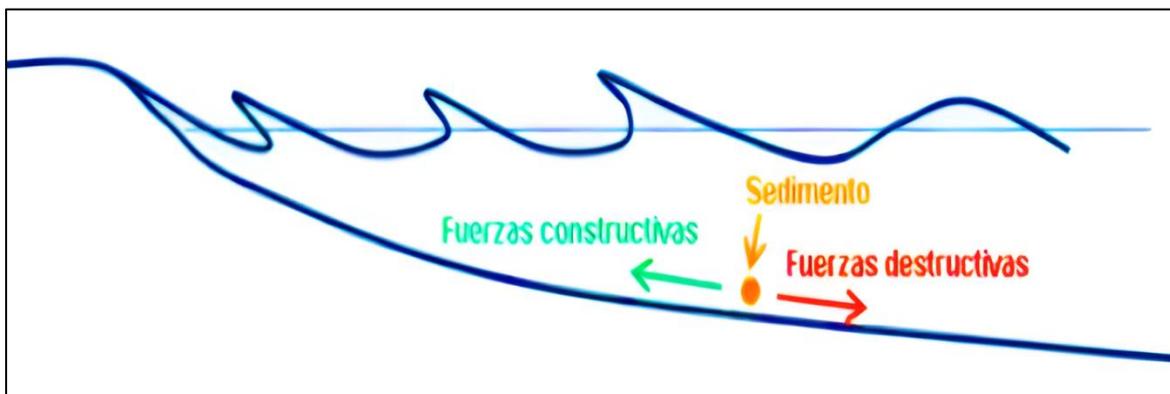


Figura 01: Perfil de equilibrio. Fuente: Dean, et al, (2013).

## **2.2.1. Fundamentos de la geomorfología**

### **2.2.1.1 Geomorfología**

La geomorfología es la ciencia que estudia el relieve terrestre, que es el conjunto de deformaciones de la superficie de la tierra. Lugo, (1998). Considera la siguiente clasificación:

1. Geomorfología general. Comprende los principios teóricos y métodos fundamentales para el estudio del relieve.
2. Geomorfología planetaria. Originalmente se aplicó este término a estudio de las formas mayores de la Tierra, continentes y océanos, y actualmente se extiende a la superficie de los planetas del sistema solar
3. Geomorfología regional. Se ocupa de la regionalización del relieve y del estudio de grandes territorios, con el fin principal de reconstruir las etapas de su desarrollo. Se apoya en la paleogeomorfología, que algunos autores consideran una disciplina más.
4. Geomorfología aplicada. Se trata de las aplicaciones a problemas prácticos por métodos geomorfológicos. Se refiere a la solución de problemas. Basada en las observaciones directas e indirectas sobre el relieve terrestre, en el estudio de las rocas que lo constituye y en la influencia y dinámica de los procesos endógenos y exógenos. (Lugo, 1998).

Para la elaboración de la presente investigación se pretende utilizar la geomorfología aplicada a partir de la cual se usa una serie de métodos geomorfológicos para cumplir los objetivos planteados.

### **2.2.1.2 Objetivos de la Geomorfología**

La geomorfología tiene por objeto:

- a. La descripción de las formas del terreno.
- b. La explicación de su génesis, o sea, de su origen y evolución a través del tiempo geológico.
- c. La definición de la naturaleza y distribución de los materiales que constituyen las geoformas.
- d. La clasificación de los paisajes, principalmente con base en su morfología, origen y composición.
- e. La explicación y descripción de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores. (Villota,2005).

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

### **2.2.1.3 Agentes y procesos Geomorfológicos**

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

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

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

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

#### **2.2.1.3.1 Procesos Endógenos**

Las dinámicas tectónicas son las responsables de la formación en las rocas y la creación de relieves positivos o negativos a través de los llamados procesos endógenos, los que destacan:

- a. Orogénesis o serie de procesos en el origen de una cordillera: plegamiento y/o fractura, levantamiento y hundimiento de macizos rocosos.
- b. Fragmentación y deriva de continentes (tectónica de placas)
- c. Fondo marino que se extiende desde los "valles del rift".
- d. El volcanismo, proceso que da origen a rocas y de relieves determinados.
- e. La intrusión magmática y el metamorfismo de rocas. (Villota,2005).

### 2.2.1.3.2 Procesos Exógenos

Son las acciones que ejercen sobre la superficie terrestre los agentes geológicos externos, entre los principales tenemos: el hielo, agua y viento; dichos agentes son los responsables de la meteorización de las rocas en la superficie terrestre, La erosión, transporte y la sedimentación o depósito de los materiales transportados.

Estos factores son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan a la superficie terrestre, ya sea a través de la degradación o la construcción de nuevos paisajes (Villota,2005).

Tabla 01: Agentes y procesos geomorfológicos exógenos.

Fuerza o Agente	Proceso Geomorfológico	
	Denudativo	Constructivo
Agua, hielo, temperatura	Meteorización de las rocas.	Principios de formación de suelos.
Gravedad, movimientos sísmicos	Remoción de masas.	Sedimentación coluvial.
Lluvia	Erosión pluvial.	Sedimentación coluvial.
Gravedad + agua del suelo.	Remoción torrencial.Flujos de lodo y escombros.	Sedimentación diluvial.
Escorrentía	Erosión fluvial.	Sedimentación aluvial.
Oleaje, corrientes costeras, mareas.	Erosión marina o lacustre.	Sedimentación marina o lacustre.
Nieve y hielo en movimiento (glaciar).	Erosión glaciaria.	Sedimentación glaciaria.
Viento.	Erosión eólica.	Sedimentación eólica.
Hombre	Degradación antrópica.	Conservación y recuperación.

Fuente: Tomado de Villota (2005).

#### A. Procesos de degradación o denudacionales

La denudación se refiere a la meteorización del macizo rocoso continental expuesto y el regolito resultante, debido a la acción combinada de la fuerza de desplazamiento y factores geomorfológicos, lo que resulta en la transformación y reducción gradual de la superficie. La denudación tiene un sentido más amplio que el de erosión, ya que abarca todos los procesos que conducen a la degradación y reducción del relieve inicial, a saber: meteorización de rocas, remoción de masa y diversas formas de erosión (Villota,2005).

### **Meteorización de las rocas**

La meteorización implica la desintegración y desintegración de rocas cohesivas y no cohesivas en productos solubles e insolubles, algunos de los cuales se proponen para formar minerales secundarios de complejidad variable. Lo anteriormente se manifiesta en procesos físicos, químicos y biológicos actuando ya sea en o adyacente a la superficie terrestre. (Hardy, 1970).

### **Remoción en masa**

Abarca el conjunto de procesos denudativos relacionados con la deformación del terreno y el desplazamiento o transposición más o menos rápida y localizada de diferentes volúmenes de suelo, de mantos completos de meteorización, incluyendo material de suelo, detritos y bloques y masas rocosas, cuesta abajo, por incidencia de las fuerzas de desplazamiento (gravedad, movimientos sísmicos), a veces con participación mayor o menor del agua, del hielo y otros agentes (Villota,2005).

### **Erosión**

Erosión es un término amplio a las diversas maneras como los agentes móviles (agua, viento, glaciares) desprenden y transportan los productos de meteorización y de la sedimentación, produciendo pérdida de materiales en la superficie de la corteza terrestre. A la erosión geológica se debe la mayor parte del modelado actual del relieve, el cual se reconoce en primera instancia sobre diferentes de la superficie terrestre por las características morfológicas de los patrones de drenaje, cuya forma, densidad, profundidad de disección y uniformidad dependen de factores litológicos, estructurales, topográficos y climáticos (Villota,2005).

### **Atillanura o Altiplanicie**

Cuando se trata de atillanuras, la profundización del lecho del río es tan pronunciada como la topografía resultante. Aquí, también, el sistema fluvial sigue un patrón detrítico, con fragmentos que son más uniformes en longitud y profundidad, pero varían en su densidad y la forma y anchura de sus desvíos, dependiendo de materiales algo consistentes y permeables como arena, grava, escombros volcánicos, etc (Villota,2005).

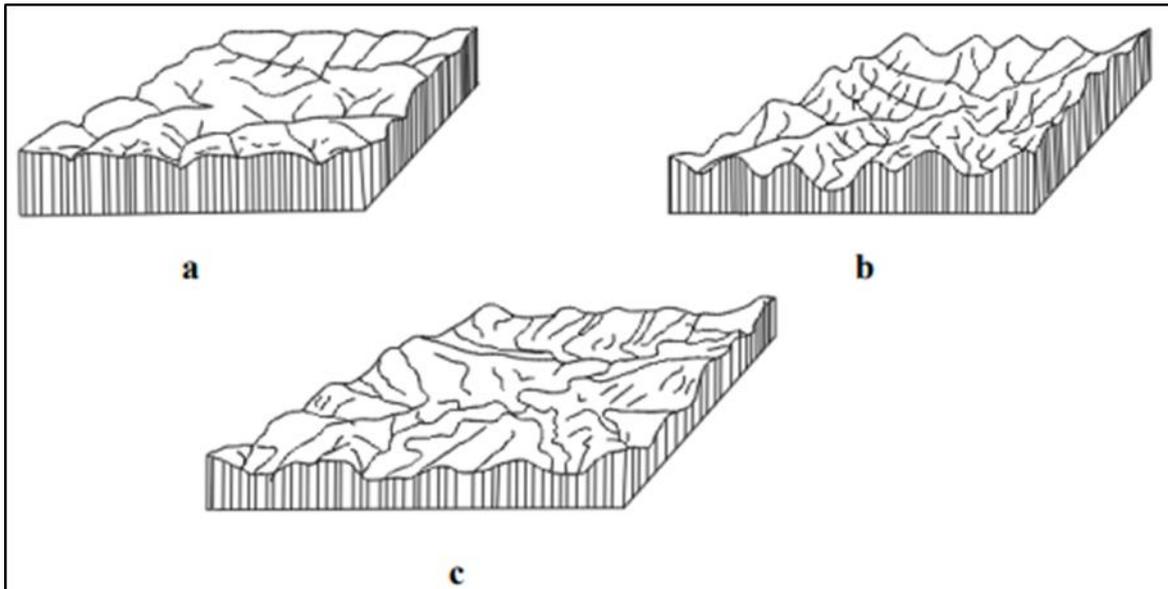


Figura 02: Ejemplos de altillanuras degradadas (Villota, 2005).

### **B. Procesos de agradación**

La acumulación incluye un conjunto de procesos de formación de formas terrestres determinados por fuerzas de desplazamiento y factores de movimiento, tales como: agua de escorrentía, glaciares, deriva costera y corrientes de marea, viento, a través de la depositación de materiales sólidos que tienden a la denudación de mayor relieve autoinducida de la superficie de la Tierra. materia producida (Villota,2005).

#### **Sedimentación coluvial**

El proceso de acumulación de materiales heterogéneos (partículas de suelo y escombros) de diversos tamaños en la base de las laderas de montañas, cerros, cerros y acantilados a partir de aquellos fenómenos de remoción de materiales que producen traslocación de escombros por gravedad y gravedad del agua (Villota,2005).

#### **Sedimentación diluvial**

Este proceso de acumulación ocurre cuando uno o más flujos continuos de lodo o detritos se detienen debido a una variedad de factores. Por tanto, su morfología y composición son, entre otras cosas: Fluidez, volumen y/o orden de capas del lodo de la naturaleza y condición del material afectado, las características topográficas de la ubicación de esos depósitos (Villota,2005).

#### **Sedimentación aluvial o fluvial**

Este proceso de acumulación ocurre cuando uno o más flujos continuos de lodo o escombros se detienen debido a una variedad de factores. Por tanto, su morfología y composición son,

entre otras cosas: Fluidez, volumen y/o orden de capas del lodo. Depósitos de limo, la naturaleza y condición del material afectado, las características topográficas de la ubicación de esos depósitos. (Villota,2005).

### **2.2.2. Enfoques geomorfológicos**

La caracterización geomorfológica, actualmente, puede encontrar sus raíces en los trabajos adelantados por el Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) de Australia a finales de los 40s, donde se empleaban técnicas de fotointerpretación tradicional, incluyendo factores de geoformas, suelos y cobertura vegetal (Robertson et al., 2013). Enfoques similares han sido propuestos por varias entidades, sin embargo, cada una presenta características diferentes o ponen más énfasis en algunos factores, entre ellas está:

#### **2.2.2.1 El sistema ITC**

Es un método analítico que comprende aspectos morfogenéticos, morfométricos, morfográficos, morfocronológicos y morfotito-estructurales y examina la geología, la litología y los procesos geomorfológicos. Las unidades geomorfológicas se identifican según la génesis de su desarrollo y se complementan con las características de su relieve, se analizan teniendo en cuenta la influencia de los factores geológicos, los procesos reinantes y las condiciones climatológicas que hayan intervenido en su evolución. Las unidades identificadas en esta forma se limitan siguiendo su geomorfología y se acompañan con símbolos lineales, letras y/o números para adicionar la información sobre la evolución o secuencia del desenvolvimiento (Van et al., 1981).

#### **2.2.2.2 Sistema CIAF**

Es una versión colombiana con este enfoque, constituido por estudios fisiográficos, los cuales se basan en la descripción de los paisajes físicos con elementos de geología, relieve y clima y uso de suelo, método comúnmente empleado en las clasificaciones agrológicas del IGAC (Robertson et al., 2013).

#### **2.2.2.3 Sistema IDEAM**

Desarrolló dos metodologías, la primera para el levantamiento de los Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano para escala 1:500.000, sistemas jerárquicos que combinan las categorías morfoestructurales (procesos endógenos) con los ambientes morfodinámicos (procesos exógenos). En este enfoque se prioriza los procesos

morfoestructurales a través de la interpretación tectónica del relieve en un sistema jerárquico aproximado, seguido por el modelado y las condiciones biogeográficas (Robertson et al., 2013). La segunda metodología es para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000 que combina el apoyo de las técnicas modernas de sensores remotos y cartografía digital junto con las técnicas tradicionales de la fotointerpretación y trabajo de campo (Robertson et al., 2013).

#### **2.2.2.4 Sistema SGC**

Presenta un enfoque más reciente en el país, constituido por la metodología para elaboración de mapas geomorfológicos que retoma los planteamientos de Carvajal (2007) y los sistemas del CIAF y del ITC de Holanda con algunas modificaciones. Aunque los enfoques del ITC, como los del SGC, proponen sistemas jerarquizados, falta un sistema de 28 nomenclaturas y categorías bien definidas para los niveles más detallados (Robertson et al., 2013).

Para la elaboración de la cartografía geomorfológica de las unidades geomorfológicas entre los centros poblados: El Milagro y La Barranca, Pacasmayo - La Libertad, se emplearán los procesos metodológicos planteados por el SGC y el ITC.

#### **2.2.3. Cartografiado geomorfológico**

Es la representación cartográfica del relieve expresadas en unidades geomorfológicas que son delimitadas teniendo en cuenta parámetros morfogenéticos, morfométricos y morfodinámicos, es decir, teniendo en cuenta el origen de las geoformas, la forma y la pendiente, así como los procesos que modelan la superficie terrestre (Castillo, Pérez, & Rebolledo, 2004).

El análisis y el mapeo geomorfológico permiten la reconstrucción de la historia, antigua, presente y futura (Génesis, procesos y edad) del relieve de una localidad. En ese sentido, informa sobre la distribución y correlación de geoformas que permiten la definición de zonas homogéneas que facilitan el análisis y los cálculos en los sistemas de información geográfica S.I.G.

Tal situación hace que los mapas geomorfológicos se constituyan en documentos integradores de otras variables tales como litología, suelos y minería entre otros, que permiten el análisis de amenazas y riesgos geológicos. Adicionalmente permiten la definición de sectores territoriales estructurantes, básicas para la toma de decisiones y

evaluación del geopotencial de una región. En ese sentido el análisis y la cartografía geomorfológica es aplicable al manejo de tierras, zonificaciones geotécnicas y sísmicas de ciudades, planificación del desarrollo de recursos, planificación del uso de tierras, planificación de proyectos y a la política de riesgos naturales (Slaymaker, 2001).

La caracterización geomorfológica contribuye ostensiblemente en la planeación y construcción de obras de ingeniería. Factores del análisis geomorfológico tales como relieve, procesos morfogenéticos, tipos de suelo generados y la localización de obras entre otros aspectos, son tenidos en cuenta en el proceso de ubicación y construcción de obras como carreteras y presas (Carbajal. 2008).

La cartografía geomorfológica involucra la morfología, morfografía, morfometría, morfogénesis, morfodinámica, morfocronología. (Carbajal. 2008).

#### **2.2.3.1 Morfología.**

Aquí se incluye fundamentalmente los gradientes topográficos y las formas relativas. Trata de la apariencia y forma del relieve en general. (Carbajal et. al, 2004).

#### **2.2.3.2 Morfografía**

Descripción cualitativa de las geoformas corresponde a aspectos relacionados con la geometría y se describe en términos de adjetivos descriptivos y representativos. Las propiedades morfológicas son de naturaleza descriptiva. Describen la geometría de formas geométricas en términos topográficos y planimétricos. Se utilizan corrientemente para identificación automatizada de ciertos rasgos de las geoformas a partir de Modelo Digital de Elevaciones (Velásquez et al., 2014).

##### **2.2.3.2.1 Topografía**

La topografía se refiere a la sección transversal de una porción de terreno. puede visualizarse en dos dimensiones mediante un corte topográfico o perfil de la topografía y en tres dimensiones mediante un modelo tridimensional de terreno o forma de la topografía. La caracterización de este rasgo es particularmente importante en áreas de pendiente (Zinck, 2012).

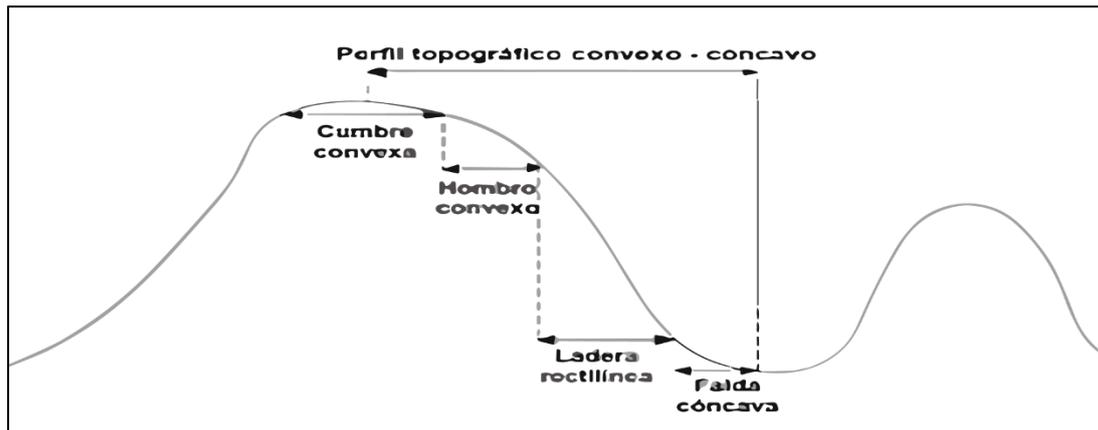


Figura 03: Relación entre los atributos topográficos y los niveles categóricos del sistema de las clasificaciones de las geoformas (Carvajal, et al, 2004).

Tabla 02: Clases o Atributos y sus ejemplos del perfil de la topografía.

Clases	Ejemplos
<b>Plano</b>	Mesa, Terraza
<b>Cóncavo</b>	Cubeta, falda de vertiente
<b>Convexo</b>	Hombro de vertiente
<b>Convexo-Cóncavo</b>	Complejo de facetas de vertiente
<b>Convexo-Rectilíneo-cóncavo</b>	Complejo de facetas de vertiente
<b>Rectilíneo</b>	Ladera
<b>Con peldaños intermedios</b>	Complejo de facetas de vertiente
<b>Con afloramientos rocosos</b>	Complejo de facetas de vertiente
<b>Con escarpe rocoso</b>	Complejo Facetas de vertiente, cuesta
<b>Disimétricos</b>	Lomada, Hogback
<b>Irregular</b>	Vertiente

Fuente: Tomado de (Carvajal, et al, 2004).

Tabla 03: La forma de la topografía.

Clases	Pendiente %	Amplitud del relieve
<b>Plano o casi plano</b>	0-2	Muy baja
<b>Ondulado</b>	2-8	Baja
<b>Fuertemente ondulado</b>	8-16	Baja
<b>Colinoso</b>	16-30	moderada
<b>Fuertemente disectado</b>	30-45	Moderada
<b>Montañoso</b>	>45	Alta

Fuente: Tomado de 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).

### **Pendiente de la superficie**

La pendiente es el ángulo que forma la forma de ladera o el terreno con respecto a la horizontal. La elección del intervalo de pendiente puede tener en cuenta la distribución espacial de la pendiente que, según la escala del mapa definida, representa mejor la forma del terreno. En general, la inclinación de pendiente está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y la susceptibilidad de esa unidad al movimiento de la masa (Carvajal, 2012).

Tabla 04: Rango de pendientes asociadas a las unidades morfogénicas.

<b>Inclinación (Grados)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Características del material</b>
< 5°	Plana a suave	Extremadamente Resistente
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: Tomado Carvajal, (2011).

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

Tabla 05: Formas de la superficie.

<b>Clase</b>	<b>Características del Material</b>	<b>Fenómenos de remoción en masas asociados</b>
<b>Recta</b>	Alta resistencia y disposición estructural a favor de lapendiente	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.	Caída de Bloques. Erosión Diferencial.
<b>Compleja</b>	Mezcla de materiales	Deslizamiento Complejas

Fuente: Tomado de Carvajal (2012).

### 2.2.3.3 Morfometría

Estudia el origen y evolución de las formas del terreno. Consiste en aspectos cuantitativos desde el punto de vista de la longitud, la superficie, la forma y la inclinación. Esta comparación también se incluye de acuerdo con la relación geométrica entre diferentes posiciones espaciales. La morfometría cuantifica las características topográficas como la longitud de la pendiente, el ángulo de la pendiente y la altura de la pendiente, mientras que al mismo tiempo determina la distribución de la pendiente (de suave a empinada, pendiente, cóncava y convexa) (de suave a empinada, pendiente, cóncava y convexa) (Carvajal, et al., 2004).

#### A. 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, tomado del ITC – Van Zuidam (1986).

Tabla 06: Índices de contraste de relieve.

<b>Intervalos de Altura</b>	<b>Descripción 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
500-1000m	Alto	Resistente y erosión moderada
1000-2500m	Muy Alto	Muy resistente y erosión baja
>2500m	Extremadamente Alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

#### B. 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 mapas definidos. En la tabla 6, se presenta un ejemplo de definición de intervalos dependientes (Vargas, 2001). 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 (Carvajal, et al. 2004).

### C. 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 tributos que califican la ladera (Van Zuidam, 1986).

### D. forma de la ladera

La forma de la ladera se puede categorizar en término recto, cóncavo, convexo, ondulada, irregular o escalonada y compleja, ver tabla 9. Esta expresión de la pendiente refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia o control de estructuras geológicas. La forma de la pendiente igualmente condiciona los tipos de movimientos que pueden desarrollarse en una ladera. Es común relacionar deslizamientos rotacionales a pendientes cóncavas y convexas, movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente, complejos a pendientes irregulares (Carvajal, et al. 2004).

### E. Densidad, Frecuencia y textura de Drenaje

Según CIAF (1971), la densidad de drenaje se define como la relación entre la longitud de los segmentos de canal (acumulada para todos los órdenes dentro de una cuenca) y el área de la cuenca drenada. La densidad de drenaje sobre un terreno marca el grado de disección de la misma. Este elemento de análisis se puede estimar subjetivamente teniendo en cuenta la disección del terreno mostrada sobre las imágenes, las fotografías aéreas y la cobertura de drenaje.

Se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$Dd = Ld/A$$

Dónde:            Dd = Densidad de drenaje            A = unidad de área  
                      Ld = Longitud línea drenaje.

Tabla 07: Índice y Valor de Densidad de Drenaje.

Unidad Cartográfica Por Densidad De Drenaje	Km\ Km2
Baja	< 0.5
Moderada	0.5 > ρ < 1.0
Alta	> 1.0

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

La frecuencia de drenaje se define según (CIAF, 1971) como el número de segmentos de corrientes por el área de la cuenca drenada. Se expresa en número de segmentos/Km<sup>2</sup>.

$$Fh = \frac{\sum n}{A}$$

Dónde:            n = Segmentos  
                       A = Área de la cuenca

Tabla 08: Índice y valor por frecuencia de drenaje

<b>Unidad Cartográfica Por Frecuencia De Drenaje</b>	<b><math>Fh = \frac{\sum n}{A}</math></b>
Muy alta	$Fh > 40$
Alta	$20 > Fh < 40$
Media	$10 > Fh < 20$
Baja	$5 > Fh < 10$
Muy baja	$< 5$

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

El análisis conjunto de densidad y frecuencia de drenajes determina la textura de drenaje como indicadores de la relación infiltración. declive, capacidad de infiltración, características texturales de las rocas y sedimentos que constituyen la geofoma y permite además inferir la permeabilidad relativa del material

Tabla 09: índice valor de textura de drenaje

<b>Textura De Drenaje</b>	<b>Densidad Frecuencia</b>		<b>Características Del Material</b>
Gruesa	Baja	Muy baja	Muy gruesa, permeabilidad alta y baja erodabilidad
Mediana	Moderada	Media	Gruesa, permeabilidad de media a alta y erodabilidad de media a baja.
Fina	Alta	Alta	Media a fina, permeabilidad baja y erodabilidad baja
Muy Fina	Muy alta	Muy alta	Material de textura fina, permeabilidad muy baja y erodabilidad muy alta.

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

## **F. Patrón de Drenaje**

El patrón de drenaje se define según Lueder, (1971), en CIAF como "la distribución de todos los canales de drenaje superficiales en un área que estén ocupados o no por aguas permanentes". El patrón de drenaje que se desarrolla en un área está controlado por la inclinación principal del terreno, el tipo y estructura geológica de la roca subyacente, la densidad de la vegetación y las condiciones climáticas. Es importante anotar que el patrón de drenaje refleja la homogeneidad o heterogeneidad del terreno, en cuanto a su litología

infra yacente y las estructuras que lo controlan. Además, evidencia las condiciones e historia de la erosión en un lugar dado (Carvajal, et al. 2004).

Tabla 10: Patrones principales de drenaje y caracterización cualitativa de los materiales donde se desarrolla.

<b>Clase</b>	<b>Características del material donde se desarrolla</b>
<b>Dendrítico</b>	Material homogéneo uniforme resistente (rocas duras o blandas de grano muy fino y textura muy fina ).
<b>Subdendrítico</b>	Material homogéneo. Resistencia uniforme, pero con la influencia de la pendiente.
<b>Paralelo</b>	Se desarrolla sobre materiales duros a residentes con pendientes moderadas.
<b>Subparalelo</b>	Características del material similar, con pendiente media y control de geoformas sub paralelas.
<b>Pinado</b>	Material homogéneo, de textura fina fácilmente erodado.
<b>Rectangular</b>	Material cristalino resistente, homogéneo y con control estructural fallas diaclasas.
<b>Radial</b>	Heterogeneidad en el material y en la resistencia del mismo
<b>Anular</b>	Alternancia de material blandos o duros asociadas a formas domicas o depresiones.
<b>Multicuena</b>	Homogeneidad en el material, desarrollo de geoformas esculpidas de diferente origen.
<b>Contorcionado</b>	Rocas metamórficas residentes en capas gruesas y muy replegadas.

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

#### **2.2.3.4 Morfodinámica**

La morfodinámica trata de los procesos activos en el presente o aquellos que se pueden activar en el futuro. Se relaciona con la dinámica exógena relacionada con la actividad de los agentes como el viento, agua, hielo, remoción en masa.

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 (Acosta et al., 2001).

Tabla 11: Clasificación de Fenómenos de Remoción en Masas.

TIPO DE MOVIMIENTO			TIPO DE MATERIAL ASOCIADO		
			ROCA	SUELO DE INGENIERÍA	
				Predominante grueso	Predominante fino
Caídas			Rocas resistentes	Detritos	Tierra
Volcamientos			Rocas muy inclinadas	Detritos	Tierra
			Hundimiento de roca		Hundimiento de detritos
Deslizamientos	Rotacional	Pocas unidades	Deslizamiento de bloques de roca	Deslizamiento de bloques de detritos	Deslizamiento de bloques de tierras
	Traslacional	Muchas unidades	Deslizamiento de rocas	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierras
Propagación Lateral			Roca	Detritos	Tierras
Flujos			Flujo de roca	De detritos	De tierras
<b>REPTAMIENTO</b> (Áreas de gran extensión)				(Reptación profundo)	(Reptación de suelo)
<b>COMPUESTOS O MÚLTIPLES:</b> Combinación de dos o más de los tipos anteriores.					

Fuente: Tomado de Carvajal (2012).

#### 2.2.3.4.1 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 a la inicial. Igualmente se modifican las propiedades físicas y mecánicas de los materiales alrededor de las zonas afectadas (Carvajal, 2004).

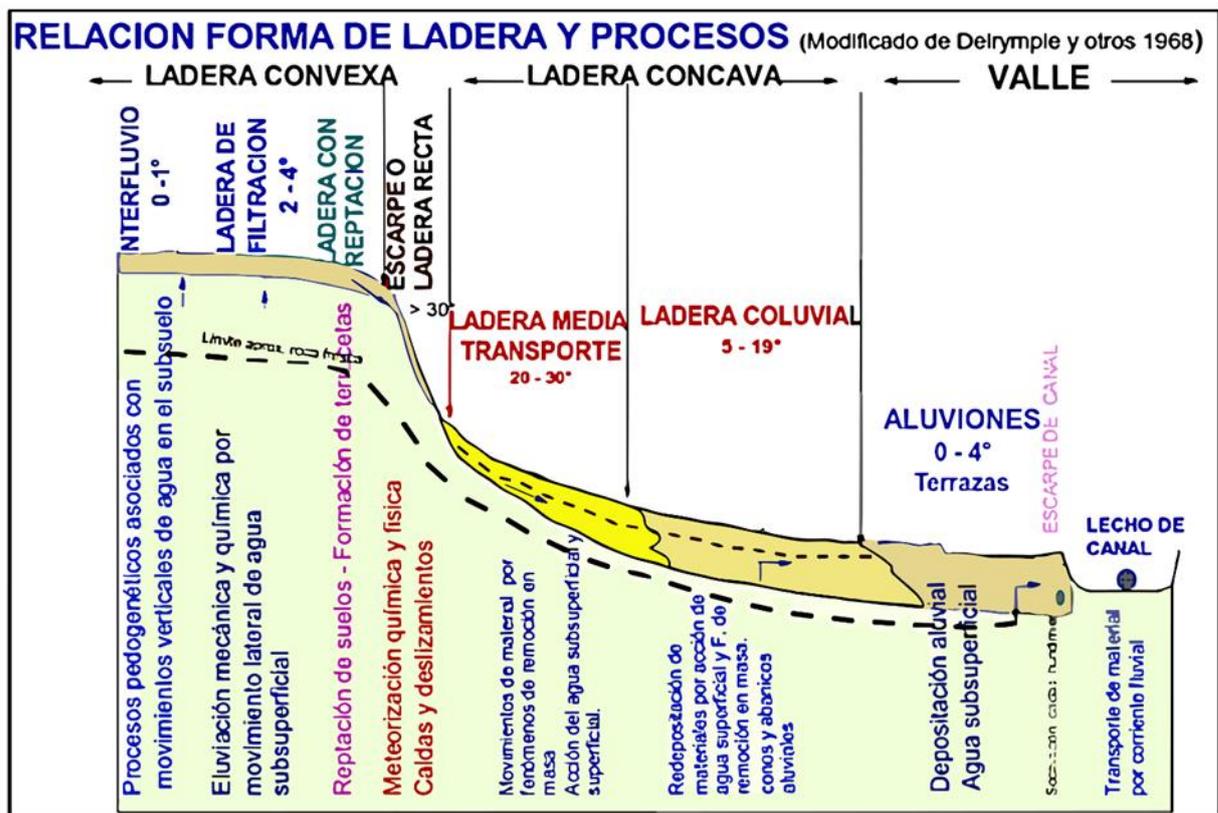


Figura 04: Perfil esquemático de una ladera y la relación entre forma de la misma y los procesos generados en ella. (Tomado y modificado de Delrymple et al. 1968 en Cortes. 1989).

### 2.2.3.5 Morfogénesis

La morfogénesis estudia el origen y evolución de las formas del terreno. 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).

El agua, el viento y el hielo son agentes morfogenéticos que causa erosión o deposición de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecientes. Las geoformas resultantes son generalmente más homogéneas que las geoformas controladas por la estructura interna. Por esta razón, muchas de las geoformas originadas por agente externos pueden ser clasificadas a nivel de forma de terreno (Zinck, 2012).

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).

### 2.2.2.5.1 Ambientes geomorfológicos

Para describir correctamente las unidades geomorfológicas que conforman a su vez el mapa geomorfológico, es necesario definir qué es un ambiente morfogenético y cuáles de ellos se pueden encontrar en una zona determinada (Velásquez et al., 2014).

Una geoforma es una superficie terrestre con características morfológicas distintivas, definidas en su desarrollo por un proceso en particular, que deja reflejada una configuración típica de cada ambiente (M.O.P.T, 1990, citado por Carvajal, 2012); mientras que un ambiente morfogenético agrupa las condiciones físicas, químicas, climáticas y bióticas bajo las cuales se originaron las geoformas (Carvajal, 2012). Los ambientes morfogenéticos pueden ser:

#### Ambiente Morfoestructural

Conciernen a geoformas producidos por la dinámica del interior de la Tierra, especialmente los asociados a pliegues y fallas. Incluye el ambiente neotectónico, geoformas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario. (Carvajal, 2012).

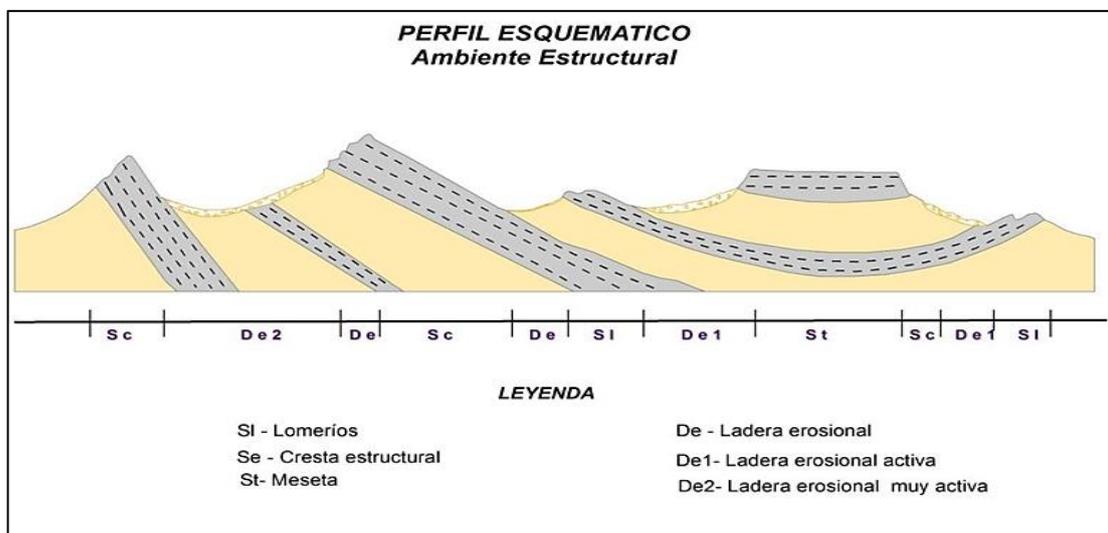


Figura 05: Perfil Esquemático del Ambiente Estructural (Robertson y Jaramillo, 2012).

## Ambiente Denudacional

Determinado por la actividad de procesos exógenos de meteorización, procesos erosivos hídricos, gravimétricos y por fenómenos de transporte o remoción en masa que actúan sobre geoformas preexistentes (Carvajal, 2012).

En climas secos, las formas de erosión asociadas a la disección y la pérdida de suelo producen fenómenos de erosión laminar, cárcavas y barrancos. Por otro lado, las condiciones húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y el movimiento gravitatorio, así como los deslizamientos de tierra, el suelo y los flujos de escombros. Sin duda, estos dos procesos interactúan para producir innumerables combinaciones (Robertson, et al., 2013).

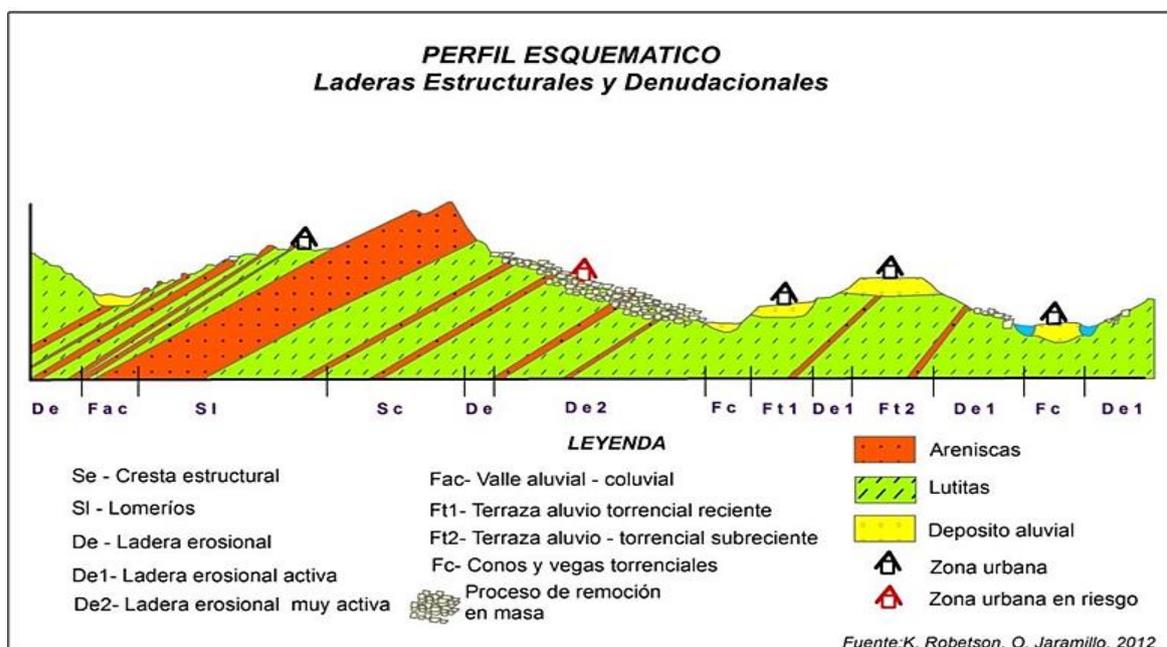


Figura 06: Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales de edad relativa variable (Robertson y Jaramillo, 2012).

## Ambiente Fluvial

Este ambiente es principalmente está dominado la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos en la superficie terrestre. Los ríos son los encargados de transportar sus cargas líquidas y sólidas a lo largo del sistema fluvial, produciéndose procesos de erosión y acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Estos procesos conducen a la formación de las formas características del sistema fluvial, principalmente abanicos de piedemonte, diques aluviales, llanuras aluviales, terrazas aluviales y llanura de inundación. La composición de los sedimentos varía ampliamente para formaciones geológicas anteriores, y estos aspectos pueden analizarse para reconstruir

el ambiente de acumulación (Robertson y Jaramillo ,2012).

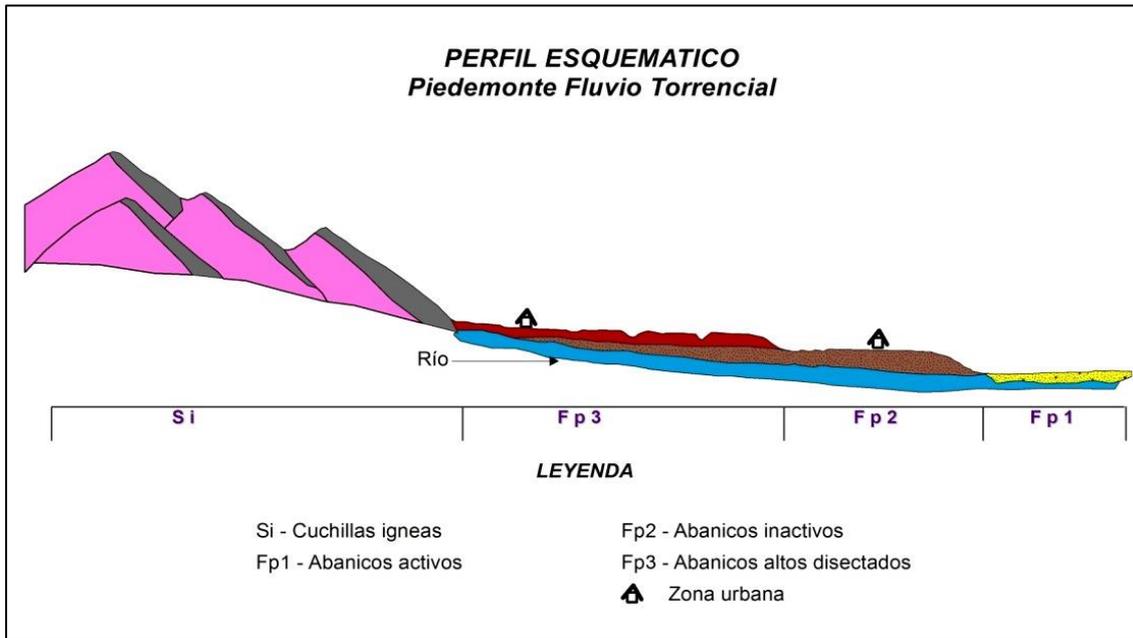


Figura 07: Perfil esquemático de los piedemontes aluvio-torrenciales compuestos por abanicos con grados de disección variable según su edad.

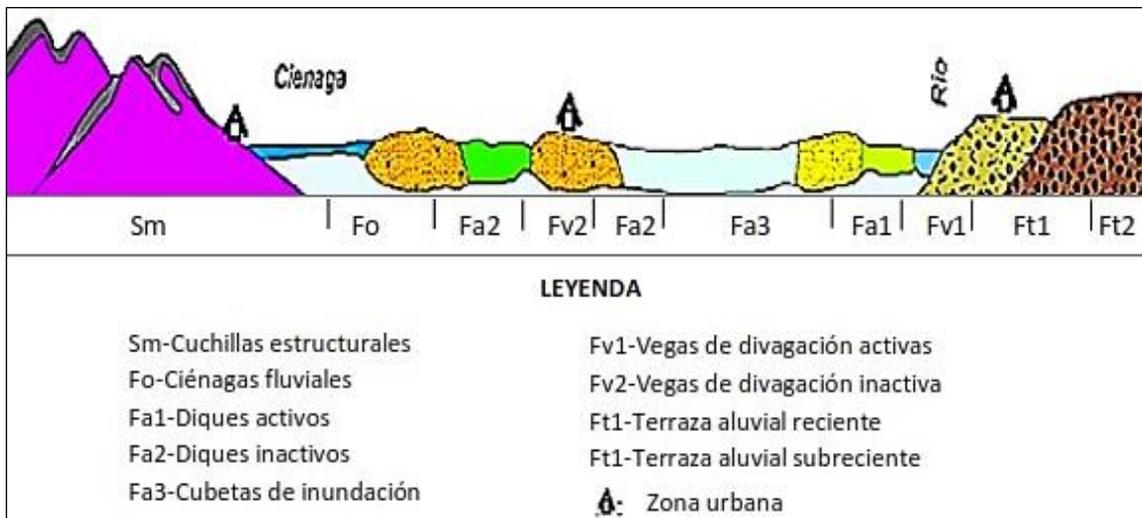


Figura 08: Perfil esquemático de Ambiente Fluvial con sus respectivas unidades (Robertson y Jaramillo, 2012).

### Ambiente Marino

Las geoformas dominantes de la zona costera son el resultado de la interacción de los procesos marinos de oleaje y mareas sobre los elementos continentales tales como la estructura y litología local, los aportes fluviales en los deltas y la actividad biológica de las formaciones arrecifales. Los geoformas marinas, también llamadas “litorales”, reflejan estos subambientes erosionales tales como los Acantilados y los subambientes relacionados los

procesos exógenos de viento y oleaje en las Playas litorales, Marismas y ciénagas litorales, Terrazas marinas, Barreras coralinas y Deltas litorales.

Las playas, también conocidos como cordones litorales, corresponden a geoformas de acumulación arenosa a gravillosa y pueden subdividirse por unidades de playas activas e inactivas (subrecientes). En cambio, las terrazas marinas pueden ser generadas por procesos de abrasión (erosión) o sedimentación y corresponder a variaciones eustáticas del nivel del mar o movimientos tectónicos locales o regionales de la zona costera. Los acantilados también pueden ser de tipo activo si están expuestos a la acción del oleaje o inactivo (fósil) si corresponden a una antigua línea costera, hoy en día levantada o protegida por la sedimentación más reciente (Carvajal, 2012).

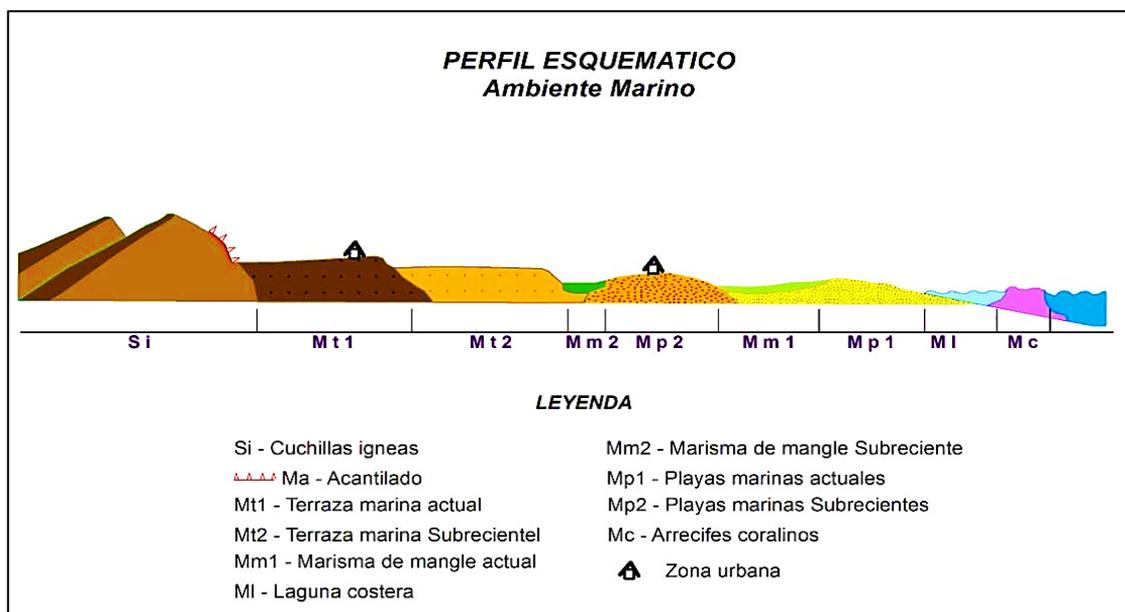


Figura 09: Perfil esquemático del Ambiente Marina con subambientes de playas, marismas, terrazas marinas, arrecifes coralinos y acantilados.

### Ambiente Eólico

El ambiente eólico abarca el conjunto de procesos asociados con la erosión, transporte y sedimentación por el viento. Los procesos erosivos incluyen deflación y abrasión, es decir el arranque inicial de los materiales superficiales mientras los procesos de acumulación se relacionan con la formación de las distintas geoformas eólicas, en especial las Dunas eólicas y los Mantos eólicos o de loess. Estos procesos generalmente requieren condiciones de aridez, poca cobertura vegetal y material superficial erodable. Aunque este ambiente no se presenta comúnmente en la actualidad, dadas las variaciones climáticas del Cuaternario, varias zonas del país se encuentran cubiertas por estos tipos de depósitos y geoformas tales como grandes sectores de los Llanos Orientales y el sector norte del Litoral Caribe.

## Ambiente Antrópico

Este ambiente se caracteriza por presentar geformas generadas por la alteración significativa de la superficie terrestre por la acción del hombre. Dentro de estos procesos se destacan los rellenos artificiales, rellenos sanitarios y las excavaciones, generalmente asociados con la minería a cielo abierto y los embalses artificiales (Carvajal, 2012).

Tabla 12: Relación de procesos geodinámicos y unidades geomorfológicas.

Procesos Geodinámicos (Agentes)	Ambiente Morfogenético	Proceso Morfogenético	Unidades Geomorfológicas Mayores	Unidades Geomorfológicas Menores
INTERNOS (Endógenos)  Deriva continental Tectónica de placas	ESTRUCTURAL	Magmatismo (intrusión) Volcanismo) Tectonismo: Compresión, plegamiento, fallamiento. Sísmicos	Cadenas montañosas (Cordilleras) Altillanuras (Llanos orientales) Piedemonte	Gravens, Horst Valles Sinclinales Laderas Estructurales Anticlinales Piedemonte Cordilleranos Escarpes, laderas irregulares Montaña de pliegue Escarpes de Falla
EXTERNOS (Exógenos)	DENUDATIVO  (Marino, Fluvial, Glaciar, Eólico, Lacustre, antrópico). (Degradacional)	Meteorización  Erosión: fluvial, glacial, hídrica y marina.  Fenómenos de Remoción en Masa.	Valles Intramontanos  Altiplanicies Planicies Marinas	Planicies, Colinas, mesetas y laderas denudadas Valles con cañones pronunciados Valles amplios antiguos Valles aluviales
Agua, Hielo, Viento, Gravedad, fenómenos meteorológicos, Corrientes Fluviales y Marinas, Lluvias	AGRADACIONAL (Marino, Fluvial, Glaciar, Eólico, Lacustre).	Formación de: Suelos Depósitos (Residuales; coluviales, aluviales, glaciares, fluvio glaciares, marinos, lacustres).	Llanuras aluviales; Sabanas Llanuras costeras Llanuras Lagunares Campos de duna	Cerros de deyección Abanicos aluviales Abanicos Glaciar y Fluvio glaciares Llanuras de inundación Espigas Planos Aluviales Terrazas
	Antrópico	Actividad Humana y/o Biológica	Planicies Antrópicas	Planos de relleno Excavaciones superficiales Rellenos de detritos

Fuente: Tomado de Carvajal (2004)

#### **2.2.3.6 Morfocronología**

Trata de la edad relativa o absoluta de las geoformas. Carvajal, (2012).

#### **2.2.4. Jerarquización geomorfológica**

Esta metodología emplea la jerarquización del International Institute for GeoInformation Science and Earth Observation (ITC, por sus siglas en inglés), encontrada en el documento El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos, elaborada por Verstappen & Van Zuidam (1981) y adoptada por Carvajal (2004, 2008). Esto relaciona las escalas de trabajo con las jerarquías geomorfológicas, en donde el nivel más regional busca representar el origen de las geoformas y los ambientes morfogenéticos asociados, mientras que el nivel más detallado muestra las expresiones morfológicas, los procesos morfodinámicos y la influencia de la litología, además de los ambientes morfogenéticos (Velásquez et al., 2014). La jerarquía de las unidades geomorfológicas, con base al documento de Carvajal (2012) se define así:

##### **2.2.4.1 Geomorfoestructura**

Corresponde a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados por estructuras geológicas y topográficas regionales. Ejemplo de esta categoría son cratones, escudos, plataformas, grandes cuencas, cinturones orogénicos y valles en rift (Talero, 2014).

##### **2.2.4.2 Provincia Geomorfológica**

Son conjuntos de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar (Talero, 2014). Localmente, se corresponden con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia, los cuales están demarcados por fallas regionales y continentales definidas o inferidas (Talero, 2014). Se definen en términos tales como: cinturones montañosos, llanuras, peniplanicies, cordilleras y serranías (Talero, 2014).

##### **2.2.4.3 Región Geomorfológica**

Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, por un marco de ambiente morfogenético definido y afectado por procesos dinámicos similares (Talero, 2014). Aquí, se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular

con condiciones climáticas homogéneas. Esta unidad de relieve está conformada por dos o más unidades geomorfológicas (Talero, 2014).

#### **2.2.4.4 Unidad geomorfológica.**

Definida como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo de un ambiente geomorfológico en particular (Talero, 2014). Corresponde con los elementos básicos que componen un paisaje o modelo geomorfológico, soportado por criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala del proceso natural que lo conformó (Talero, 2014).

#### **2.2.4.5 Subunidad geomorfológica**

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

#### **2.2.4.6 Componente o elemento geomorfológico**

Esta subdivisión representa el máximo nivel de detalle en la jerarquización. Determina los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle), en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno, en una subunidad geomorfológica. Igualmente puede estar definida por microrelieves asociados con una característica litológica en especial (Talero, 2014).

Teniendo en cuenta la jerarquización y considerando que la escala del presente trabajo es 1:10.000, se tomó como elemento fundamental la Subunidad Geomorfológica, especificada y clasificada desde un punto de vista morfogenético, por medio de las cuales se pueden separar cada uno de los ambientes geomorfológicos particulares (Talero, 2014).

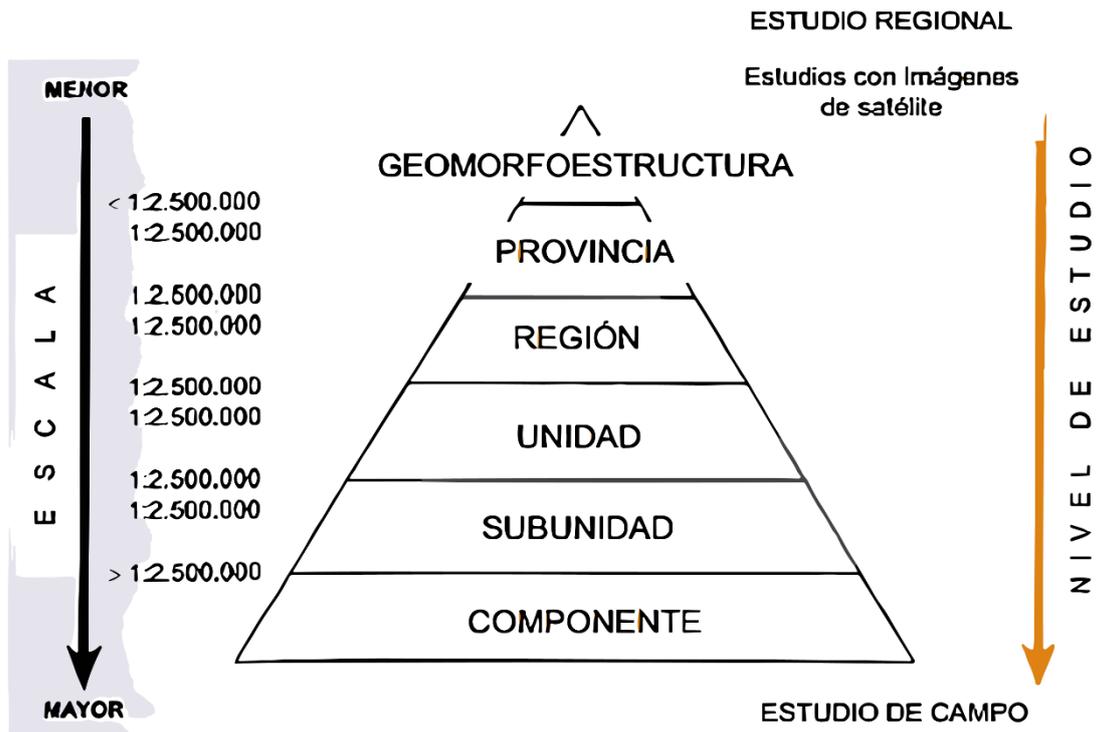


Figura 10: Esquema de jerarquización geomorfológica. Fuente: Tomado de Carvajal, (2012).

### 2.2.5. Nomenclatura, colores y simbología de los mapas geomorfológicos

Para desarrollar los colores de los polígonos que componen la unidad geomórfica se utiliza como base la paleta geolshd ARC/INFO que se utiliza actualmente en Ingeominas. Los colores de los polígonos de las unidades geomórficas se definen según su correspondiente morfología y morfogénesis tal y como propone Carvajal, (2004). Para la Nomenclatura o Notación, se propone usar abreviatura de hasta 6 caracteres; el primero en mayúscula. El primero y segundo carácter se utilizan para identificar el ambiente morfogenético principal ej: (Denudativo: D, Volcánico: V, Estructural: S, Fluvial y deltaico: F, Kárstico: K, Marino y costero: M, Glacial: G, Eólico: E, Antropogénico: A). Se utilizan en el tercero y cuarto carácter letras adicionales que especifican las iniciales del nombre de la geofoma típica de cada ambiente morfogenético (Carvajal, 2004).

#### 2.2.5.1 Definición de los Colores para los Polígonos

Para desarrollar los colores de los polígonos que componen la unidad geomórfica se utiliza como base la paleta geolshd ARC/INFO que se utiliza actualmente en INGEOMINAS el Servicio Geológico Colombiano. Los colores de los polígonos de las unidades geomórficas se definen según su correspondiente morfología y morfogénesis tal y como propone Carvajal, (2012).

Tabla 13. Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas.

<b>Unidad de mapeo por génesis de las Geoformas</b>	<b>Color</b>
Formas de Origen Estructural	<b>Púrpura</b>
Formas de Origen Volcánico	<b>Rojo</b>
Formas de Origen Ígneo - Intrusivo	<b>Rosado</b>
Formas de Origen Denudativo	<b>Marrón</b>
Formas de Origen Fluvial	<b>Azul</b>
Formas de Origen Lacustre/Marino	<b>Verde</b>
Formas de Origen Glaciar/Periglaciar	<b>Gris</b>
Formas de Origen Eólico	<b>Amarillo</b>
Formas de Origen Kárstico	<b>Naranja</b>
Formas de Origen Antropogénico/Biológico	<b>Tramas en Negro</b>

Fuente: Modificado de Carvajal (2004).

### 2.2.6. Perfiles morfométricos

Los perfiles y los mapas topográficos son descripciones continuas de la superficie terrestre. Los procedimientos de clasificación territorial requieren que se subdivide en partes con ciertas características comunes. La morfometría subdivide dos documentos (mapa de sección y mapa topográfico) en áreas con un sentido de pendiente uniforme y pendiente contenida en múltiples rangos. (Centeno ,2008).

1. Análisis de perfiles topográficos: Creación y uso de perfiles morfológicos de medida.
  - a. Definición de segmentos de perfil y clasificación por rango de gradiente.
  - b. La definición de límites entre segmentos de transición es la siguiente: Forma del tránsito (cambio o progresivo y ruptura o neto).
  - c. Relación entre segmentos adyacentes (cambios cóncavos, convexos o mixtos, según la pendiente de los dos segmentos separados).
  - d. Análisis de la geometría de los segmentos: Análisis de la pendiente: Rectilíneo o de pendiente constante y De pendiente variable (Convexo y Cóncavo). Desarrollo del segmento (longitud del segmento). Energía del relieve de los segmentos
  - e. Tipos del segmento (fondo, cima, estabilización o tránsito).
  - f. Puntos neutros y sentido de la inclinación.
  - g. Secuencias continuas.
2. Análisis de superficie (por mapa topográfico o perfil de morfometría continua): Mapa morfológico. (Centeno ,2008).
  - Tipos de superficie
  - Según pendiente (Planos o de pendiente constante, Cóncavos y Convexos.)
  - Según trazado: Plano convergente y Plano divergente.

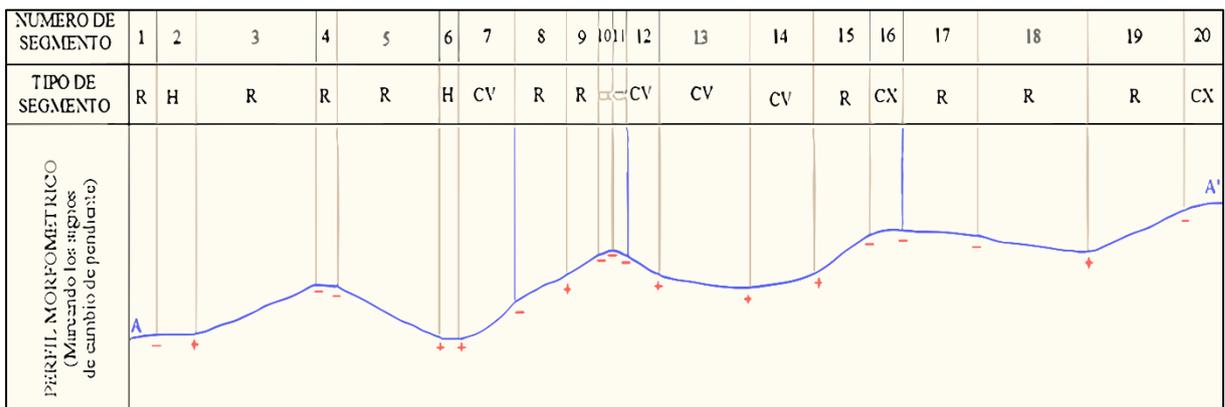


Figura 11: Perfiles morfométricos (Centeno, 2008).

### 2.2.7. Modelo geomorfológico

Un modelo geológico es una representación conceptual de la realidad incierta de una o más unidades geológicas que componen modelos de litología, alteración, mineralogía, estructuras, entre otros fenómenos geológicos presentes en el macizo rocoso. El modelado geomorfológico más popularizados explica que las formas de la superficie terrestre son el resultado de un balance dinámico que evoluciona en el tiempo entre procesos constructivos y destructivos, dinámica que se conoce de manera genérica como ciclo geográfico. r modelos geomorfológicos que detallen, a lo largo del tiempo, los procesos destructivos y constructivos que arrojaron como resultado el paisaje terrestre observable.

El modelo geomorfológico se realizó aplicando la metodología que propone el Servicio Geológico Colombiano en su documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000, para ello se recolectó información con una visita de campo, la cual por medio del software ArcGis 10.5 construyó una base de datos con los shapes brindados por el IGAC, luego siguiendo la metodología se procedió a evaluar los tres parámetros geomorfológicos principales morfodinámica, morfometría y morfogénesis, dentro de las cuales se evaluaron los siguientes atributos, relieve relativo, inclinación de la ladera, unidades de suelo, pendiente, rugosidad, acuenca, ambiente antropogénico, ambientes geomorfológicos y sub unidades geomorfológicas existentes en la cuenca. Para los primeros dos parámetros se hizo uso de las herramientas del software ArcGis.

### **2.2.8 Elaboración de un mapa geomorfológico y modelo geomorfológico**

Según Carbajal (2012), la elaboración de un mapa 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. El planteamiento está dirigido a hacer un mapa geomorfológico básico o analítico, que sirva de base a todas las entidades públicas y privadas, para elaborar mapas sintéticos o pragmáticos de acuerdo con las necesidades particulares de cada institución.

El primer paso en la elaboración de un mapa geomorfológico analítico consiste en buscar datos e información básica temática, tales como mapas 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 mapa, 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 anotar 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 (Carbajal, 2012).

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. 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).

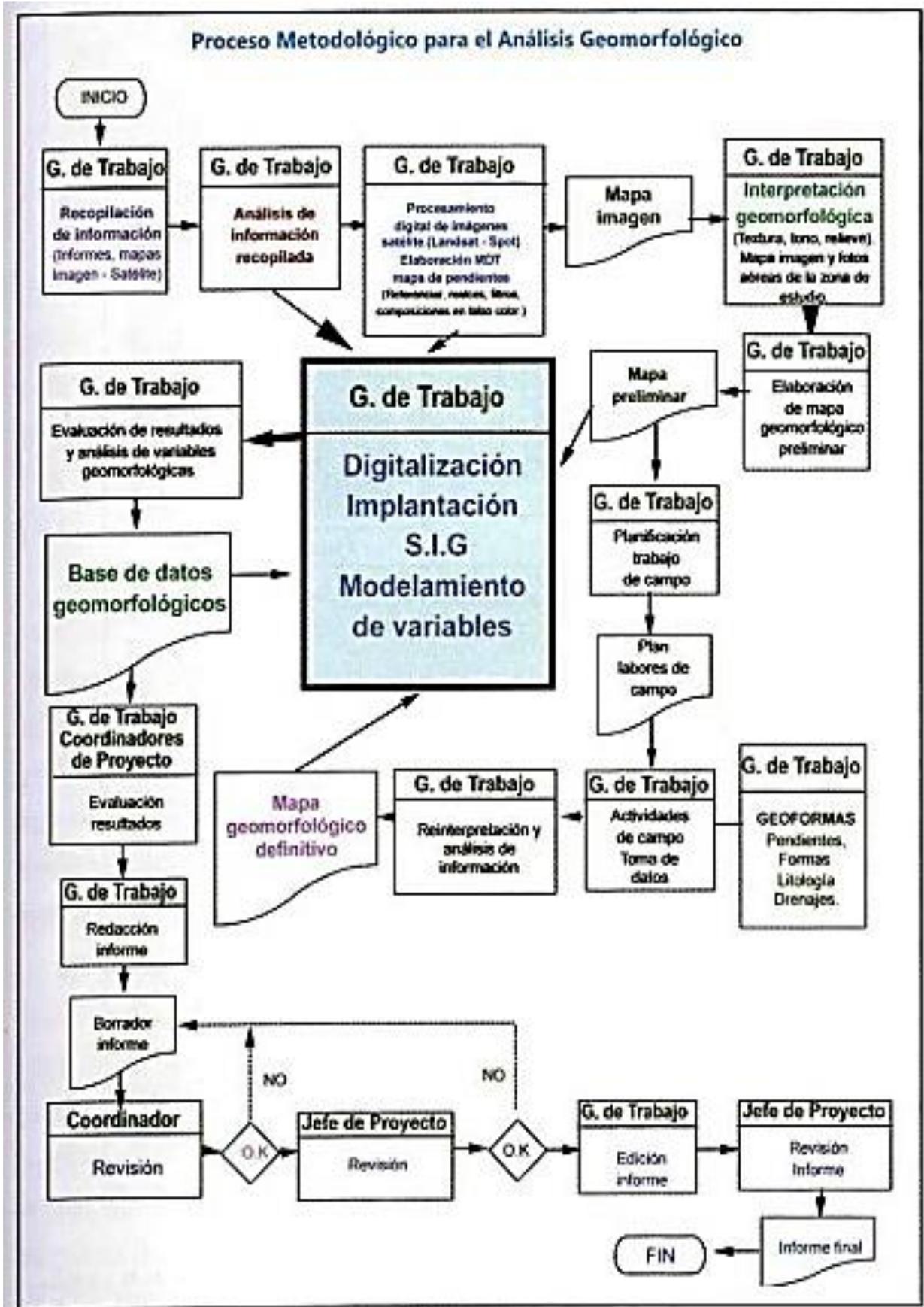


Figura 12. Flujograma de procedimientos tenidos en cuenta en la elaboración de un mapa geomorfológico analítico. Fuente: Carbajal, (2012).

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 mapas geomorfológicos preliminares.

### **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).

**Denudación:** 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 (Jiménes, 1983).

**Agradación:** 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 (Jiménes, 1983).

**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).

**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).

**El Relieve:** Son las múltiples formas que presenta la superficie del globo terrestre, debido a los factores erosivos y sedimentarios, así como a los tectónicos, a lo que también se denomina paisaje o geoforma, los relieves se refieren tanto a las geoformas emersas o continentales como las sumersas o fondos marinos y lacustres. Las formas del relieve tienden a explicarse según las siguientes teorías: diastrófica, magmática, tectónica, catastrófica, actualismo, geodinámica externa. Como se puede ver, se tiene procesos formativos de paisajes de orígenes externos o exógenos y de orígenes internos o endógenos (Dávila, 2011).

**Litoral:** El litoral constituye el área de transición entre los sistemas terrestres y los marinos. Conceptualmente es ecotono, una frontera ecológica que se caracteriza por intensos procesos de intercambio de materia y energía. Son ecosistemas muy dinámicos, en constante evolución y cambio. (Lugo, 2011).

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

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 Geográfica

El área de investigación se encuentra ubicada geográficamente en el noroeste de Perú y al oeste de la ciudad de Cajamarca, rodeado de los cerros los Murciélagos, Pinturas, La Mina, Chilco y Colorado a una altitud de 42 m.s.n.m. Con un área aproximado de 250 Km<sup>2</sup> perteneciente a la zona 17S cuyas coordenadas UTM-WGS84 de sus vértices se describen en la Tabla 14. (*Ver Anexo. Plano N° 01: Ubicación*).

Tabla 14: Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de investigación.

<b>Coordenadas del área de investigación</b>		
Vértice	Latitud	Longitud
1	9197800	653600
2	9197800	665400
3	9176300	668700
4	9176500	655800

##### 3.1.2 Política

Políticamente la investigación se encuentra entre los Centro Poblado el Milagro y la Barranca, Distrito de Pacasmayo y Jequetepeque respectivamente, Provincia de Pacasmayo en la Región de La Libertad. Pacasmayo es una de las doce provincias que conforman el departamento de La Libertad en el norte del Perú. Limita por el norte con la provincia de Chepén; por el este, con el departamento de Cajamarca; por el sur, con la provincia de Ascope, y por el oeste, con el océano Pacífico. ubicado en el sector suroeste, a 196 kilómetros de la Ciudad Cajamarca y a la altura del kilómetro 681 de la panamericana norte.

### 3.1.3 Accesibilidad

La principal ruta para llegar a Pacasmayo es la carretera Cajamarca - Ciudad de Dios, 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 Pacasmayo 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, y de ahí pasamos por Magdalena, seguidamente llegamos a Chilete luego pasamos por Tembladera y la represa el Galito Ciego, para arribar al valle Jequetepeque finalmente llegamos a Ciudad de Dios y Pacasmayo. Un recorrido de 4 h aprox. y de 198 Km a una velocidad de 60 Km/h.

Tabla 15: Accesibilidad desde Cajamarca al distrito de Pacasmayo.

Ciudad	Distancia	Tipo de vía	Tiempo
Cajamarca – Ciudad de Dios	180 km	Asfaltada	3 hora y 30 min
Ciudad de Dios – Pacasmayo	16 km	Asfaltada	20 minutos
Pacasmayo– Zona de estudio	2 km	Afirmada	10 minutos

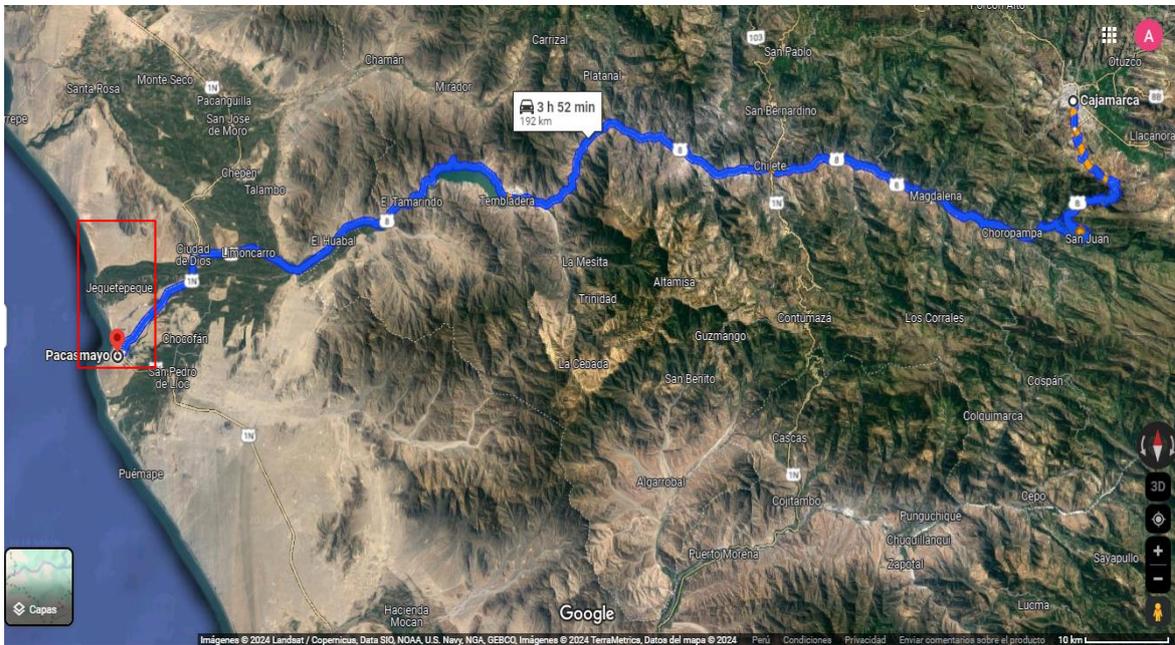


Figura 13: Ubicación del área de estudio desde una vista satelital (Google MAPS, 2023).

### 3.1.4 Clima

El clima en Pacasmayo tiene un clima ecuatorial. Suele ser caluroso en verano, templado y seco durante todo el año, situado entre los 16 °C a 27 °C. La temperatura media anual es

20.2 °C en y precipitaciones medias anual es de 122 mm. La precipitación es la más baja en junio, con un promedio de 3 mm. La mayor cantidad de precipitación ocurre en marzo, con un promedio de 30 mm. (Climate-Data.org. 2023).

Tabla 16: Tabla climática - datos históricos de 1991 - 2021.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Temperatura media (°C)</b>	22.3	23.8	23.7	22	20.3	19.1	18.4	17.8	17.8	18.1	18.9	20.5
<b>Temperatura mín. (°C)</b>	20.4	21.9	21.9	20	18.5	17.3	16.5	16	15.9	16.2	16.9	18.5
<b>Temperatura máx. (°C)</b>	25.5	26.7	26.6	25.1	23.4	22.2	21.4	21	21.1	21.3	22.2	23.7
<b>Precipitación (mm)</b>	13	29	30	13	4	3	3	4	5	6	5	7
<b>Humedad(%)</b>	82%	81%	82%	82%	82%	83%	82%	82%	82%	82%	82%	82%
<b>Días lluviosos</b>	3	5	5	2	1	0	0	0	1	1	1	1
<b>Horas de sol (horas)</b>	8.5	9.4	9.3	8.2	7	6.3	6	5.9	6.1	6.2	6.5	7

Fuente: Tomado de Climate-Data.org. (2023).

### 3.1.5 Vegetación

El área de investigación presenta una vegetación variada: Algarrobos (*Ceratonia siliqua*), Espinos o faite, zapote, chilco, flor de arena o flor de indio, Totora, entre otros. El uso de la tierra se desarrolla la agricultura del valle Jequetepeque.

## 3.2 PROCEDIMIENTOS

### Etapa de pre campo

En esta etapa se realizó la compilación, selección y revisión bibliográfica de informes, tesis, papers y trabajos anteriores referentes a la geología y geomorfología geología de la provincia de Pacasmayo y alrededores. También la utilización y calibración del equipo y la realización del cronograma de actividades.

Se realizó un análisis de imágenes satelitales del área de investigación, para la interpretación de estructuras geológicas y vías de acceso.

### Etapa de campo

Con salidas al área de investigación de acuerdo a lo establecido cronograma, realizando un reconocimiento del área de estudio y un trazado de los primeros límites en el delineamiento

de las principales unidades geomorfológicas. Análisis de los planos topográficos y el mapa geológico para conocer más acerca de la relación entre las formas del terreno, la litología y procesos asociados.

### **Etapa post – campo**

Consistió básicamente en el procesamiento de la información obtenida en campo, rumbos, buzamientos, identificación de litología, identificación de estructuras, etc., serán posteriormente plasmados en el plano topográfico, para la elaboración detallada de un plano geológico, geomorfológico, perfiles morfométricos y modelo evolutivo.

Además, en el caso de los planos y los perfiles se utilizarán los softwares AutoCAD 2022 y ArcGis 10.8 Para el caso del modelo evolutivo se realizó perfiles morfométricos los cuales fueron procesados en el software AutoCAD 2021.

### **3.2.1 Metodología**

La investigación es observacional y descriptiva, el método que se utilizó fue realizar una revisión bibliográfica referente a la geología y geomorfología en los aspectos generales y concernientes al área de estudio, también la consulta de materiales cartográficos e imágenes de satélite que apoyará en la elaboración y la interpretación del área.

La elaboración de planos de pendientes, que ayudará en la elaboración y lectura del plano geomorfológico, asimismo se realizó un modelo evolutivo que proporcionará información sobre la morfogénesis del relieve actual y para finalizar, la elaboración del plano geomorfológico que sirve tanto como base para análisis resultantes en cuanto la síntesis de los resultados de la investigación.

#### **3.2.1.1 Tipo, nivel, diseño y método de la investigación**

##### **Tipo de la investigación**

El tipo de la investigación según el objetivo es aplicado porque el problema está establecido y reconocido por lo cual se utiliza esta investigación para solventar preguntas específicas, es exploratoria y descriptiva, porque implica observar y describir las características geomorfológicas en el tiempo porque se realizó el estudio en un único momento.

##### **Nivel de investigación**

La investigación es descriptiva y explicativa, la cual consiste en identificar y describir las unidades geomorfológicas.

### **Diseño de investigación**

El diseño de investigación es no experimental de campo puesto que la recolección de datos fue obtenida directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna.

### **Método de investigación**

El método utilizado es inductivo –deductivo porque a partir de datos particulares obtenidos de las unidades geomorfológicas para la caracterización geomorfológica, para su mejor entendimiento se resume en la Tabla 17.

Tabla 17: Se sintetiza los tipos de investigación utilizada en la presente investigación.

<b>Tipos de investigación</b>	
Según el nivel	Descriptiva y Explicativa
Según el diseño	No experimental de campo
Según su naturaleza	Cualitativa - Cuantitativa
Según su finalidad	Aplicada
Según el periodo	Transversal en el tiempo

Fuente: Adaptado de Supo (2016).

#### **3.2.1.2 Población de estudio**

La población de estudio es el relieve.

#### **3.2.1.3 Muestra**

La muestra corresponde a las unidades morfológicas según su clasificación específica.

#### **3.2.1.4 Unidad de análisis**

Acantilados, abanicos submarinos, dunas costeras. terrazas, playas, colinas, laderas, montañas, escarpes, meandros, pilares. Paleo dunas.

### **3.2.2 Identificación de variables**

#### **Variables Dependientes**

**Unidades Geomorfológicas:** Elemento básico que compone un paisaje o modelo geomorfológico.

## **Variables Independientes**

**Procesos exógenos:** Procesos responsables del modelamiento terrestre, que se originan a cierta profundidad dentro de la corteza terrestre.

**Procesos endógenos:** Procesos de origen externo, causando así una modificación en el relieve de la corteza terrestre.

**Tiempo geocronológico:** Son divisiones distinguidas, sobre las bases del registro histórico, integra los conocimientos geomorfológicos.

### **3.2.3 Técnicas**

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 2022). 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 la cual se recopiló toda la información que será 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.

Las técnicas que se emplearán para la recolección de datos serán el análisis documental, la observación, y la medición en campo; mientras que los instrumentos estarán constituidos por fichas para la descripción geomorfológica, de litología además de formatos y tablas para toma de datos de rumbo y buzamiento.

### **3.2.4 Equipos y materiales**

#### **3.2.4.1 Equipos**

**GPS navegador Garmín:** se utilizó para la ubicación espacial de los estratos de donde se ha extraído la roca; a través de sus coordenadas en el sistema UTM-WGS-84.

**Lupa de 30x:** para reconocer los componentes de los sedimentos y rocas.

**Cámara digital (13 MPX):** servirá para tomar fotografías en la zona de estudio.

**Protactor:** para cartografiar las unidades geomorfológicas.

**Picota de Geólogo:** para obtener muestras frescas de rocas de los estratos.

**Flexómetro:** para medir algunas geoformas.

**Ácido Clorhídrico (HCL) diluido al 10 %:** para determinar el contenido de carbonatos en la muestra

**Laptop Toshiba:** Instrumento utilizado para el procesamiento de los datos y redacción de los informes.

### **3.2.4.2 Materiales**

**Plano geológico:** del cuadrángulo geológico de San Marcos (1/50 000) obtenidos de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

**Plano topográfico** a escala, en coordenadas sistema datum UTM WGS-84.

**Libreta de campo:** se utilizó para la anotación de puntos, coordenadas, datos y medidas.

**Lápiz, lapiceros y marcadores:** se utilizó para el cartografiado geológico y anotaciones de datos.

### **3.2.5 Análisis e interpretación de datos**

Se realizó 6 salidas al 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 Ms. Excel, ArcGis 10.8 y AutoCAD 2021.

## **3.3 GEOLOGÍA LOCAL**

### **3.3.1 Formación salas (Pi-s)**

La Formación Salas consiste en una serie de rocas metamórficas, principalmente filitas pelíticas y tobáceas negruzcas y marrones, en capas delgadas o laminadas, que afloran en colinas segmentadas bajas. La mayor parte de la secuencia está formada por material pelítico, pero en casi todos los afloramientos se aprecia la presencia de rocas de origen volcánico. También se encuentran conglomerados deformados en muchos afloramientos formado por fragmentos de filitas, roca plutónica y cuarzo lechoso. Las vetas de cuarzo son bastante comunes en las formaciones Salas. Se considera que pertenece al Paleozoico Inferior por su grado de deformación.

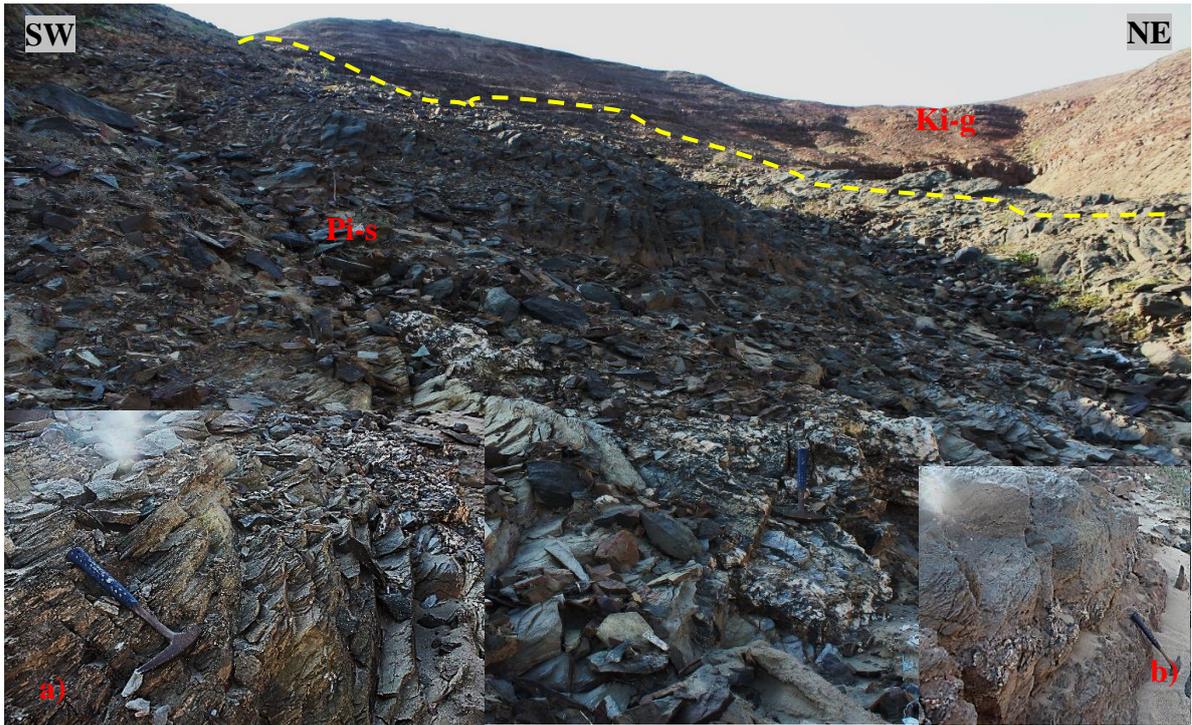


Foto 01: Afloramiento de la Formación Salas en el cerro Chocofan. a). Filitas pelágicas en capas delgadas. b). Veta irregular de cuarzo lechoso granular. (Coordenadas UTM 666276 E, 9183653 N).

### 3.3.2. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Litológicamente la Formación Goyllarisquizga consiste en areniscas cuarzosas de color blanco variando de blanco grisáceo con tonos rojizos a pardos debido al intemperismo, también hay cuarcitas blanquecinas y marrones bien estratificadas en capas medianas e intercaladas con horizontes de lutita gris, marrón y rosada. La estratificación cruzada es común en la mayoría de los afloramientos.

La parte inferior de la secuencia consiste mayormente de areniscas y en algunas partes se encuentra un conglomerado cuarzoso (Lentes conglomeráticos). Al tope predominan areniscas con ligero incremento de limoarcillitas y limolitas grises a verdosas; notándose también El contenido lutáceo de la formación varía de un sitio a otro, pero sin embargo la unidad mantiene una litología relativamente constante a través de la región. está representado por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, las que se hallan fracturadas y alteradas por el intemperismo.

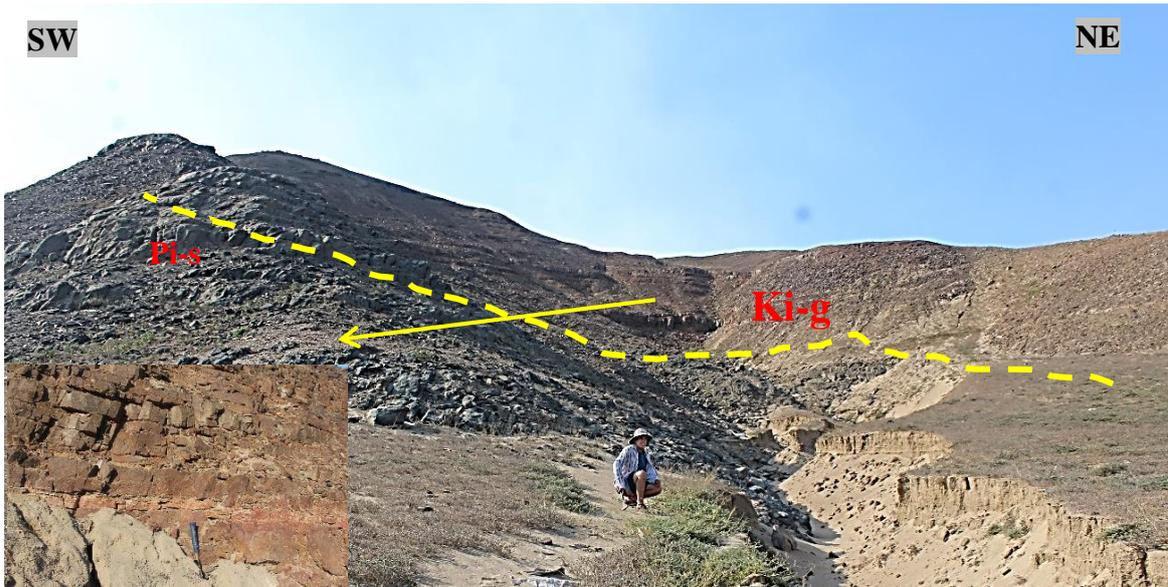


Foto 02: Afloramiento del Grupo Goyllarisquizga en el cerro Chocofan compuesta de areniscas pardo amarillentas alteradas y estratificadas. (Coordenadas UTM 666251 E, 9183666 N).

### 3.3.3 Volcánico llama (Ti- vii)

Su litología es variable, hacia el sector norte se compone de bancos gruesos de brechas piroclásticas de composición andesítica, de color gris violáceas a moradas, y se intercalan con niveles delgados de tobas ácidas de color blanco verdosas, y esporádicamente niveles de conglomerados cuyos fragmentos son de rocas volcánicas, es común observar niveles sedimentarios de origen lacustre con presencia de areniscas calcáreas y calizas fosilíferas.

Asimismo, contiene capas de yeso, arcillas y areniscas rojizas. Hacia el sector sur su litología está constituida por bancos masivos de brechas piroclásticas de composición andesítica y tonalidades gris verdosas, intercaladas con derrames lávicos andesíticos, y niveles de lodolitas tobáceas. De acuerdo a su posición estratigráfica se le considera del Terciario Inferior y se correlaciona con la parte inferior de la Formación Calipuy.



Foto 03: Afloramiento de la formación Llama compuesta de andesitas en el cerro Facio. (Coordenadas UTM 662064 E, 9194472 N).

### 3.3.4 Diorita (KTi-di)

Estas rocas presentan una textura fanerítica de grano medio a fino con contenido de plagioclasas sódica con un contenido de anortita menor al 50%, minerales ferromagnesianos tipo hornblenda, menos biotita y menos frecuentemente piroxenos, es una roca intermedia entre granitoides y gabros, si contiene cuarzo y feldespato potásico es se llama granodiorita, si contiene feldespato de potasio en diorita se llama monzodiorita, los minerales más raros son el cuarzo y los piroxenos, se presentan en tonos medios, Estas dioritas son de grano uniforme, el mineral félsico plagioclasa de 25 es el medio granulometría, el cuarzo es escaso, los principales minerales máficos son la hornblenda. La diorita corresponde a rocas formadas por el lento enfriamiento del magma ya partir de grandes profundidades.



Foto 04: Afloramiento de rocas dioríticas en el cerro Azul, con glasis de acumulación en la base. (Coordenadas UTM 664117 E, 9196202 N).

### 3.3.5 Monzonita (KTi-mz)

La monzonita es una roca ígnea intrusiva. Se compone de cantidades aproximadamente iguales de plagioclasa y feldespato alcalino, con menos de 5 %, en peso, de cuarzo. Puede contener cantidades menores de hornblenda, biotita y otros minerales. Si el cuarzo constituye más del 5 %, la roca se denomina monzonita de cuarzo. Las monzonitas tienen un desarrollo menor en la región. podrían representar dioritas alteradas. Encontramos este tipo de litología al norte de la zona de investigación.



Foto 05: Contacto entre roca y monzonita y diorítica, al NE del cerro Azul. (Coordenadas UTM 662064 E, 9194472 N).

### 3.3.6 Sedimentos recientes del cuaternario

Los procesos exógenos que han actuado en el distrito Pacasmayo y Jequetepeque han permitido la formación de: depósitos fluviales, aluviales, coluviales, marinos y eólicos.

#### Cuaternario fluvial (Qr-fl)

Material depositado y acumulado por los ríos. El tipo de material depende del estado de desarrollo del valle por donde discurre el río, así como del lugar de donde es arrancado el material y también del lugar donde es depositado, dependiendo también de la carga fluvial. Constituido por clastos subredondeado, Consisten de gravas gruesas y finas, arenas sueltas y depósitos limoarcillosos en una matriz calcárea, debido a las condiciones hidrológicas y climáticas de su sedimentación, se ubican como horizontes de terrazas en la parte baja de la cuenca del Jequetepeque y las márgenes de los ríos aledaños formando diferentes geoformas.

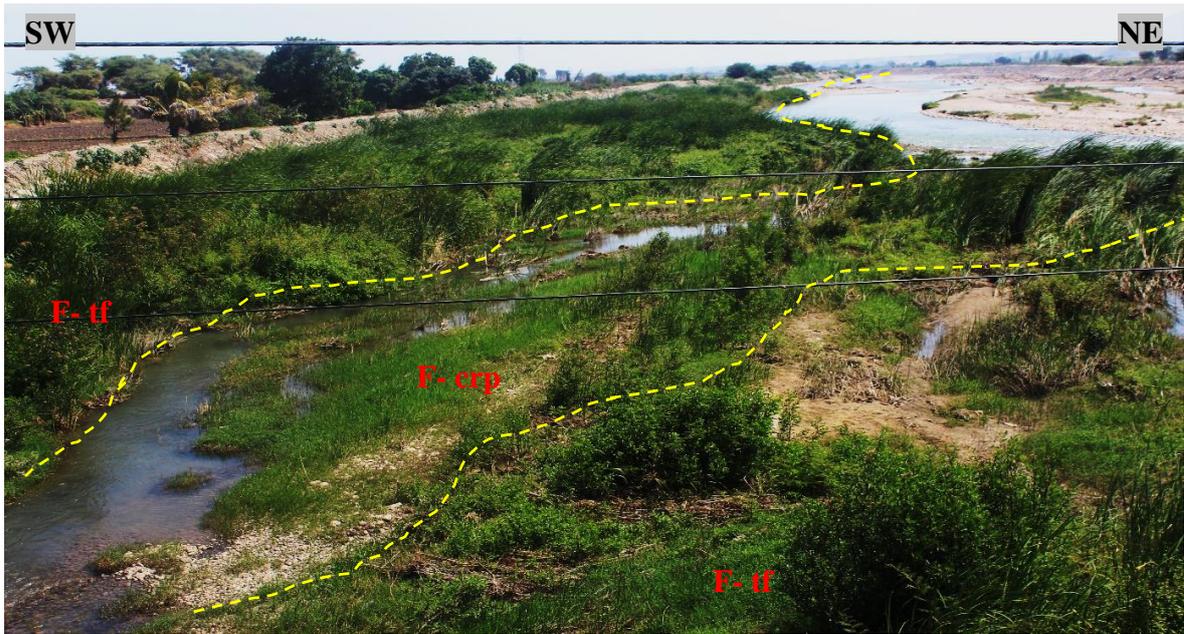


Foto 06: Depósitos fluviales del río Jequetepeque con abundante vegetación. (Coordenadas UTM 662064 E, 9194472 N).

### **Cuaternario eólico (Qr-e)**

Materiales transportado y acumulado por la acción del viento. el viento deja caer su carga de sedimento cuando la velocidad desciende y la energía disponible para el transporte disminuye. Por tanto, la arena empieza acumularse en cualquier lugar en el que una obstrucción situada en el camino del viento ralentice su movimiento, los vientos depositan normalmente la arena en montículos o crestas denominados duna. Este tipo de material encontramos distribuido por toda el área de investigación, pero con mayor predominancia al SE del distrito de Pacasmayo manifestándose en campos de dunas. identificándose el barlovento y sotavento.



Foto 07: Depósitos eólicos de arena fina acumuladas en forma de dunas estacionarias.

### **Cuaternario Coluvio-Aluviales (Qr-co/al)**

Son acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño, pero de litología homogénea, englobados en una matriz arenosa que se distribuye irregularmente en las vertientes del territorio montañoso, habiéndose formado por alteración y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad. Presente al norte de la zona de estudio en los cerros azul y sus alrededores del cerro Facio.



Foto 08: Depósitos coluvio - aluviales en las pampas de Facio. (Coordenadas UTM 663358 E, 9193484 N).

### **Depósito proluviales recientes**

Están caracterizados por estar compuestos por materiales finos detríticos acumulados en las partes: Altas y medias, de la zona de estudio siendo materiales muy inestables por estar en contacto con las precipitaciones pluviales saturándose y perdiendo su estabilidad, formando huacos deposicionales como conos o abanicos aluviales en la quebrada La Hoyada.



Foto 09: Depósitos proluviales recientes de material intrusivo de los cerros Azul y Facio.

### 3.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

#### Marco Estructural

Las estructuras de la región están relacionadas principalmente con los movimientos tectónicos del ciclo andino y los principales sectores estructurales se han diferenciado según la magnitud y el estilo de deformación que han sufrido las rocas debido a su distinta naturaleza y a la variada intensidad de los esfuerzos que han actuado, generando pliegues, fallas y diaclasas. En base a lo mencionado, la región se ha sido afectado principalmente por la seducción de la placa oceánica con la placa de Nasca generando así el batolito de la costa. (Boletín N° 38 serie A - INGEMMET). La Cordillera Oriental es una unidad morfoestructural relevante y continua que se extiende con dirección sureste a noroeste, paralela a la Cordillera Occidental. Su relieve es muy accidentado encontrándose disectada por valles profundos (rio Jequetepeque) con numerosas quebradas. Está constituida por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas e intrusivas de edad paleozoica. Posee drenaje dendrítico, paralelo y rectangular relacionado con una intensa actividad tectónica en el pasado.

#### Fallas normales

Las fallas normales constituyen planos a lo largo de los cuales un bloque “baja” con respecto al otro. Siempre se considera que es una falla normal si el bloque que está “encima” del plano (techo) baja con respecto al bloque que está “debajo” del plano (piso).



Foto 10: Falla normal en la Formación Salas, de DIP:80° y DD:169°, (Coordenadas UTM 663358 E, 9193484 N).

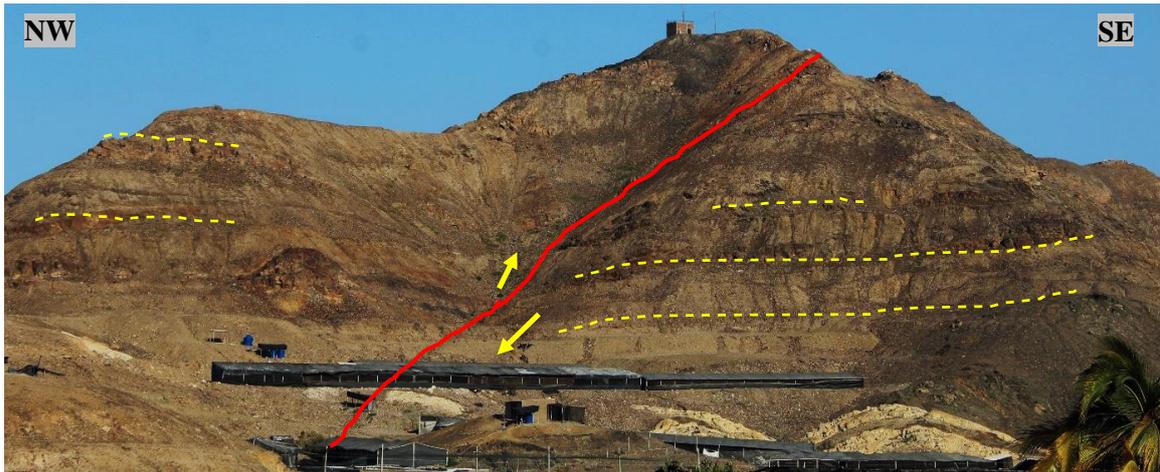


Foto 11: Falla inversa en el afloramiento de rocas silicoclásticas de Grupo Goyllarisquisga, de DIP:44° y DD:132°, (Coordenadas UTM 664493 E, 9184261 N).

### 3.5. GEOMORFOLOGÍA

Las unidades geomorfológicas de la zona de investigación. Se diferenciaron y caracterizaron de acuerdo con su origen estructural, denudativo, fluvial, marino, eólico, volcánico, intrusivo, y antrópico.

#### 3.5.1. AMBIENTE MORFOGENÉTICO ESTRUCTURAL

##### Unidades geomorfológicas mayores por ambiente estructural (S)

##### Loma estructural (S-le)

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por elevaciones estructurales cortas que tienen superficies de forma suave y ondulada con laderas cortas convexas de poca pendiente de aproximadamente hasta los 15° y una altitud que no sobrepasan los 50 metros, su origen está relacionada a procesos internos y una intensa meteorización. Estas geoformas en la zona están caracterizadas en rocas sedimentarias del Ki-g (Grupo Goyllarisquisga) con buzamiento subhorizontal (25° SW). Ubicado al NW del Cerro Chocofan en forma de cerros remanentes dentro de depósitos aluviales.

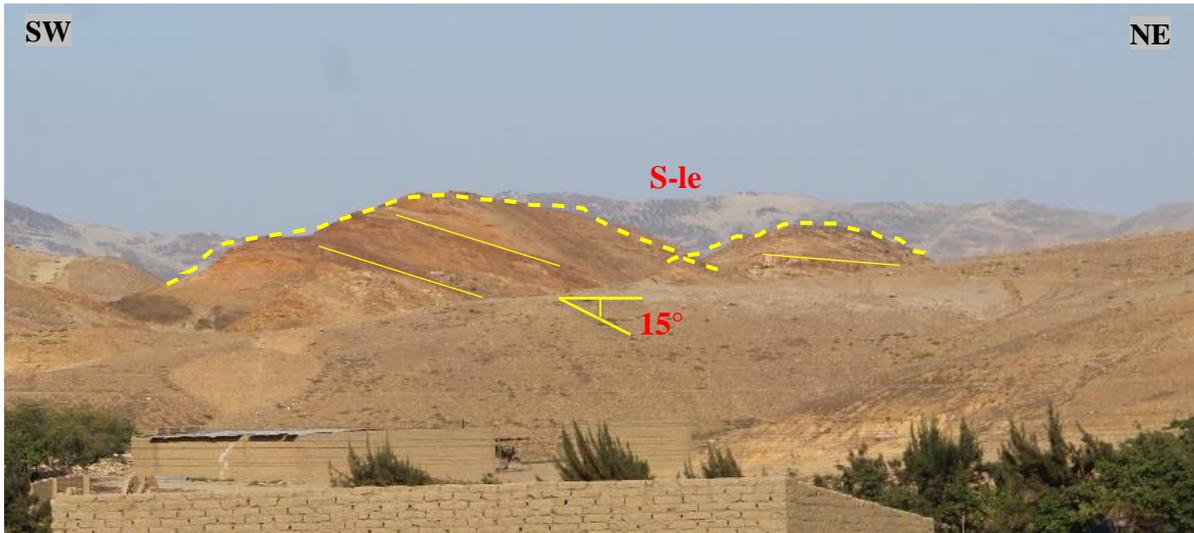


Foto 12: Se aprecia lomas estructurales del Grupo Goyllarisquisga. sobre depósitos aluviales al NW del cerro Chocofan. (Coordenadas UTM 666403 E, 9185894 N).

### Colina estructural (S-coe)

En la zona están caracterizadas por elevaciones topográficas que varían desde 50 a 100 metros sobre el nivel del suelo local y tiene una morfología alomada y alargada de pendientes cortas y no tan pronunciadas. Estos accidentes geográficos son el resultado de una intensa denudación, erosión y meteorización severa. Así mismo podemos observar este tipo de geoforma al NW del Cerro Chocofan en las pampas de Cebruna en forma de cerros remanentes en rocas silicoclasticas. rodeado de depósitos aluviales que han sido aprovechados para la agricultura.

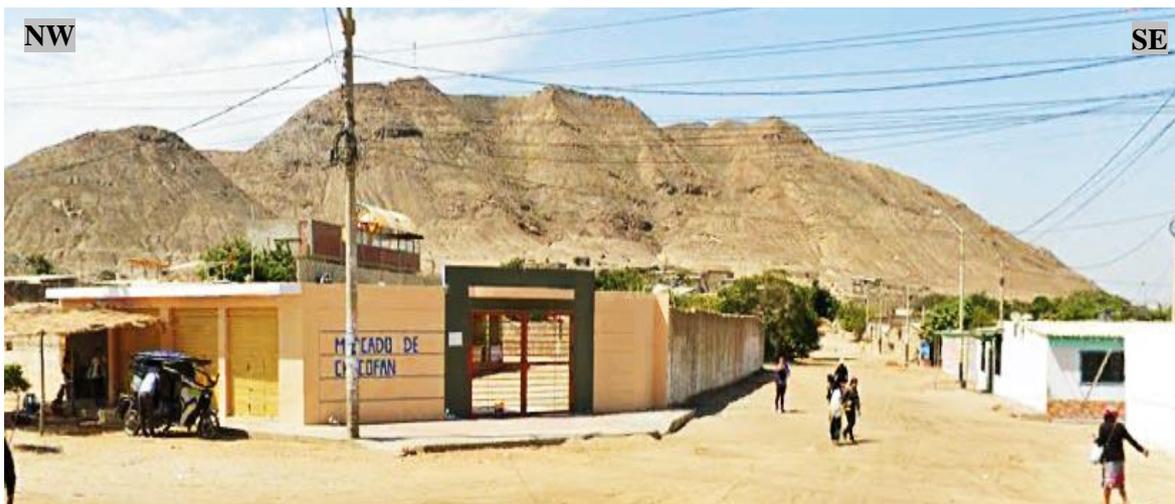


Foto 13: Se aprecia colinas estructurales del Grupo Goyllarisquisga sobre depósitos aluviales al NW del cerro Chocofan, En la base de la colina es aprovechada para viviendas.

### **Cerro estructural (S-ce)**

Son prominencias topográficas aisladas de morfología montañosa con laderas de longitud corta a moderadamente larga, poco disecadas y pendientes muy abruptas a escarpadas, con rangos que oscilan entre los 20 a 45°, limitado por drenajes subparalelos, así como se evidencia Cerro Chocofan de rocas silicoclasticas y rocas metamórficas filitas de la Fm. Pi-S.



Foto 14: Se aprecia el cerro Chocofan, compuesta de rocas areniscas (Fm. Ki-g) y filitas (Fm. Pi-S) meteorizadas por acción del agua, viento y variaciones de temperatura.

### **Loma Elongada residual (S-ler)**

Son formas alargadas estructurales cortas que tienen superficies de forma suave y convexa en dirección perpendicular al drenaje principal. Estas geoformas se observaron al NE del cerro Chocofan a la margen derecha de la carretera que une el CC.PP. Chocofan y CC.PP. San Jose. Evidenciándose en rocas areniscas de grano medio de la Fm. Ki-g.



Foto 15: Conjunto de lomas disectadas en estructuras de rocas silicoclasticas.

## Unidades geomorfológicas menores por ambiente estructural

### Lomas residuales (S-lr)

Esta unidad geomorfológica se refiere a elevaciones topográficas que tienen una morfología alomada y alargada -de pendientes cortas a moderadamente largas y pendientes pronunciadas. Muy empinada de 15°. hasta 30°. Estos accidentes geográficos son el resultado de una intensa denudación, erosión y meteorización severa. Así mismo podemos observar este tipo de geoformas en los alrededores del cerro Pinturas, la Mina y el cerro Chocofan.



Foto 16: Lomas residual de material silicoclastico aledaños de las colinas estructurales aledañas del cerro Pinturas. (Coordenadas UTM 661068 E, 9195554 N).

### Espolón bajo (S-eb)

Esta unidad geomorfológica se localiza en los sectores del Cerro pintura y el cerro Chocofan. se observa salientes de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural de la región, desarrollados sobre rocas de la formación Salas limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos.



Foto 17: Espolón bajo en las estribaciones del cerro Chocofan en rocas silicoclasticas, también se observa una planicie de acumulación con vegetación en la base del cerro. (Coordenadas UTM 666375 E, 9183659 N).

### **Ladera Escalonada (S-lec)**

El declive cuya pendiente es el ángulo que forma con la horizontal. La Superficie topográfica que buza en la misma dirección que los estratos subyacentes y es normalmente más o menos paralela a ellos es llamada ladera Escalonada por los estratos ubicados in-situ. Asimismo, podemos observar algo similar en el sector del cerro Chocofan.



Foto 18: Ladera escalonada en el flanco izquierdo del cerro Chocofan en rocas areniscas de la Ki- g. con material cuaternario coluvial. (Coordenadas UTM 666048 E, 9183388 N).

### 3.5.2. AMBIENTE MORFOGENÉTICO DENUDACIONAL

#### Unidades Geomorfológicas mayores por ambiente Denudacional

##### Superficie de aplanamiento (D-sa)

Esta geoforma se caracteriza por presentar un relieve llano con pendiente muy suave de 0° a 8° originado por proceso de erosión eólica y fluvial que despojaron las estructuras preexistentes. Presenta acumulación de materiales denudacionales provenientes de superficies elevadas como cerros, colinas y lomas. En el área de estudio se presenta de forma elongada o alargada desde la fábrica de cementos Pacasmayo hasta cercanamente las estribaciones bajas del Cerro Chocofan teniendo una orientación preferencial de NW – SE y también se extiende a la parte lateral del cerro Pinturas en depósitos aluviales antiguos donde predomina la erosión eólica y fluvial estacionaria. Asimismo, se presenta de forma elongada o alargada desde los sectores de las pampas Facio hasta las pampas de Pueblo Viejo que pertenece al centro poblado la Barranca.

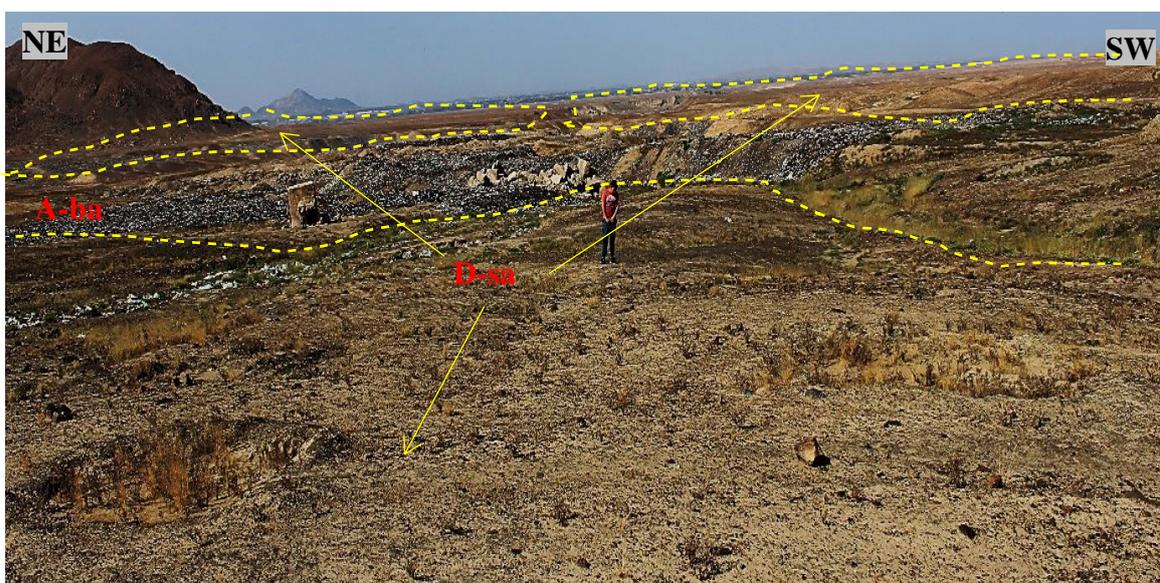


Foto 19: Superficie de aplanamiento ocupando grandes extensiones sobre las pampas de Facio usadas como depósitos de basura. (Coordenadas UTM 664128 E, 9195060 N).

##### Glacis de acumulación (D-ga)

Son geoforma generada por depositación gradual de los materiales arrastrados a lo largo de las laderas por acción de la escorrentía. Presenta pendientes de muy bajas a bajas, se dan sobre litologías muy variadas y como es de esperarse sus depósitos superficiales si bien son diversos tienden a ser de tipo coluvial, su patrón de drenaje es dendrítico y paralelos a subparalelos, además de una disección leve a moderada y presencia de erosión laminar.



Foto 20: Glacis de acumulación en la base de las laderas del cerro Facio, compuesta de guijarros, cantos angulosos, arenas y limos. (Coordenadas UTM 662182 E, 9196600 N).

### **Cerros residuales (D-cr)**

Presenta una expresión morfológica variada desde planicies hasta superficies abruptas escarpadas de bajo ángulo. Son cerros de morfología alomada o colinada de cimas redondeadas de laderas cortas convexas muy inclinadas asociadas con suelos residuales gruesos. Su origen se debe posiblemente a procesos de meteorización diferencial intensa en climas húmedos tropicales diferentes a los actuales. Este tipo de geoformas se presenta principalmente en el sector de las pampas de Facio y en todo el valle disectado del Jequetepeque y sus alrededores del cerro la Mina.

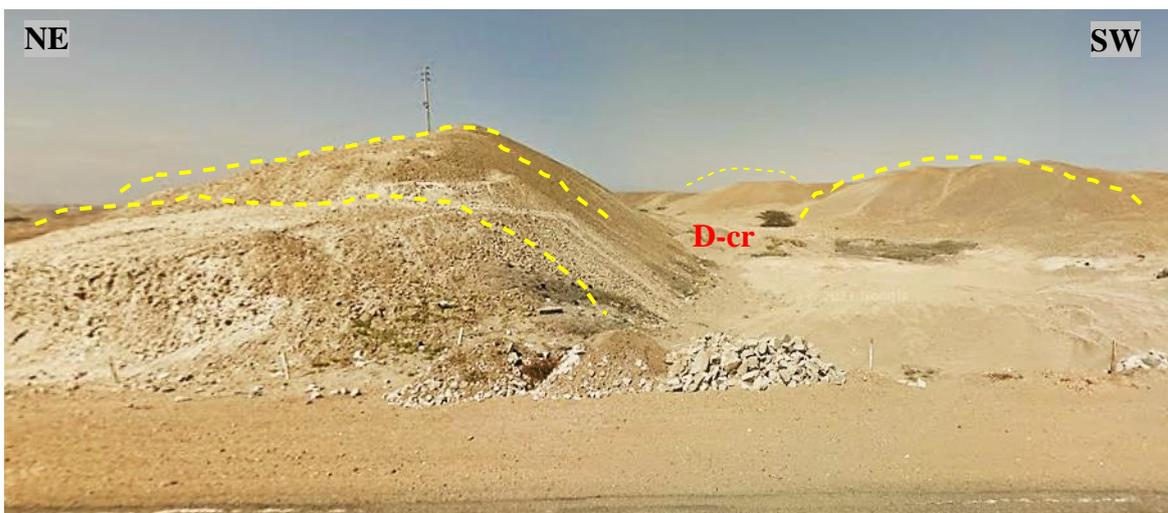


Foto 21: Cerros residuales en depósitos aluviales con clastos subredondeados al norte de Pacasmayo a la margen derecha e izquierda de la carretera a Ciudad de Dios.



Foto 22: Se observa a la margen izquierda de la carretera que conduce a Jequetepeque cerros residuales de matriz cementante de clastos subredondeados de 2 cm a 30 cm.

### **Planicie de depósitos antiguos (D-pda)**

Esta unidad geomorfológica se observa en el sector norte de la zona de investigación a la base del cerro Azul y las estribaciones de las pampas de Facio en depósitos coluviales de rocas volcánicas e intrusivas dioritas y monzoníticas con cauces torrenciales secos estacionarios que meteorizan y moldean el paisaje actual, está conformado acumulaciones de cantos rodados a manera de conglomerado con poca consolidación, guijarros y bloques; contiene clastos de cuarcitas, esquistos, rocas volcánicas y matriz de arenas.

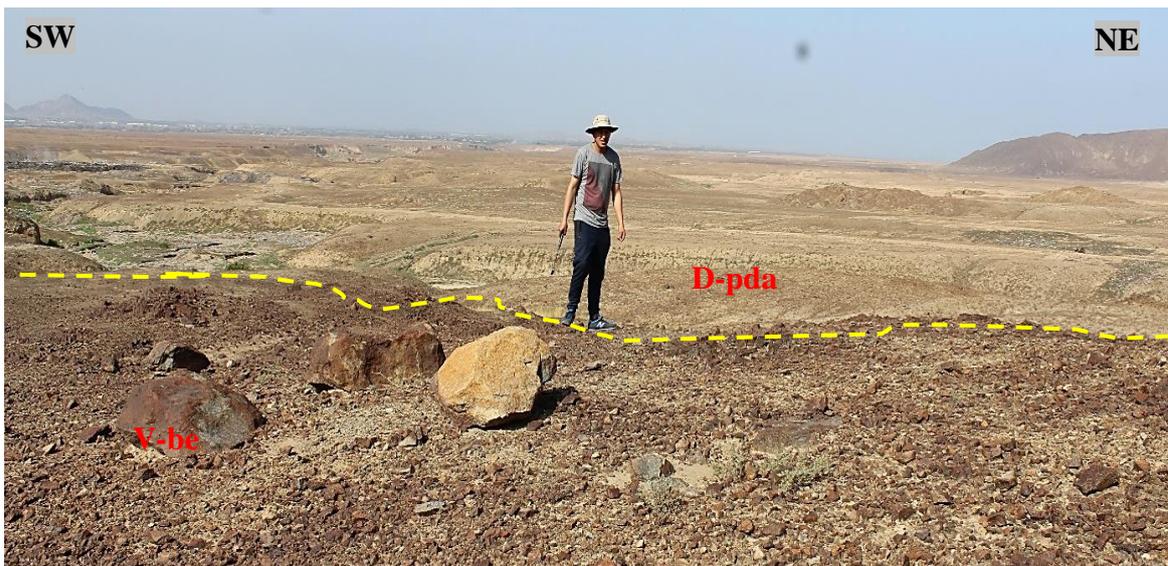


Foto 23: Se observa Planicie de depósitos antiguos en las pamas de Facio donde predomina guijarros, cantos, arenas, y limos a la margen izquierda de la carretera que conduce a C.P. La Barranca. También en la base se observa bloques erráticos.

### **Ladera Denudacional (D-ld)**

Está determinado por la actividad dominante de procesos erosivos la topografía existente presenta inclinaciones considerables, producto de los procesos exógenos ocasionando que tengan de moderada a alta susceptibilidad erosiva y de fenómenos de transposición o de remoción en masa sobre una geoforma ladera preexistente. Estas geoformas dan forma al relieve actual de las pampas de Facios alrededores del cerro la Mina y del cerro Pinturas.



Foto 24: Ladera denudacional sobre rocas volcánicas del Volcánico Llama, se observa depósito de material volcánico clástico homogéneo en el flanco SW de una pequeña loma.

### **Unidades Geomorfológicas menores por ambiente Denudacional**

#### **Cerros remanentes o relictos (D-crr)**

Prominencias topográficas aisladas de morfología colinada, alomada o montañosa que sobresalen de la topografía circundante. La unidad presenta cimas agudas a redondeadas, laderas de longitud moderadamente corta a larga de forma convexa. Su origen se asocia a procesos de erosión y meteorización diferencial acentuada y antigua. Incluye los cerros semienterrados en sedimentos recientes. La unidad se localiza de manera heterogénea a los alrededores del cerro Chocofan y al norte de Pacasmayo en el cerro Pintura.



Foto 25: Se observa cerro remanente de la Fm. Ki-g. dentro de depósitos aluviales.

### Lomeríos disectados (D-ldi)

Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de forma rectas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas, con índice de relieve bajo. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la moderada disección. Estas unidades geomorfológicas se registran en la zona disectada del cerro Chocofan en rocas silicoclasticas de la formación Gollarisquizga.



Foto 26: Conjunto de lomas disectadas en estructuras de rocas silicoclasticas y sus alrededores es aprovechados para viviendas. (Coordenadas UTM 664116 E, 9186872 N).

### Cárcavas (D-ca)

Las cárcavas son socavones producidos en rocas y suelos con pendiente a causa de las avenidas de agua de lluvia estacionarias. Estas producen la llamada erosión remontante. Estas geoformas se han identificado en la parte baja del cerro Azul, en rocas intrusivas (diorita y monzonita) y del volcanico llama. La acción erosiva y del agua han originado el modelado de estas unidades.

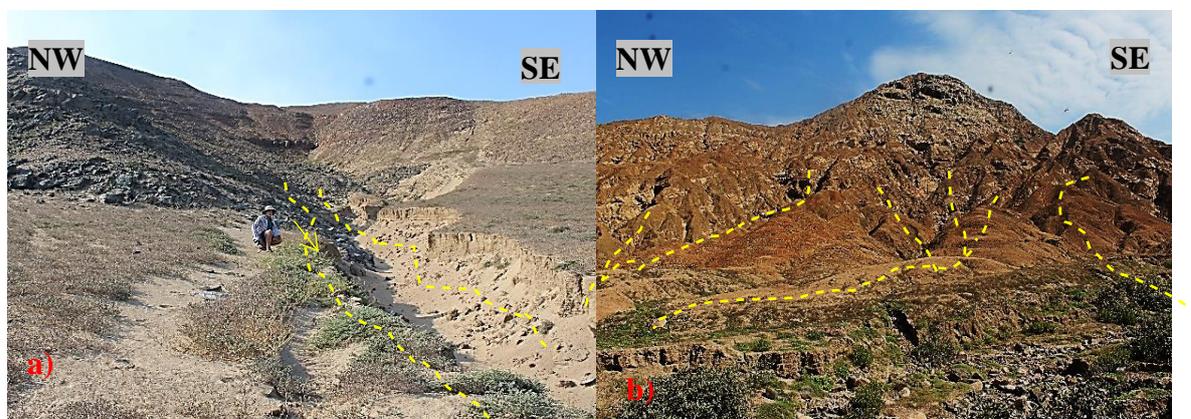


Foto 27: En (a). Observamos el inicio de la formación de cárcavas en material aluvial. (b). Cárcavas insipientes en roca fracturada por la acción geológica de las lluvias.

### **Badlands (D-ba)**

Los badlands se forman en áreas de infrecuentes pero intensas lluvias y escasa vegetación en paisajes áridos. Incisión sobre depósitos originando geoformas con cauces insipientes desarrollando cauces de erosión en surcos como podemos observar a los alrededores del cerro Chocofan y el cerro Azul.



Foto 28: Badlands insipientes en depósitos cuaternarios de gravas y arenas, con presencia de vegetación por las precipitaciones estacionarias. (Coordenadas UTM 663083 E, 9195775 N).

### **3.5.3. AMBIENTE MORFOGENÉTICO VOLCÁNICO**

#### **Unidades Geomorfológicas mayores por ambiente Volcánico**

##### **Espinazo volcánico (V-ev)**

Es una forma del terreno producido por la erosión. Se denota como colina abisal con forma de cresta alargada, la cima es plana y bordeada sobre toda su longitud por taludes. Esta geoforma en evidencia en la cima del cerro Facio la cual hace alusión a la acción y efecto de que los sedimentos que se depositaron y formaron flujos lávicos sucesivos.



Foto 29: Se observa desde la imagen satelital (2023) el espinazo volcánico en la parte alta del cerro Facio donde predomina rocas andesíticas de color verdosa. Fuente: GEOCATMIN (2023).

### **Terrazeta erosional volcánica (V-tev)**

Esta dada por la erosión diferencial de estratos estratificados planos o casi planos. La terrazaetas del cerro Azul y Murciélagos son el resultado de un desprendimiento preferencial por erosión de una capa de flujos más blandos de una capa subyacente de estratos más duros. La eliminación de material más blando expone la superficie plana de la capa más dura subyacente, creando la huella de dichas terrazas en materiales volcánicos.



Foto 30: Se observa terrazeta erosional en rocas volcánicas.

### **Lomerío disectado Volcánica (V-lo)**

Pequeña elevación del terreno, que tienen superficies de forma suave y ondulada, con una configuración suave de sus laderas y base ancha. Pueden ser erosivas originadas por la disección de planicies levantadas de piedemonte y se forman también por procesos acumulativos. Estas geoformas se evidencian delimitadas por cárcavas y acumulaciones de guijarros de material volcánico proveniente del cerro Azul y Los Murciélagos.



Foto 31: Se observa lomeríos disectados de rocas volcánicas donde predomina la erosión fluvial y la meteorización física tiene acumulaciones coluviales de material volcánico.

### **Ladera de montaña denudada volcánica (V-lmv)**

Unidad definida por un relieve de geoformas montañosas que exhiben pendiente abrupta. Al N de la zona de estudio se localiza afloramientos de rocas volcánicas cerro Azul, en este sector presenta un patrón de drenaje subdendrítico con valles en “V” fuertemente disectados; las divisorias de aguas son continuas, sinuosas y redondeadas a angulosas.



Foto 32: Se evidencia Ladera de montaña denudada volcánica con drenajes incipientes.

### **Superficie erial en volcánicos (V-sev)**

Zonas afectadas por erosión hídrica intensa con predominio de surcos y cárcavas, se puede presentar sobre pendientes y litologías variables, si bien pendientes más fuertes y sedimentos poco consolidados favorecen su formación. Posee un patrón de drenaje dendrítico y una disección leve a moderada.



Foto 33: Se evidencia la superficie erial en rocas volcánicas con predominancia de cárcavas en el flanco derecho de la pendiente del cerro Azul. (Coordenadas UTM 659483 E, 9196367 N).

### **Cerro volcánico montañoso (V-cvm)**

Esta unidad geomorfológica se localiza al norte del área de estudio en el cerro Azul. Presenta una morfología montañosa con laderas de longitud corta a moderadamente larga, poco disecadas y pendientes muy abruptas a escarpadas, limitado por drenajes subparalelos y dendríticos, y asociados a la meteorización física en rocas volcánicas.



Foto 34: Se evidencia el cerro Facio de material volcánico con una morfología montañosa con escarpes bien pronunciados. (Coordenadas UTM 667153 E, 9195739 N).

### **Unidades Geomorfológicas menores por ambiente Volcánico**

#### **Talud de bloque erráticos (V- tbe)**

Bloques de roca insitu de tamaño variado, accionado por meteorización física y transportado por procesos gravitacionales acumulados en los taludes. Estas geoformas se evidencian en los flancos de las colinas adyacentes del Cerro Azul, en material volcánico andesítico.



Foto 35: Talud de bloques erráticos de roca andesita de tamaño irregular.

### **Cerros remanentes o relictos volcánicos (V-crv)**

Prominencias topográficas aisladas que sobresalen de la topografía circundante. Su origen se asocia a procesos de erosión y meteorización diferencial, estas geoformas se localizan al NE del cerro Facio en las superficies de aplanamiento donde sobresale en forma de colina. Está compuesto de material de roca andesita del volcánico Llama.



Foto 36: Cerros remanentes en material volcánico asociado a procesos denudacionales.

### **Alveolos en roca volcánica (V- alv)**

Son oquedades de dimensiones variables propias de superficies verticales que están expuestas frontalmente al viento que transporta micro partículas de sedimentos constantemente generando de esta manera los alveolos. Estas geoformas se encontraron en material volcánico expuesto a la erosión eólica predominante de S a N.



Foto 37: Alveolos en roca andesita por acción de los vientos que transportan partículas finas, también se observa bloques erráticos de diferentes dimensiones.

### 3.5.4. AMBIENTE MORFOGENÉTICO ÍGNEO - INTRUSIVO

#### Unidades Geomorfológicas mayores por ambiente Ígneo - Intrusivo

##### Lomerío Elongado en Roca Ígnea (I-lei)

Geformas producto de la abrasión fluvial y eólica que moldean la superficie, en forma de laderas simétricas dadas sobre rocas dioritas y monzonitas con un grado de disección de moderado a fuerte desarrollado sobre pendientes cortas. Estas unidades se observaron al NW en las estribaciones del cerro Azul. Con un patrón de drenajes paralelos y enrejados.



Foto 38: Se evidencia lomerío elongado en rocas dioritas y en la base se observa lomas de acumulación material poco consolidado. (Coordenadas UTM 665758 E, 9195555 N).

##### Ladera de montaña desnuda intrusiva (I-lmd)

Los procesos morfodinámicos que ocurren en esta zona dan origen a montañas que presentan generalmente una pendiente de moderada a fuerte, con desarrollo de un patrón de drenaje enrejado por la erosión difusa de ladera. Esta geofoma se manifiesta al SE de las pampas de Facio en rocas dioritas y monzonitas con alto grado de meteorización física.



Foto 39: Se evidencia laderas erosionadas por lluvias estacionarias en monzonitas y en la base se observa cauces estacionarios con material fluvial de aguas arriba.

### **Colina ígnea disectada (I-cid)**

Esta unidad geomorfológica se encuentra Por el tipo litológico los procesos geodinámicos que ocurren en esta unidad son erosión difusa y erosión de laderas los cuales muestran disecciones marcadas en sus afloramientos.



Foto 40: Se observa colina ígnea disectada en rocas dioritas, en la base se evidencia una planicie de erosión con material poco consolidado. (Coordenadas UTM 665625 E, 9193816 N).

### **Glacis de erosión ígnea (I-gei)**

Superficie de erosión, de forma cóncava y suavemente inclinadas, esculpida en roca en zonas de piedemonte por procesos de escorrentía superficial en condiciones climáticas áridas a semiáridas. Es característico el desarrollo de fuerte carcavamiento y tierras malas. Esta geoforma se evidencia en afloramientos rocosos monzoníticos en las estribaciones de las pampas de Facio al NE de la zona de estudio.



Foto 41: Se observa el emplazamiento glacis de erosión ígnea con presencia de cárcavas.

## Unidades Geomorfológicas por ambiente Ígneo – Intrusivo

### Alveolos en roca ígnea (I-ali)

Son oquedades de dimensiones variables propias de superficies verticales que están expuestas frontalmente al viento, que transporta micro partículas de sedimentos constantemente generando de esta manera los alveolos. Estas geoformas se encontraron en material de rocas intrusivas de rocas monzonitas principalmente que está expuesto a la erosión eólica y meteorización física, por ser una roca de contenido de feldespatos potásicos (ortosa), cuarzo granular y plagioclasas.

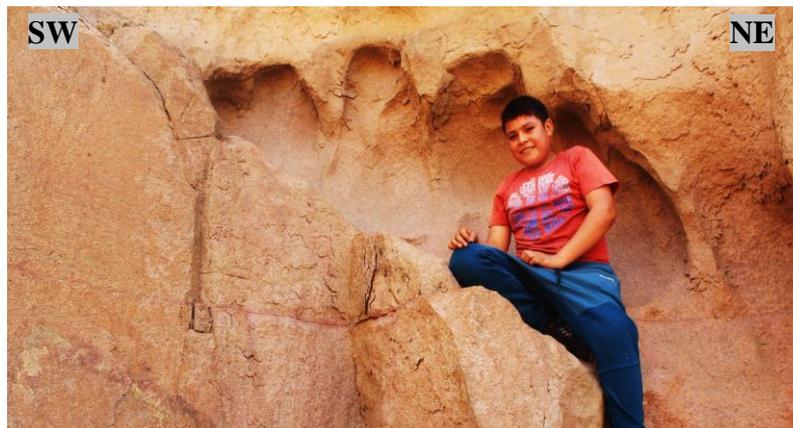


Foto 42: Alveolos en roca andesita, también se observa bloques erráticos de diferentes dimensiones.

### Arco alveolar (I-aal)

Son geoformas asociadas a procesos geológicos eólicos, formados por los fuertes flujos de viento que soplan en una sola dirección, estas unidades se son derivadas de alveolos que al ser más meteorizados forman los arcos alveolares y pilares en rocas monzoníticas, así como se evidencia en la siguiente foto.

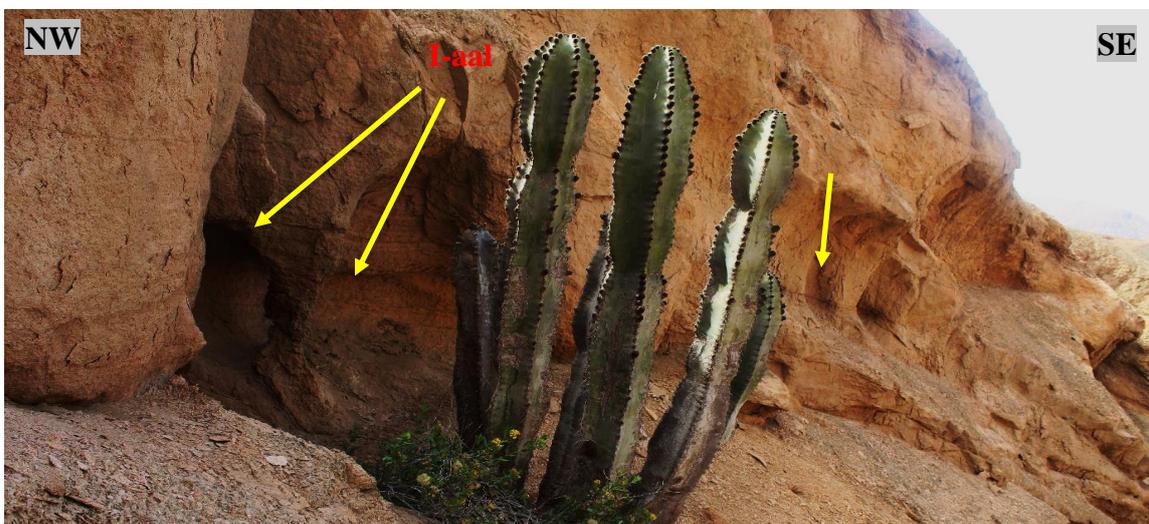


Foto 43: Arco alveolar en la base de paredes verticales de los cañones en rocas monzoníticas.



Foto 44: Arco alveolar en rocas menos compactas que las que lo subyace, generado por accione eólica con una dirección específica de S a N que predomina los vientos.

### **Pilares ígneos (I-pi)**

Formados principalmente por la erosión eólica que meteoriza y a su vez da forma elongada vertical afectados por la motorización física y la asociación de gentes geológicas. Estas geoformas encontramos en material monzonítico que por acción geológica del viento meteoriza en la parte baja del cañón formando pilares sujetos desde el techo, formando cuevas, cavernas y alveolos.



Foto 45: Pilares ígneos en la margen derecha del cañón en rocas monzoníticas, también se observa cuevas cavernas y alveolos asociados a procesos eólicos en rocas intrusivas.

### **Cañón en roca ígnea (I-ca)**

Accidente geográfico provocado por un río producido por la erosión fluvial que erosiona y escaba una hendidura de paredes verticales en todo el lecho. Estas geoformas se evidencian en materiales monzoníticos al E del cerro Azul, está expuesto a agentes geológicos fluviales, gravitacionales y eólicos que enmarcan y dan la morfología actual.



Foto 46: Cañón en roca ígnea monzoníticas afectadas por procesos eólicos principalmente y meteorización física (termoclastia). (Coordenadas UTM 663360 E, 9196594 N).

### **Cerros remanentes o relictos ígneos (I-cr)**

Prominencias topográficas aisladas que sobresalen de la topografía circundante. Su origen se asocia a procesos de erosión y meteorización diferencial, estas geoformas se localizan al SW del cerro Facio en las superficies de aplanamiento donde sobresale en forma de colina. Está compuesto de material de roca diorítica cubierto por guijarros y cantos subangulosos del material ínsituo.



Foto 47: Cerros remanentes de dioritas asociado a procesos denudacionales y erosional. (Coordenadas UTM 665017 E, 9194940 N).

### **Cauce en roca ígnea (I-cri)**

Superficies por donde discurre el curso del agua de zonas de mayor altitud a zonas de menor altitud meteorizando y transportando material a su paso y acumulando en zonas de pendientes bajas. Estas geoformas se evidencian en la parte alta de los cerros y colinas intrusivas de rocas dioríticas y monzonitas que afloran al N de la zona de estudio.



Foto 48: Cauce en roca ígnea de las colinas adyacentes del cerro azul en rocas monzoníticas.

## **3.5.5. AMBIENTE MORFOGENÉTICO FLUVIAL**

### **Unidades Geomorfológicas mayores por ambiente Fluvial.**

#### **Valle Fluvial en V (F-vv)**

Originado por la acción geológica de las aguas de escurrimiento drenado por un solo río. Los valles presentes en la zona investigada están determinados por diferentes factores

tectónicos, litológicos, erosivos, que han modelado estas geoformas además han sido fuertemente determinados por la red fluvial estacionaria que alimenta las aguas del Rio Jequetepeque.



Foto 49: Se observa el emplazamiento de un valle intrusivo en V formado en rocas dioríticas y monzoníticas la cual da origen a la quebrada estacionaria la Hoyada.

#### **Cauce meandriforme (F-cm)**

Se caracterizan por presentar curvas con sinuosidad pronunciada a lo largo del curso del río, en pendientes muy escasa donde los sedimentos tienden a depositarse en la parte convexa del meandro. Estas geoformas se observan en todo la parte baja del rio Jequetepeque y sus afluentes, también se identificó en todos los depósitos aluviales de la pampa de Facio y Pueblo Viejo. Donde presenta acumulaciones de material trasladado por las lluvias.

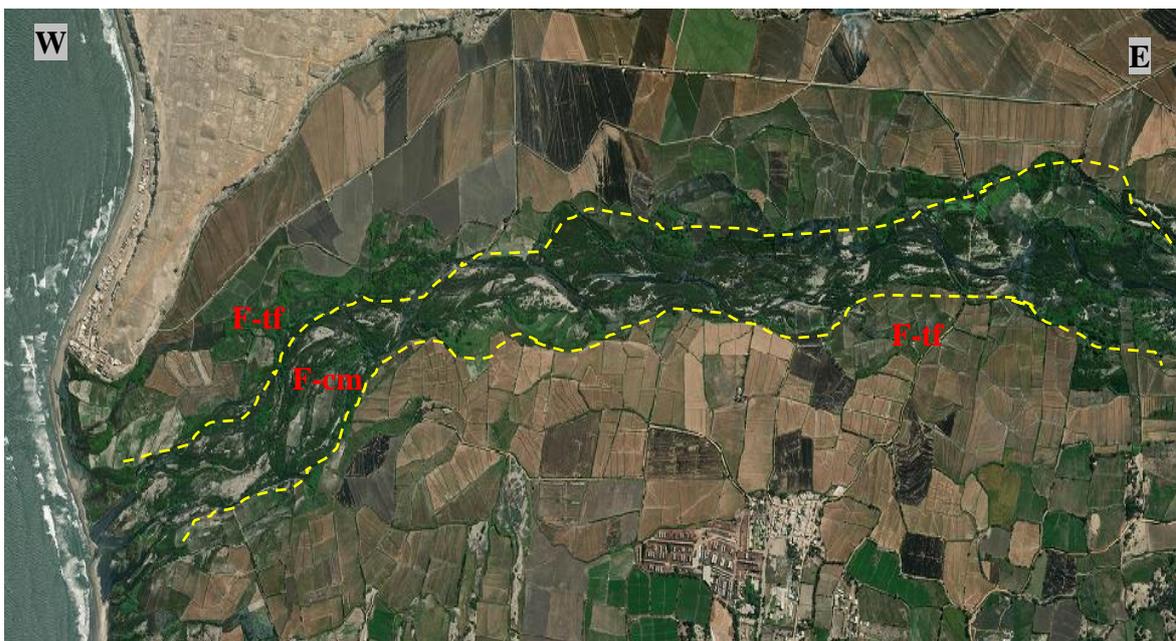


Foto 50: Se observa meandros en la parte baja en la desembocadura del rio Jequetepeque en el mar. Fuente: GEOCATMIN (2023).



Foto 51: Se observa meandros estacionarios con vegetación y acumulación de sedimentos provenientes de la parte alta del cerro Azul y sus alrededores compuesta de material intrusivo y volcánico con cantos, arenas y limos. (Coordenadas UTM 663090 E, 9191656 N).

### **Terrazas fluviales (F-tf)**

Es una geoforma en la que un arroyo llena un valle con sedimentos y luego talla su canal a un nivel más bajo por la variación de del flujo que conduce a un aumento en la carga de la corriente o una disminución en su descarga. Se observa a la margen del rio Jequetepeque con gran predominancia de vegetación desde algunos metros hasta kilómetros que posteriormente estas son utilizadas por la agricultura del valle Jequetepeque. También encontramos terrazas fluviales de menor longitud en las pampas de Facio en materiales poco consolidados por acción geológica de las lluvias estacionales de menor precipitación.



Foto 52: Cauce del rio Jequetepeque permanente con escasa pendiente y cubierta de vegetación con terrazas aluviales a los costados y presenta un cauce meandriforme estacionarios. sujetas a inundaciones por el aumento de flujo o aumento de precipitaciones de la parte alta de la cuenca.

### Cauces torrenciales secos (F-cts)

Esta unidad geomorfológica se relaciona a los fondos de valle que tiene la particularidad de no presentar flujos de agua durante buena parte de año, pero en fenómenos hidroclimáticos pueden reactivarse. La litología que presenta, son bancos de limos, arenas y fragmentos poco redondeados, dejados por torrentes estacionales modernos. Los procesos geodinámicos que ocurren en esta unidad geomorfológica son: socavación fluvial, inundación y erosión torrencial eventual. Estas geformas predominan en la parte baja de las pampas Pueblo Viejo que desemboca en el mar y los cauces torrenciales secos de la pampa de Facio desembocan en la vertiente principal del rio Jequetepeque.



Foto 53: Se observa cauces torrenciales secos en las pampas de Facio. Nótese el nivel de depósitos de sedimentos alcanzados para formar terrazas fluviales en contacto con la intrusión diorítica del cerro Facio. (Coordenadas UTM 662763 E, 9195639 N).

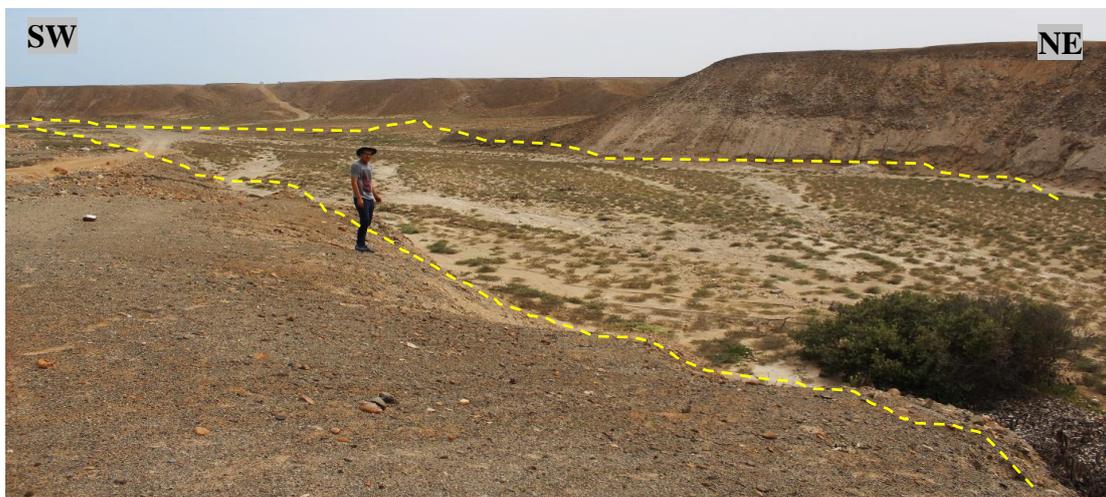


Foto 54: Se observa cauces torrenciales secos en las pampas de pueblo viejo, constituido por material de arenas limos y escasos bloques. (Coordenadas UTM 656565 E, 9194914 N).

### **Llanura fluvio lacustre (F-fl)**

Depresiones someras susceptibles a inundaciones lacustres. El sustrato está constituido por arenas finas, lodos oscuros y/o arcillas ricas en materia orgánica. Son áreas de relieve plano-cóncavo, localizados a nivel del lago ligeramente sobre éste, donde predomina procesos de sedimentación fluvial. Estas geoformas se observan a los alrededores del lago el Muerto.



Foto 55: Se observa llanuras fluviales contiguas a la superficie de aplanamiento conformado por material poco consolidado transportado de la parte alta del cerro Chocofan y Pinturas.

### **Escarpe fluvial antiguo (F-efa)**

Escarpe muy abrupto vertical originado por erosión fluvial del río Jequetepeque, esta geoforma se observa paralela a la margen derecha del río desde el CC.PP. Ciudad de Dios hasta la desembocadura en el mar. Donde se evidencia material subredondeado desde bloques, gravas, arenas, limos y arcillas con matriz cementante calcárea semi estratificada.

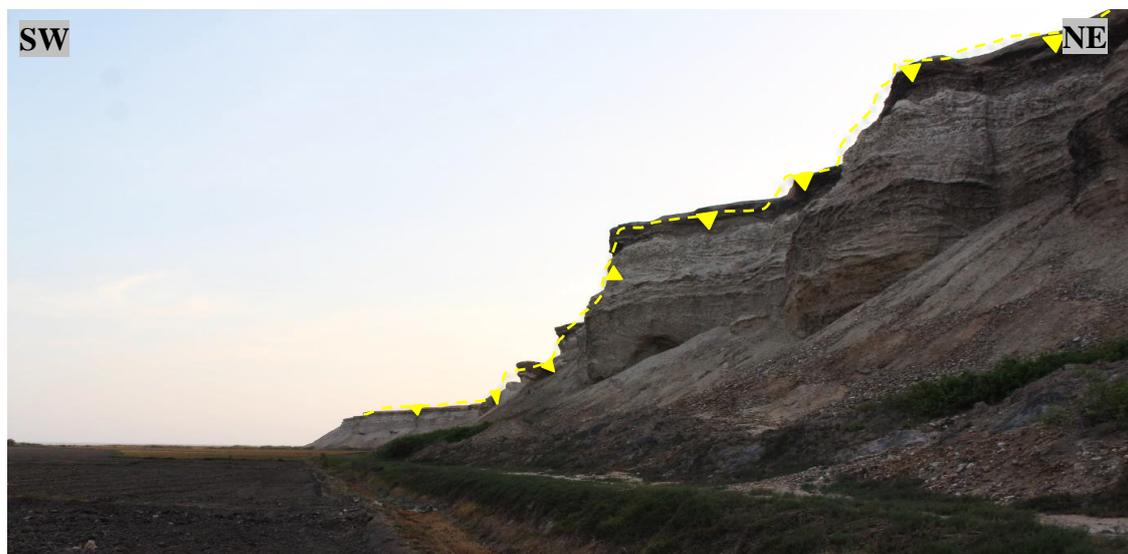


Foto 56: Se observa escarpe fluvial antiguo de 20 m Aprox. De material fluvial con capas.

### **Terraza de acumulación (F-ta)**

Constituyen pequeñas plataformas sedimentarias en valles fluvial por los propios sedimentos del río que se depositan y se acumulan por la variación del flujo o la erosión fluvial estacionaria solo cuando hay precipitaciones. Estas geoformas se identificaron desde la pampa de Facio hasta la pampa de Pueblo viejo depositadas de guijarros, bloques y cantos de material volcánico y de composición diorítica y monzonítica del cerro Azul.

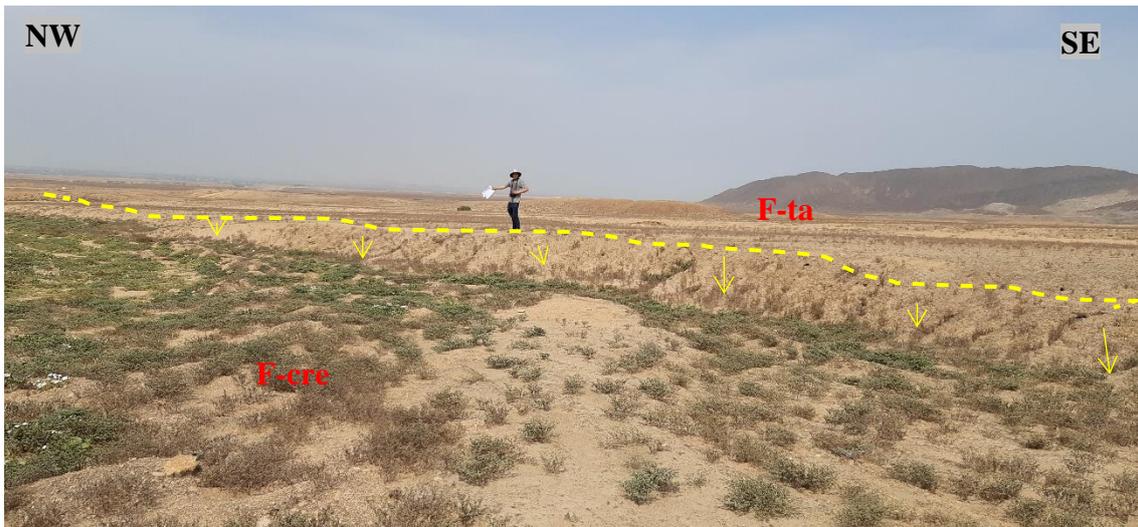


Foto 57: Se observa terrazas de acumulación a los costados de los cauces de quebradas estacionarias localizadas en los mapas de Facio. (Coordenadas UTM 660335 E, 9192861 N).



Foto 58: Nótese sedimentos de color rosáceo suprayaciendo sobre rocas del volcánico Llama cercanamente al cerro Azul. (Coordenadas UTM 659789 E, 9194404 N).

### **Delta de río (F-de)**

La desembocadura de la cuenca del río Jequetepeque en la vertiente del pacifico forma un delta. En estas zonas la turbulencia que genera la ola al romper impide la depositación de sedimentos transportados por las corrientes de agua, los cuales sucumben a lo largo de la

costa o hacia la plataforma. Es una zona de confluencia donde las aguas marinas predominan con mayor flujo erosional en comparación a las aguas del Jequetepeque, formando así barras litorales y marismas poco profundas con presencia de vegetación.



Foto 59: Según la clasificación de deltas y por la sinuosidad de los cauces el delta del Jequetepeque se denominará delta elongada sin visualizar los lóbulos de desembocadura marina.

### **Unidades Geomorfológicas menores por ambiente Fluvial.**

#### **Cauce con erosión fluvio lateral (F-efl)**

La erosión lateral es originada por la energía del agua cuando está en movimiento desgastando a los costados por el material que transporta. Estas geformas se observan al N de las pampas de Facio, cerca del cerro Azul tanto en depósitos cuaternarios como en rocas volcánicas e intrusivas.



Foto 60: Se observa erosión fluvio lateral en cauces estacionarios en roca andesita de volcánico Llama. También se evidencia erosión lateral en depósitos aluviales.

### **Cauce de Río Estacionario (F-cre)**

Se caracteriza por presencia de escurrimiento de aguas en estaciones lluviosas, es decir con la presencia de precipitaciones. Transportando material de la parte alta y depositando en lugares de poca pendiente. En el área de investigación se observó gran cantidad de cauces estacionarios por la poca precipitación por ser una zona costera.



Foto 61: Cauce abandonado cubierto por sedimentos monzoníticos y dioríticos transportados de la parte alta de los cerros intrusivos aledaños. (Coordenadas UTM 662963 E, 9191885 N).

### **Cauce de Río Permanente (F-cp)**

El cauce de río permanente presenta agua que fluye de manera habitual durante todo el año, así como se observa en el curso inferior del río Jequetepeque correspondiente al área de estudio. Donde se observa meandros, barras laterales cubiertas de vegetación en depósitos fluviales percibiendo desde bloques, gravas, arenas y limos subredondeados en toda la cuenca baja de E a W hasta la desembocadura ah la vertiente del Pacifico.

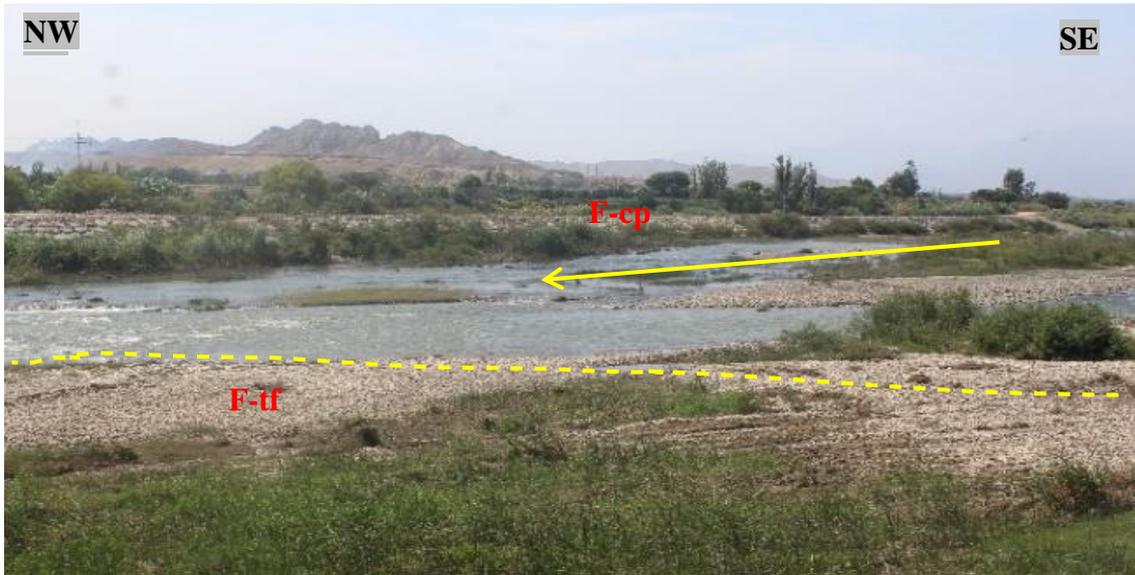


Foto 62: Cauce del río Jequetepeque permanente con escasa pendiente y cubierta de vegetación con terrazas aluviales sujetas a inundaciones por el aumento de flujo o aumento de precipitaciones de la parte alta de la cuenca. (Coordenadas UTM 664093 E, 9190321 N).

### **Llanura de inundación (F-li)**

Las llanuras aluviales son áreas adyacentes a ríos o arroyos que están sujetas a inundaciones repetidas. Consisten en un ángulo de buzamiento de menos de 5°, tamaños de grano litológicamente variables como grava, arena, arcilla y limo. En épocas de lluvias el cauce del río aumenta por lo que las llanuras son inundadas y cubiertas de por material albergados en la parte baja de la cuenca del río Jequetepeque.



Foto 63: Llanura de inundación del río Jequetepeque, se observa la amplitud considerable en el valle del mismo nombre. Con predominancia de vegetación.

### **Barra longitudinal (F-bl)**

Son unidades temporales paralelas a la dirección de flujo depositadas y erosionadas por la variación de flujo. La construcción inicial puede ser causada por un cambio en el clima que

conduzca a un incremento en la carga de la corriente o a una disminución. Estas geoformas encontramos en la parte baja del río Jequetepeque acumulados sedimentos fluviales transportados por el cauce del río.

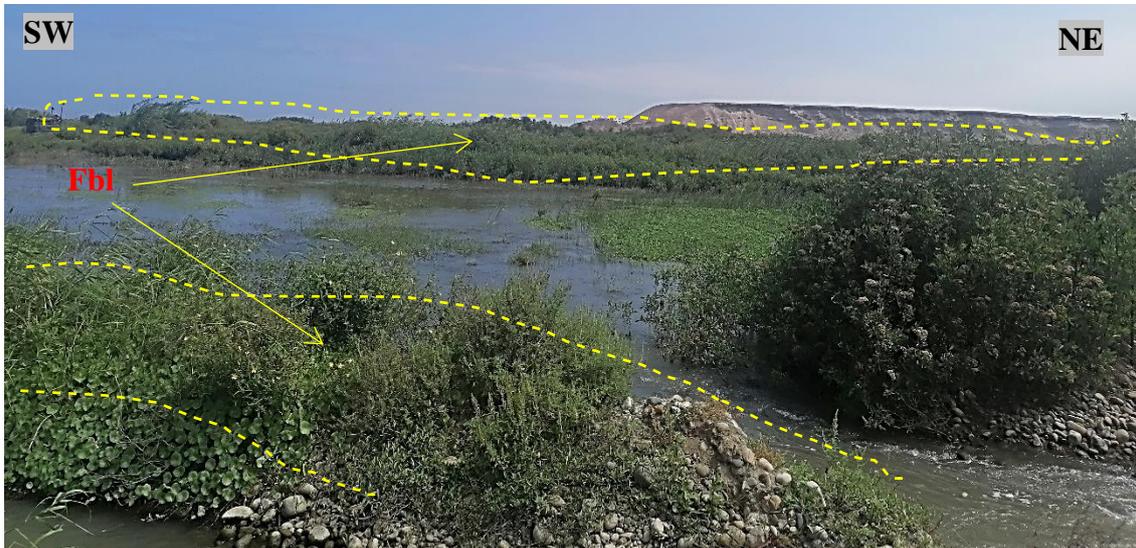


Foto 64: Se observa barras longitudinales a favor de la corriente del río Jequetepeque.

#### **Cauce con erosión laminar (F-cel)**

Estas pequeñas geoformas ocurren cuando una capa de agua escurre por el suelo y remueve capas delgadas de sedimentos tipo mantiforme, ocurre en pequeñas lomas o en relieves planos como las superficies de aplanamiento y a partir de esta circunstancia con el aumento de la pendiente surgen posteriormente los surcos se podría decir es el inicio en retroceso de los cauces fluviales.



Foto 65: En la pampa cercano al flanco S del cerro Azul se observa un canal de erosión laminar cubiertos por vegetación en los márgenes del cauce. (Coordenadas UTM 656816 E, 9193812 N).



Foto 66: Erosión laminar en le Pampa de Facio, nótese una acanaladura en retroceso con un pequeño cauce de gravas y arenas. (Coordenadas UTM 661520 E, 9194262 N).

### **Abanico Aluvial (F-aa)**

La Forma de acumulación es con aspecto de medio cono recostado, inclinado, con el ápice hacia arriba. Su perfil longitudinal es cóncavo, mientras que el transversal es convexo. Se origina en la desembocadura de una corriente, en una superficie plana o de poca inclinación. El cambio de pendiente provocó que la corriente deposite su carga hacia el frente junto a la carretera que se dirige a la playa Chica, la expansión está supeditada según las diversas condiciones climáticas en la pampa Pueblo Viejo, las lluvias de temporada ocasionan acumulación y transporte de material detrítico.



Foto 67: Abanico aluvial cubierto por vegetación por lluvias estacionarias y en la base se observa planicie de depósitos coluviales cubiertos por vegetación.

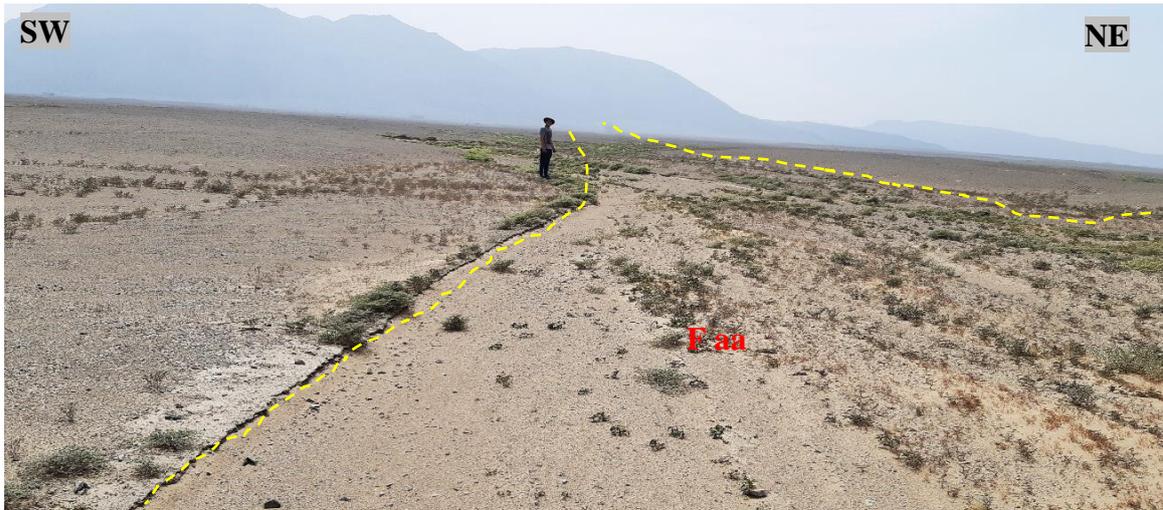


Foto 68: Por la granulometría y color de la superficie se observa un abanico aluvial aplanado extendido ubicado en el flanco S del cerro Azul. (Coordenadas UTM 657411 E, 9192576 N).

### 3.5.6. AMBIENTE MORFOGENÉTICO LITORAL - MARINO

#### Unidades Geomorfológicas mayores por ambiente Litoral - Marino

##### Playas litorales (M-pl)

Son acumulaciones de sedimento no consolidado (arena, cantos, etc.) que se extiende desde el nivel medio de la marea hasta algún cambio fisiográfico. Se producen cuando la cantidad de material disponible en la costa supera la cantidad de sedimentos que pueden expulsar las olas y las corrientes costeras. Una playa consiste en una parte continuamente sumergida llamada playa poco profunda o área de playa de pendiente suave. Estas unidades geomorfológicas se observan en la playa el Milagro, balneario de Pacasmayo, playa Olitares y playa la Barranca.



Foto 69: Playa Pacasmayo con predominancia de arena fina y gruesa con gravas.

### **Playa longitudinal (M-pll)**

Franjas de material no consolidado resultado de la interacción de los procesos marinos de oleaje y mareas sobre los elementos continentales orientadas en línea recta. Se extienden desde la línea de marea baja hasta donde hay un cambio significativo en la fisiografía. Estos incluyen la costa de la playa y la orilla. Así como se observó en la línea de costa de las playas.



Foto 70: Playa longitudinal de bloques redondeados y gravas con arenas mal gradadas. (Coordenadas UTM 656630 E, 9185734 N).

### **Acantilados marinos (Mam)**

Los acantilados marinos se forman por el efecto abrasivo de las olas en el fondo de la región costera. A medida que avanza la erosión y socavamiento, la roca subyacente se desploma o desmoronan debido a la gravedad y el acantilado retrocede. Esas geoformas se observan principalmente desde la playa Pacasmayo hasta la playa la Barranca con acantilados desde 1 m hasta 30 m de altura siendo material de depósitos coluviales con matriz calcárea.



Foto 71: Acantilado marino de 15 de desnivel, en depósitos fluviales y aluviales con matriz calcárea (cemento) y en la base consta de arena, gravas y bloques diferenciados por la fuerza de las olas y el cambio eustático del nivel del mar. (Coordenadas UTM 657564E, 9184070 N).

### **Plataforma de Abrasión (M-pa)**

El acantilado en recesión deja una superficie relativamente plana forma de banco. Apenas sin pendiente, modelada por las olas y otros agentes abrasivos marinos. Constituye una estructura intermareal, ya que se extiende generalmente entre el límite de la pleamar y la bajamar, quedando a menudo al descubierto durante marea baja. Estas geoformas se observan desde el Milagro hasta las Punta, al sur de la playa Pacasmayo, evidenciándose abrasión en los acantilados y formando plataformas.



Foto 72: Plataforma de abrasión en material poco consolidado con matiz calcárea cubierta de rocas redondeadas y gravas. (Coordenadas UTM 655884 E, 9178763 N).

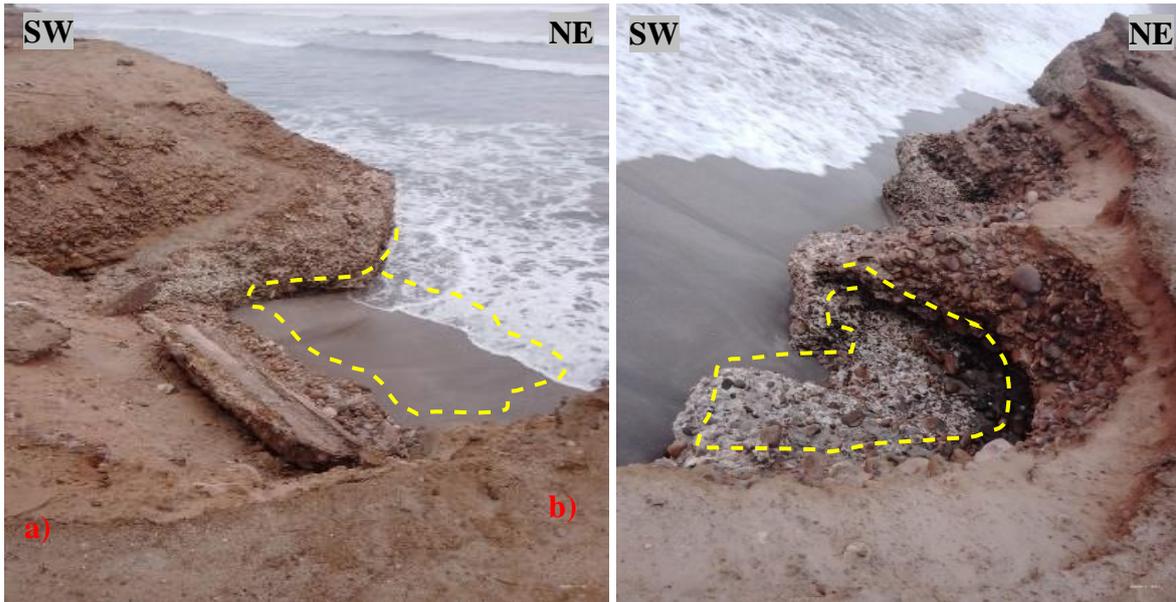


Foto 73: En (a). Pequeñas plataformas de abrasión en gravas y arenas poco consolidadas. (b). plataforma de abrasión incipiente en material semi consolidado de matriz calcárea (cemento).

### **Bloques caídos (M-bc)**

A medida que avanza la erosión y socavamiento, la roca subyacente se desploma o desmoronan debido a la gravedad y el acantilado retrocede. Mientras mayor es la erosión del acantilado tendremos bloques caídos, así como se presenta en los acantilados de la playa Pacasmayo y playa la Barranca.

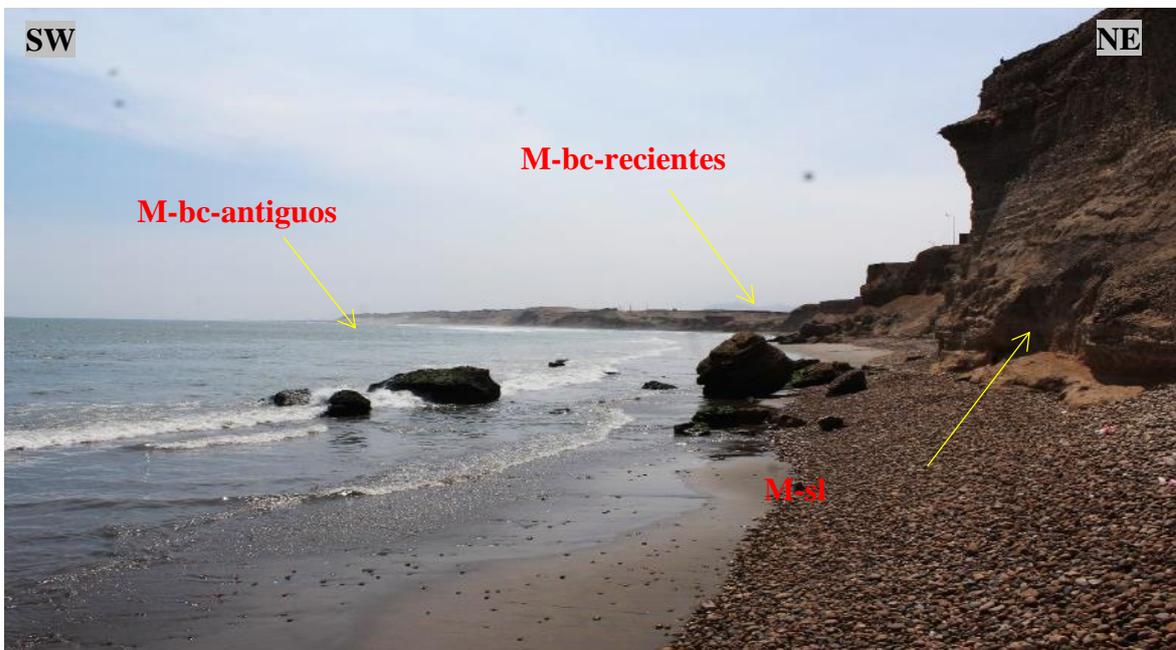


Foto 74: Bloques caídos antiguos y recientes por la acción erosiva constante de las olas marinas indicando el retroceso del acantilado. (Coordenadas UTM 657881 E, 9182780 N).



Foto 75: Bloques caídos por la acción erosiva constante de las olas marinas sobre la base y la inconsolidación de los estratos cuaternarios marinos recientes producen caída de bloque del acantilado ubicado al SW de la pamapa Pueblo Viejo.

### **Terrazas marinas (M-tm)**

Estas geoformas encontramos entre la playa Olitares, playa Chica y cerca de la desembocadura del río Jequetepeque denotándose como un accidente geográfico que consiste en una plataforma expuesta por la acción combinada de dos fenómenos: fluctuaciones en el nivel del mar y cambios tectónicos de levantamiento y hundimiento costero. Su morfología se puede representar como una estrecha franja costera que desciende suavemente hacia el mar y está cubierta la mayor parte del tiempo por sedimentos marinos (cantos y gravas) o por acción del viento.



Foto 76: Terraza marina contiguo a la playa Chica de cantos y gravas ubicado al N del distrito de Pacasmayo Se observa el remanente de la terraza afectado por la construcción de la carretera.



Foto 77: Terraza marina de acumulación de un nivel, compuesta de gravas, arenas y limos mal gradado, delimitado por el acantilado marino. (Coordenadas UTM 657177E, 9184897 N).

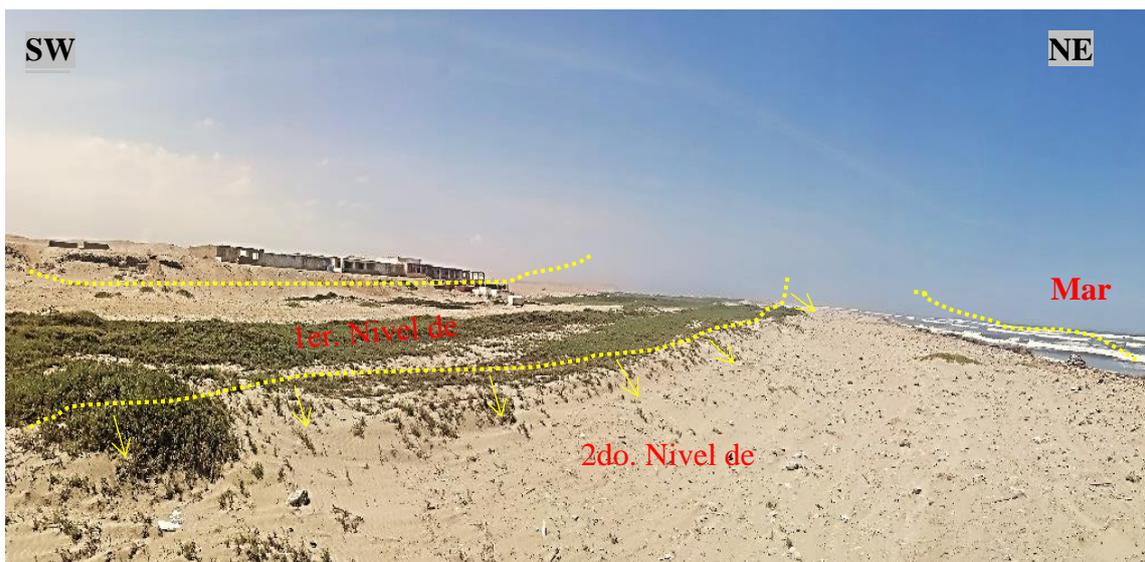


Foto 78: Terraza marina de dos niveles cubierta de vegetación y compuesta de arena y gravas, ubicadas al sur de la desembocadura del río Jequetepeque con una longitud de 200 m Aprox. Se observa que los sedimentos son una combinación de marino y en mayor parte eólico.

### **Marisma con vegetación (M-mv)**

Una marisma es un ecosistema cuya unidad es el relieve básico de una depresión adjunta al mar (generalmente causada por un río) que forma un paisaje pantanoso poco profundo afectado por inundaciones y mareas. olas, el agua de los ríos fluye cerca de él. Esta geoforma se logró evidenciar en la desembocadura del río Jequetepeque donde hay una confluencia del agua marítima como agua dulce formando así estas geoformas.



Foto 79: Pantanos poco profundos cubierta por vegetacion en la desembocadura del rio Jequetepeque. (Coordenadas UTM 655725 E, 9189333 N).

### **Albufera (M-al)**

La albufera es una laguna costera poco profunda, semicerrada, conectada al mar y protegida por algún tipo de barrera, generalmente de arena, con agua dulce regular, cíclica u ocasional. Según tales consideraciones, se les denomina lagunas costeras. Este tipo de geofoma se evidencia al margen derecho de la desembocadura del rio Jequetepeque en el lecho marino y también en la playa Pacasmayo.



Foto 80: Albufera poco profunda rodeada de vegetación, separada por una barra lateral marina de gravas, ubicada a los alrededores del delta del rio Jequetepeque. (Coordenadas UTM 655748 E, 9189269 N).



Foto 81: Albufera incipiente en playa Pacasmayo paralela al litoral costero, separada por una barra litoral de arenas y gravas. (Coordenadas UTM 658523 E, 9182661 N).

## Unidades Geomorfológicas menores por ambiente Litoral – Marino

### Dunas Costeras Activas (M-dca)

Montículos alargados, formados por la acumulación de arena transportada por el viento, que, para la zona de estudio, se disponen paralelas a la línea de costa y están compuestas por arenas de grano fino a medio. Su distribución principal se da en zonas bajas como playas, playas antiguas y llanuras costeras. Podemos observar estas geoformas en todo el litoral de la playa el Milagro y la playa Olitares.



Foto 82: Dunas costeras activas con vegetación a la margen derecha de la playa Olitares en depósitos semi consolidados de matriz cementante y de bloques, cantos y gravas.

### Socabadura litoral (M-sl)

Las socabaduras litorales se presenta principalmente en la línea de erosión intensa en la base del acantilado. Por la acción geológica de las olas que son empujadas por el viento, cada ola rompiente en el acantilado transporta, excava y deposita material.



Foto 83: Socabadura en la base del escarpe marino por la abrasión de las olas. También se observa erosión fluvial estacionaria en depósitos cuaternarios y caída de bloques.

### Grietas y Cuevas marinas (M-gcm)

Se forman cuando las olas encuentran zonas en las que la roca o sedimentos es más débil y penetran profundamente por la acción de las olas con gran intensidad de excavación por las fuertes corrientes. Estas unidades se presentan en la base de los acantilados en los tramos Pacasmayo a la playa Olitares. Con el flujo de olas que va de W a E, perpendicular a los acantilados.



Foto 84: Formación de cuevas marinas en la base de los acantilados por la erosión marina en zonas débiles poco consolidadas. (Coordenadas UTM 657817 E, 9182510 N).

### Puntas o promontorios (M-pp)

Son áreas de roca resistentes que se extienden hacia el mar, tienen forma alargada.

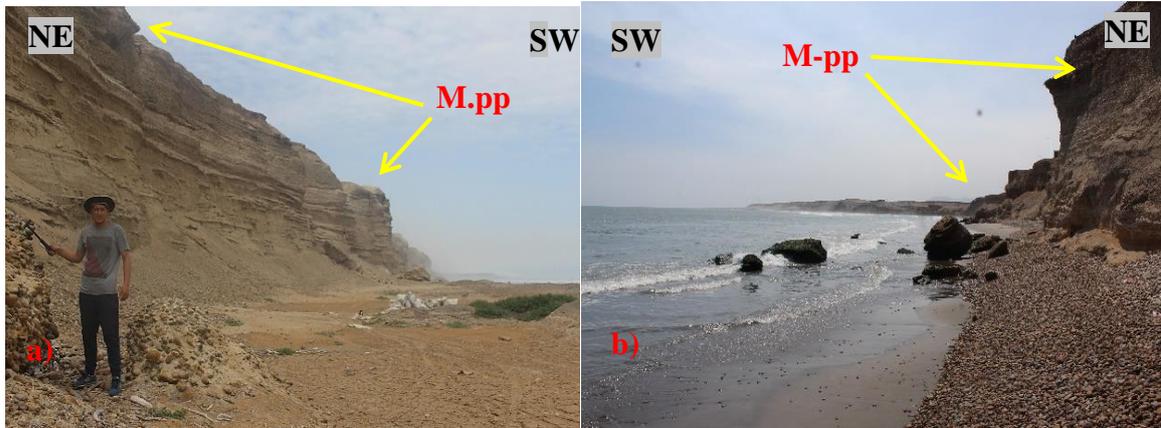


Foto 85: En (a). Se observó en la parte superior del acantilado material más resistente a la erosión formando promontorios, mientras que a la base del acantilado es de material fino menos consolidado. (b). La abrasión del mar es continua por lo tanto el acantilado está en retrocesos, pero la parte superior del acantilado tiene mayor resistencia a la erosión por la matriz calcárea que posee.

### Pilar marino (M-pm)

Remanentes rocosos, generalmente columnares, aislados de una zona rocosa cercana por efecto de la erosión del oleaje en zonas de litología muy quebrada o pobre. Son partes de un promontorio separado de la costa. Este tipo de geformas podemos encontrar al N de la playa el Miagro. En los acantilados que subyace en la playa Pacasmayo.



Foto 86: Se observa un pilar marino en materiales semi consolidados de bloques, gravas arenas con un matriz cementante sostenida. Formado por la erosión constante de las olas hacia el litoral.

### **Promontorios o farallón (M-pf)**

Son áreas de roca resistentes que se extienden hacia el mar. Esta geofoma se observa por encima del nivel del mar cerca de la línea de costa o contiguo a la playa, ocasionado la socavación del acantilado o por el trabajo erosivo de las olas sobre los depósitos sedimentarios cuaternarios marinos ubicados en el acantilado. Esta geofoma es la evidencia de que anteriormente constituía parte de la tierra firme y que posteriormente quedó aislada por el retroceso del relieve en Pacasmayo y alrededores.



Foto 87: Al SW de la pampa Pueblo Viejo Se observa en la parte superior del acantilado material más resistente a la erosión marina, mientras que a la base del acantilado es de material fino menos consolidado. La abrasión del mar es continua y en retroceso a línea de costa deja promontorios.

### **Abanico litoral (M-al)**

Geoforma deposicional en la base o piedemonte de un escarpe litoral o de un frente montañoso que limita con el mar. Asociado a procesos gravitacionales y pluviométricos que llevan consigo material detrítico, depositando en forma de cono recostado, inclinado, con el ápice hacia arriba. Estas geofomas encontramos en los escarpes de la playa la Bocana hasta la playa Chica al SW de la zona de estudio.



Foto 88: Se observa abanicos en escarpe litoral, de material subredondeado y de matriz calcárea. (Coordenadas UTM 655618 E, 9191706 N).

### **Grietas de disecación marina (M-gd)**

Las grietas de disecación se desarrollan en capas de lodos arcillosos que pierden humedad, generando formas poligonales. Estas geoformas se forman principalmente por los cambios de temperatura. El material arcilloso en litoral es sumergido por olas marinas y al disecarse por variación de temperatura pierde humedad y se agrieta. Así es como se forma estas geoformas en el litoral de playa Chica.



Foto 89: Se evidencia grietas de disecación en orilla de playa sobre terrazas marinas en arcillas. (Coordenadas UTM 654670 E, 654670 N).

### 3.5.7. AMBIENTE MORFOGENÉTICO EÓLICO

#### Unidades Geomorfológicas mayores por ambiente Eólico

##### Dunas estabilizadas (E-de)

La costa peruana se ubica en una zona propicia para la formación de dunas de arena debido a su clima desértico y las condiciones topográficas que implican en la movilización de arenas.

El movimiento de arena provocado por el viento confiere a las dunas un carácter muy dinámico, pero muchas de las dunas pierden la movilidad por la presencia de vegetación típica de la zona no necesariamente agrícola, algunas veces pierden las características morfológicas según la clasificación de dunas.

Constituyen pequeñas lomas atrapadas por la planta, alargadas en el sentido del transporte de arena y ubicadas en la zona de sotavento. Las partículas que están compuestas son arena, limo y aglomerados de arcilla. Estas geoformas encontramos dispersas por toda la parte S de la zona de estudio con grandes campos de dunas. Desde los alrededores del centro poblado el Milagro hasta San Pedro de Lloc.

Desde el punto de vista geomorfología ambiental estas geoformas cumplen un rol positivo como regulador a fin de evitar arenamiento en la población cercana a Pacasmayo y terrenos de cultivo contiguo.



Foto 90: Campo de dunas obstaculizadas por la vegetación predominante en el lugar de acumulación compuestas de arena de grano fino a medio.



Foto 91: Campo de dunas estabilizadas en la pampa Olitares, se observa dunas muy antiguas colindantes a los terrenos de cultivo. (Coordenadas UTM 657193E, 9186982 N).



Foto 92: Al NW del cerro La Mina se observa un campo de dunas estabilizados, en la cresta se observa que la vegetación cubre a las dunas. (Coordenadas UTM 656587 E, 9186154 N).

### **Dunas longitudinales (E-dl)**

La característica más resaltante de estas dunas son las crestas de arena largas y de bordes afilados que están alineadas y paralelas entre sí y en la dirección del viento predominante. Estas geofomas encontramos en diferentes tramos tanto como a los alrededores de San Pedro de Lloc y al E del cerro denominado el Cerro y al este del centro poblado el Milagro. La predominancia de estas dunas es de S a N por la acción intensa de los vientos alisios predominantes en el área de estudio.



Foto 93: Dunas longitudinal ubicados en la pampa Olitares de 150 m. de longitud aproximadamente. En la parte inferior se muestran pequeñas dunas en proceso de formación incipiente estabilizados por vegetación propia de la zona.



Foto 94: Dunas longitudinales cercanos al litoral de dirección S-N cerca al Complejo Arqueológico Huaca de dos cabezas. Se observa que las dunas están siendo obstaculizadas con un campo de dunas estabilizadoras. Fuente: GEOCATMIN (2023).



Foto 95: Duna longitudinal de extensión considerable (300m.) ubicado cerca al cerro Mina, se observa los ripples de arena indicando la dirección del viento y estabilizado por la vegetación en los extremos de la duna. (Coordenadas UTM 657097 E, 9186572N).

### **REG o desierto de rocas (E-reg)**

REG es un desierto pedregoso con rocas triturada angulosos (cantos, guijarros) y gravas. El viento se lleva los materiales más finos y solo quedan las gravas de mayor tamaño. Esta particular geofoma se evidencia al NE del centro poblado la Barranca, en las pampas de Pueblo Viejo



Foto 96: Se observa desierto de rocas cubierta de guijarros insipientes en la parte inferior del cerro Azul y en toda la pampa de Pueblo Viejo. Está expuesto a la erosión eólica que sopla de S a N.

### **Dunas parabólicas (E-dp)**

Estas geofomas se observan al SE del cerro Chocofan teniendo gran incidencia y grandes extensiones. Tienen una forma de cuchara larga o de media luna, a diferencia del barján, sus

puntas o alas apuntan en la dirección de los vientos. Ocurren en áreas costeras desérticas, llanuras secas y bordes desérticos con escasa vegetación y fuertes vientos.



Foto 97: Campo de dunas parabólicas de partículas arenosas bien seleccionadas desarrolladas en zonas con poca vegetación. (Coordenadas UTM 666805 E, 9180336 N).

### **Paleo dunas (E- pd)**

Acumulaciones de arena sedimentados o consolidados por la disminución de la velocidad del viento que transporta los sedimentos detríticos en ambientes áridos desérticos. Estas geoformas se identifican en la parte SW de la zona donde se manifiestan paleo dunas cubiertas por vegetación. Asimismo, encontramos al E de Pacasmayo y al extremo derecho del cerro la Mina.

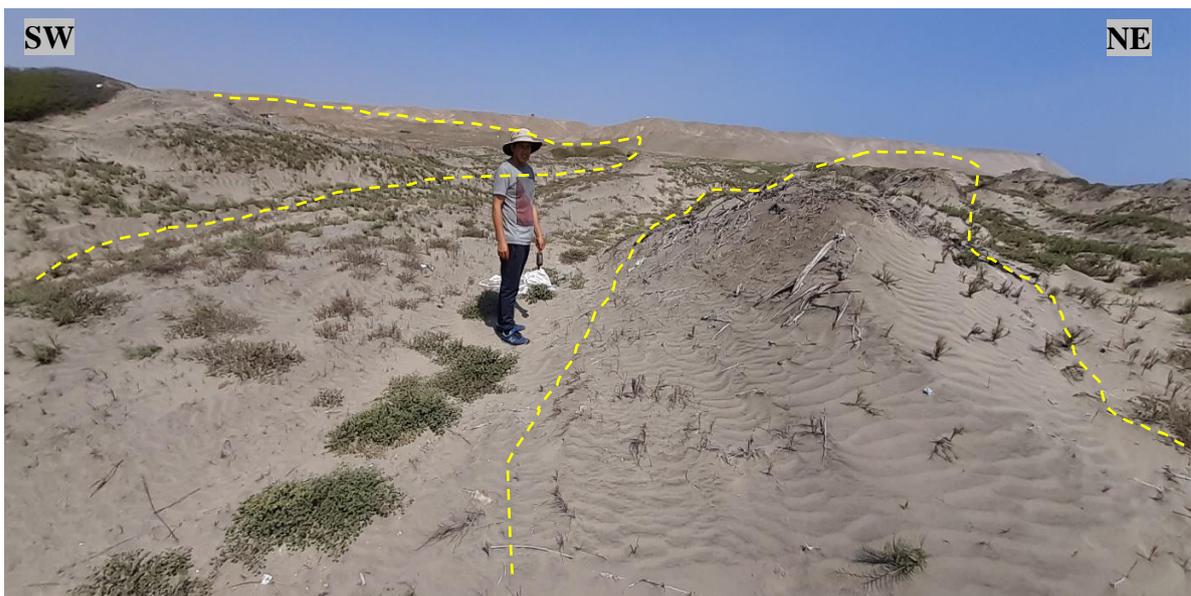


Foto 98: Se observa paleo dunas semi consolidadas y con presencia de vegetación.

### **Planicie eólica (E-pe)**

Son planicies arenosas de progradación que por acción geológica del viento este material es transportados a lo largo de la planicie según la dirección del viento y depositados cuando el flujo del viento es nulo o en obstáculos. Estas geoformas se evidencian al SW de la zona de estudio y desde el CC.PP. Olitares hasta CC.PP. Huáscar se W a E paralela al río Jequetepeque.



Foto 99: Se observa planicie eólica al SW de San Pedro de Lloc con dirección dominante de S a N cubierta por vegetación. (Coordenadas UTM 662182 E, 9196600 N).

### **Unidades Geomorfológicas menores por ambiente Eólico**

#### **Ripples (E-ri)**

Los ripples son acumulaciones eólicas más pequeñas y constituyen la respuesta inicial de las superficies arenosas al transporte por el viento. Se originan perpendicularmente a la dirección del transporte del viento con predominancia permanente de dirección de S a N en la mayor parte del área de estudio. Estas acanaladuras o hendiduras que acompañan a las geoformas eólicas en casi la totalidad de los depósitos arenosos por acción geológica del viento con excepción de las dunas estacionarias.



Foto 100: Ripples en depósito de arenas eólicas en dunas ubicados en la pampa Olivares.

### **Yardangs cubierto por vegetación (E-ycv)**

Los yardangs ubicados en la zona de estudio constituyen una serie de afloramientos rocosos formados por la acción del viento, que casi siempre sopla desde la misma orientación norte - sur. El afloramiento se comporta con diferentes formas con el transcurso del tiempo. Se forman exclusivamente en la zona desértica de la pampa, donde el viento se desplazó con gran intensidad levantando grandes cantidades de arena. El impacto de estos granos va erosionando de manera imperceptible tal como se muestra en la imagen siguiente, los yardangs localizados en la zona de estudio son producto de la estabilización de dunas o paleodunas con acumulaciones de arenas que en su momento no tuvieron movilidad para posteriormente quedar semi compactos.



Foto 101: Se observa una paleoduna estabilizada afectado por el choque permanente de partículas de dirección con dirección de S a N. El golpe de las partículas originó alveolos sobre el paleodunas.

### **Ventifactos (E-ve)**

En la zona de estudio presentan superficies suavizadas y onduladas por el impacto de partículas transportadas por el viento. También van acompañadas alveolos o pequeñas oquedades acanaladas, surcos y formas helicoidales desarrolladas tanto sobre bloques y afloramiento rocoso. Se orienta en dirección perpendicular del viento, como se puede observar en la imagen siguiente.

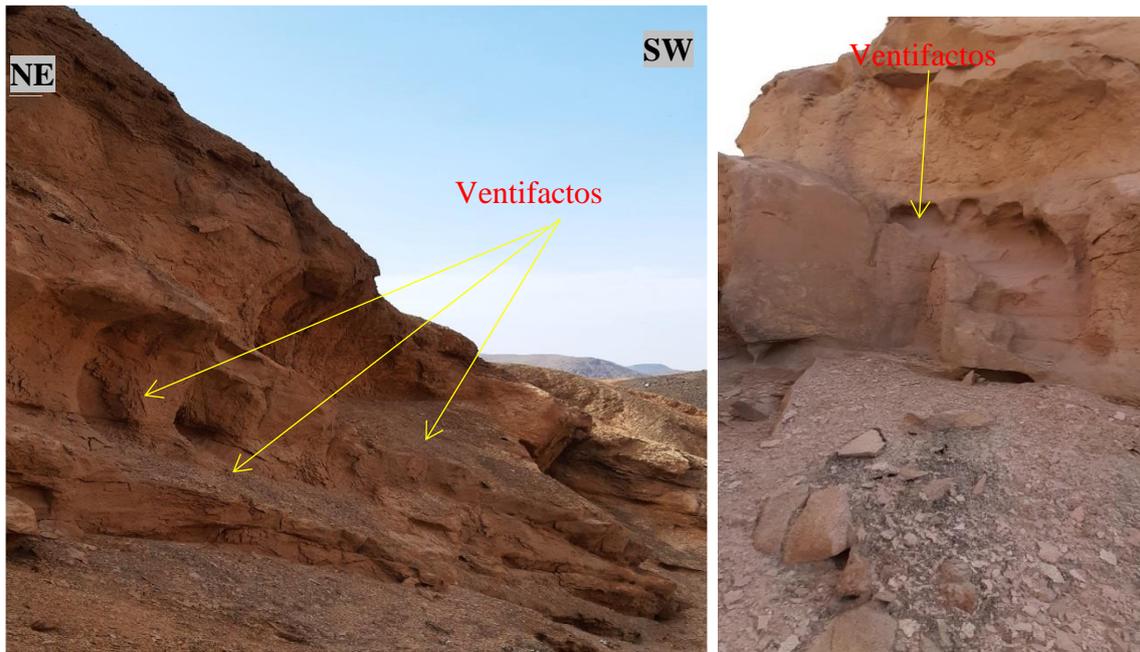


Foto 102: Se muestra ventifactos con alveolos producto del impacto de partículas sobre el escarpe de rocas monzoníticas en las estribaciones del flanco sur del cerro Azul.

### **Dunas obstaculizadas por topografía (E-dot)**

Cuando las arenas arrastradas por el viento encuentran obstáculos topográficos como colinas, acantilados, rocas o estructuras hechas por el hombre, el flujo de aire alrededor del obstáculo se acelera y se expande. Este contexto generalmente involucra erosión o acumulación de arena, y las dunas resultantes son estacionarias, como se puede ver en el flanco derecho del cerro Chocofan y en el cerro la Mina.



Foto 103: Se observa dunas estacionarias obstaculizadas por la topografía en el flanco izquierdo de la colina del cerro Chocofan, y a la base de la colina se tiene dunas obstaculizadas por la vegetación. (Coordenadas UTM 667672 E, 9181319 N).

### Dunas transversales (E-dt)

También llamadas dunas en olas, provienen de sectores donde hay mucha arena, no hay o hay muy poca vegetación y los vientos dominantes son constantes. Las dunas forman largas crestas perpendiculares a la dirección predominante del viento, separadas por corredores o depresiones entre dunas. Estas geofomas encontramos perpendicular a la dirección del viento que es de SE A NW. en grandes espacios de acumulación de arena.



Foto 104: Dunas Transversales con dirección SE a NW perpendicular al mayor flujo del viento (a). Dunas transversales en sus procesos incipientes formándose desde el cambio granulométrico. (b). se observa dunas transversales desde 1 m hasta 3 m perpendicular al flujo del viento.

### **Depresión dunar (E-dd)**

Son geoformas ubicados en campos de dunas entre la pampa La Mina y pampa Olitares. La deflación acumula arenas cerca a campos de dunas con escasa vegetación protectora permitiendo que el viento transporte arena y como consecuencia queda una superficie concava a manera de cauce.



Foto 105: Depresión dunar ubicado con características cóncavas con vegetación protectora viva. (Coordenadas UTM 657968 E, 9185080 N).

### **Depósito de loess (E-dl)**

Consiste en lechos de limos o arcilla limosa formados por la deposición de partículas muy finas según la clasificación granulométrica de partículas sedimentarias (Wentworth, 1922), el material geológico fino transportadas por tormentas con polvareda presentan una estratificación de insipiente a nula. En el área de estudio, mediante el uso de la lupa 20X se denota que las partículas son provenientes de la alteración o meteorización física de los feldespatos de la monzonita dando un color rosáceo a gris rosáceo, también se evidencia escasamente plagioclasas de diorita de la Formación salas. Esta geoforma de consolidación algo deleznable aflora en algunos sectores ligados a la presencia de escasa humedad o muy cercanos a los cauces de algunas quebradas.



Foto 106: Depósito de loess semiconsolidados de limos y arcilla limosa ubicado entre pampa de Facio y cerro Azul. (Coordenadas UTM 6674532 E, 9178679 N).

### **Dunas Barján (E-db)**

Las dunas barján o duna en media luna son acumulaciones de arena en forma de cresta de arena viva en forma de arco en el sotavento, está constituida por arena bien seleccionada. Este tipo de unidades geomorfológicas predomina principalmente al SE de Pacasmayo donde se denota grandes extensiones por la acción geológica del viento.

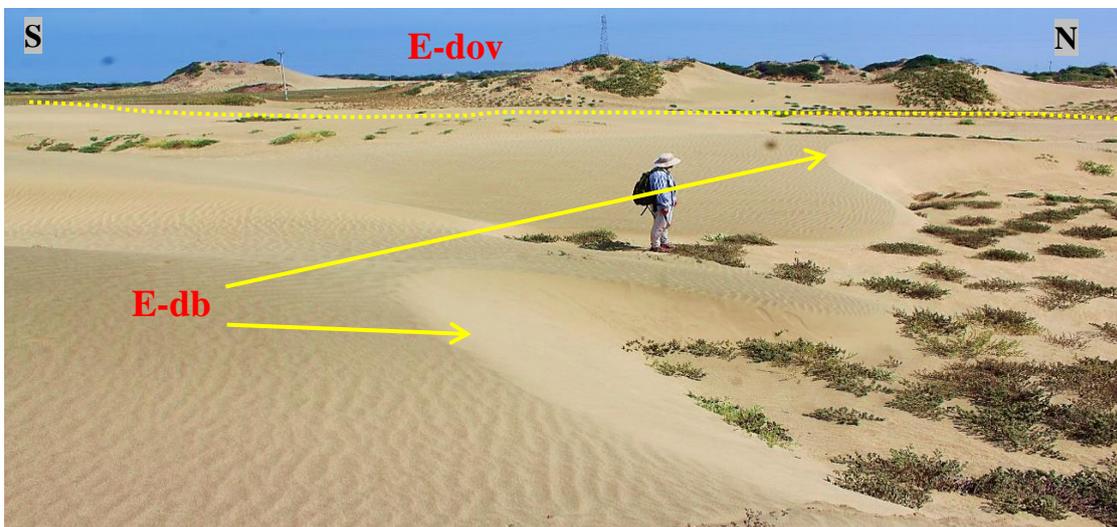


Foto 107: Campo de dunas Barján con un Angulo de 15° al barlovento y 34° sotavento rodeado.

## **3.5.8. AMBIENTE MORFOGENÉTICO ANTRÓPICO**

### **Cantera de agregados de construcción (A-ca)**

Son acumulaciones de material bien gradado como gravas, arenas y/o limos semi homogéneos utilizados para la construcción como agregado con cemento para conformar el

concreto, es una geoforma reciente erosionada por el hombre. Ubicada en la parte baja de la pampa de Facio.



Foto 108: Cantera de agregados para la construcción en depósitos aluviales semi homogéneos con un área aproximado de 2 Km<sup>2</sup> en explotación. (Coordenadas UTM 663642 E, 9192870 N).

### Áreas urbanas (A-au)

Comprende las zonas que están ocupadas por actividad humana (edificaciones de diversa índole) que sirven para la dinámica antrópica; se observa que la mayoría de las construcciones están relacionadas a las áreas costeras. En la zona de investigación encontramos poblaciones con viviendas en el centro poblado el Milagro, Pacasmayo, Jequetepeque, San Pedro de Lloc, y el centro poblado la barranca.



Foto 109: Viviendas en el distrito de Pacasmayo con una vista a la playa de arenas junto al muelle.

### **Terrenos agrícolas de sembrío (A-ta)**

Esta unidad está restringida a las terrazas antiguas (paleo terrazas) de la cuenca del Jequetepeque que posteriormente han sido aprovechadas para terrenos de cultivo. Actualmente son geofomas recientes erosionadas por acción del hombre usada para cultivar sus alimentos de acuerdo a sus necesidades tales como arroz, maíz, hortalizas, legumbres, tubérculos, caña de azúcar, esparrago, etc.



Foto 110: Áreas de sembrío en paleo terrazas de la cuenca baja del Jequetepeque aprovechadas para el cultivo. (Coordenadas UTM 663240 E, 9179894 N).

## **CAPÍTULO IV**

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

#### **4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

La investigación presenta un análisis de las principales características de las unidades geomorfológicas de los Centro Poblado El Milagro y La Barranca. En efecto se pretende identificar y describir las principales unidades geológicas que han llevado a generar el modelo actual del área de investigación. Así como identificar y describir las unidades Geomorfológicas según los ambientes morfogenéticos. Determinar el modelo geomorfológico. Elaborar el cartografiado geomorfológico.

Se utilizó el software ArcGis 10.8 para analizar los resultados e identificar directamente mediante la observación los aspectos geológicos y geomorfológicos. Tales como Análisis morfológico (morfométrico), análisis morfoestratigráfico y análisis morfogenético. Además, se analizan in situ las características del relieve.

##### **4.1.1. Análisis e Interpretación del ambiente morfogenético**

El relieve actual del Centro Poblado: El Milagro y La Barranca, está determinada por unidades geomorfológicas las cuales han sufrido modificaciones debido a los procesos endógenos, que dan lugar a un ambiente de las unidades estructural, ígneas – intrusivas, metamórfico y volcánicas; asimismo se ha dado procesos exógenos que dan lugar a los ambientes denudativo, fluvial, litoral – marino, eólico y antrópicos. Y a la acción conjunta de los agentes geológicos que interactúan (erosión, meteorización, depositación, etc).

Este estudio se basó en el procesamiento e interpretación de imágenes Landsat y empleando el cartografiado Geomorfológico, se delimitaron las áreas de las unidades geomorfológicas que forman parte de los 08 ambientes geomorfológicos que dominan el área.

- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| ✓ Ambiente Estructural (S)       | ✓ Ambiente Eólico (E)           |
| ✓ Ambiente Denudacional (D)      | ✓ Ambiente Fluvial (F)          |
| ✓ Ambiente Ígneo – Intrusivo (I) | ✓ Ambiente Litoral – Marino (M) |
| ✓ Ambiente Volcánico (V)         | ✓ Ambiente Antrópico (A)        |

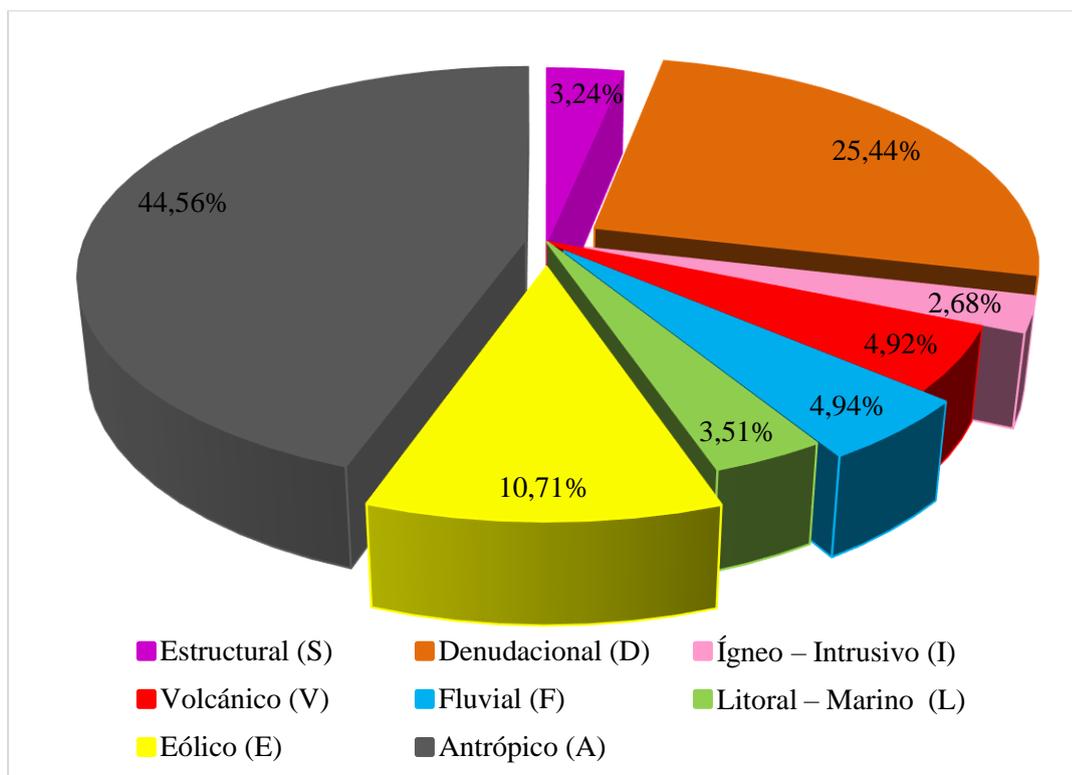


Figura 12: Ambientes morfogénicos que dominan la zona de estudio en porcentajes

Para su explicación se describen las unidades geomorfológicas y componentes que dominan la zona de estudio datados a nivel de exploración en campo.

#### 4.1.2. Análisis e Interpretación de la Morfometría.

##### 4.1.2.1 Contraste del Relieve

Se consideraron topografía, imágenes satelitales y salidas de campo para determinar y caracterizar con precisión la geomorfología del área de estudio. En el área de estudio han surgido procesos exógenos, se ha observado erosión por la acción geológica del agua, aire, gravedad y cambios climáticos que han producido cambios en la estructura de las rocas preexistentes a lo largo del tiempo geocronológico.

Clasificaciones de diversas fuentes, como INGEOMINAS (2004), han encontrado diversas unidades Geomorfológicas del relieve de la provincia de Pacasmayo, las cuales se representan en un mapa de cartografiado geomorfológico básico a escala 1:60 000. Por lo que se interpreta como una zona árida a semiárida de poca pendiente. Donde predomina las actividades agrícolas por su relieve de con una pendiente mínima. No obstante, encontramos zonas accidentadas parte de la cordillera occidental que tienen pendientes pronunciadas son más susceptibles a la erosión. Las principales unidades geomorfológicas se clasifican teniendo en

cuenta las características topográficas, cuyos parámetros se dan en la siguiente tabla por área y porcentaje.

Tabla 18: Contraste del relieve, nombre de las subunidades geomorfológicas (componentes) determinadas por áreas (Km<sup>2</sup>) y porcentajes (%).

<b>Ambiente morfogénico</b>	<b>Unidad geomorfológica</b>	<b>Simbología</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje</b>
Estructural (E)	Loma estructural	S-lo	0,74	0,30%
	Colina estructural	S-coe	1,2	0,48%
	Ladera estructural	S-le	0,51	0,20%
	Cerro estructural	S-ce	5,31	2,12%
	Loma Elongada estructural	S-ler	0,35	0,14%
Denudacional (D)	Superficie de aplanamiento	D-sa	10,21	4,08%
	Ladera Denudacional	D-ld	8,13	3,25%
	Cerros residuales	D-cr	1,05	0,42%
	Planicie de depósitos aluviales antiguos	D-Pda	32,16	12,86%
	Glacis de acumulación	D-ga	12,05	4,82%
Ígneo – Intrusivo (I)	Lomerío Elongado en Roca Ígnea	I-lei	0,13	0,05%
	Planicie de roca intrusivas	I-pri	2,70	1,08%
	Ladera de montaña denudada intrusiva	I-lmd	1,11	0,44%
	Colina intrusiva disectada	I-cid	1,37	0,55%
	Superficie de aplanamiento ígnea	I-sai	1,38	0,55%
Volcánico (V)	Espinazo volcánico	V-ev	0,77	0,31%
	Terrazeta erocional volcánica	V-tev	0,78	0,31%
	Lomerío disectado Volcánica	V-lo	0,94	0,38%
	Ladera de montaña denudada volcánica	V-lmv	4,63	1,85%
	Superficie erial en volcánicos	V-sev	1,3	0,52%
	Cerro volcánico montañoso	V-cvm	3,87	1,55%
Fluvial (F)	Valle Fluvial en V	F-vv	0,25	0,25%
	Llanura fluvio lacustre	F-fl	2,50	2,50%
	Cauces torrenciales secos	F-cts	2,50	2,50%
	Cauce meandriforme	F-cm	1,26	1,26%
	Delta de río	F-dr	0,06	0,06%
	Barras litorales	F-bl	0,26	0,26%
	Llanura de inundación	F-li	0,28	0,28%
	Barra longitudinal	F.bl	0,20	0,20%
	Terrazas fluviales	F-tf	4,76	4,76%
	Terrazas lagunar	F-tl	0,27	0,27%
Litoral – Marino (L)	Playas litorales	M-pl	1,33	0,53%
	Playa longitudinal	M-pll	5,07	2,03%
	Acantilados marinos	M-am	0,24	0,10%

Litoral – Marino (L)	Plataforma de Abrasión	M-pa	0,61	0,24%
	Bloque caídos	M-bc	0,10	0,04%
	Terrazas marinas	M-tm	1,22	0,49%
	Marisma con vegetación	M-mv	0,11	0,04%
	Albufera	M-al	0,10	0,04%
Eólico (E)	Paleo dunas	E-pd	3,32	1,33%
	Depósito de loess	E-dl	0,49	0,20%
	Dunas longitudinales	E-dl	0,82	0,33%
	Dunas parabólicas	E-dp	1,76	0,70%
	Dunas estabilizadas	E-dov	7,41	2,96%
	REG o desierto de rocas	E-dr	10,33	4,13%
	Planicie eolica	E-pe	2,65	1,06%
Antrópico (A)	Cantera de agregados de construcción	A-ca	0,39	0,16%
	Áreas urbanas	A-au	15,09	6,04%
	Botadero de residuos solidos	A-brs	0,82	0,33%
	Areas urbanas industriales	A-aui	2,57	1,03%
	Terrenos agrícolas de sembrío	A-ta	92,54	37,01%
<b>TOTAL</b>			<b>250</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.2.2. Pendientes de la superficie.

Para el análisis de las pendientes se realizó a través del criterio Carvajal, (2012). Mediante el software ArcGis 10.8, para ello se procesó la imagen Aster zonal y con la herramienta SLOPE se obtuvieron las pendientes; posteriormente se reclasificó (herramienta Reclassify 3D) en 07 rangos. Estos resultados cuantitativos se les asignó la descripción de Carbajal, que se muestra en la tabla 04, dando como resultado que la inclinación de pendientes que predomina en la zona investigada es de 0°-5°. (Ver Plano 05).

Tabla 19: Inclinación de las superficies de las Unidades Geomorfológicas y su descripción.

Inclinación (Grados)	Descripción	Características del material	Área (Km2)	Porcentaje
< 5°	Plana s suavemente inclinada	Extremadamente Resistente	220,48	88,19%
6°-10°	Inclinada	Blanda	12,29	4,92%
11°-15°	Muy Inclinada	Moderadamente Blanda	5,25	2,10%
16°-20°	Abrupta	Moderadamente Resistente	2,39	0,96%
21°-30°	Muy Abrupta	Resistente	7,93	3,17%
31°-45°	Escarpada	Muy Resistente	1,64	0,66%
> 45°	Muy escarpada	Extremadamente Resistente	0	0,00%
<b>TOTAL</b>			<b>250</b>	<b>100%</b>

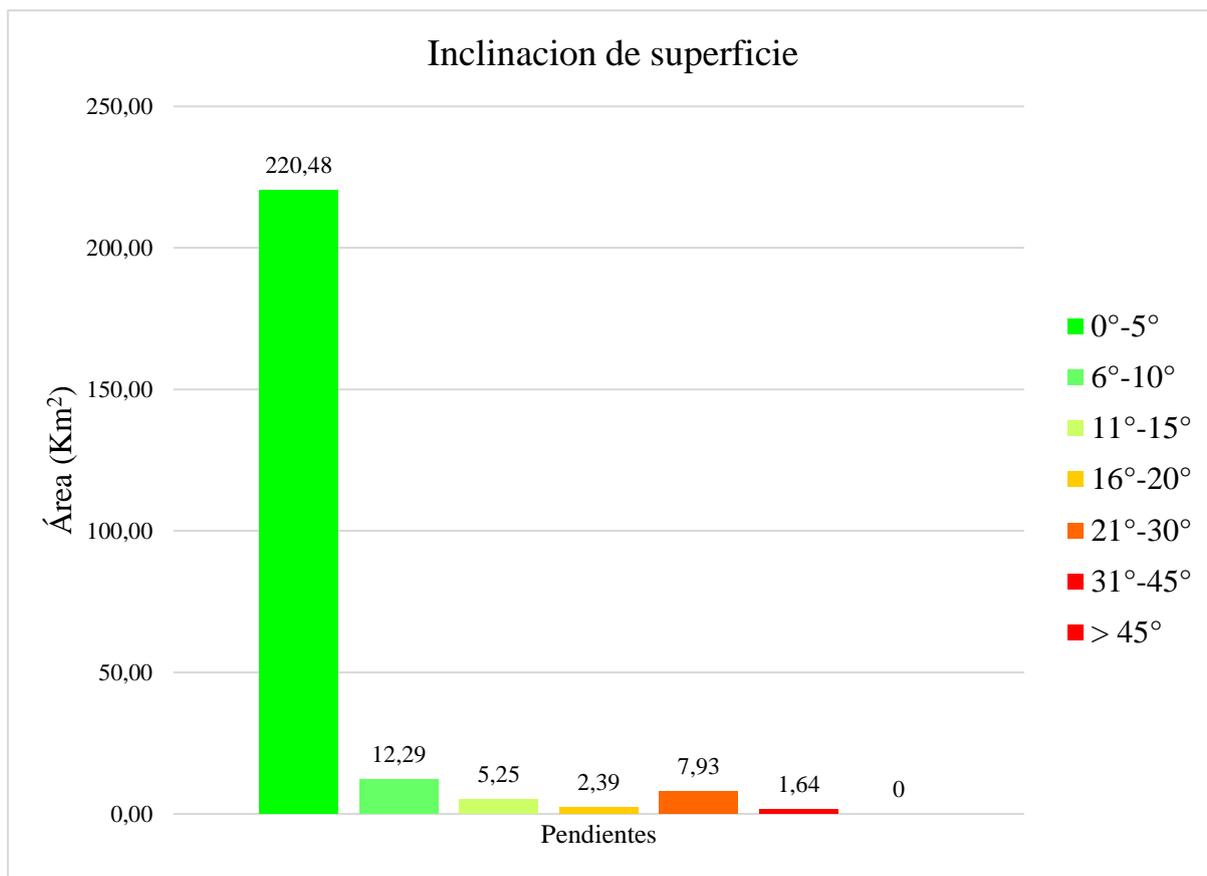


Figura 13: Diagrama de barras donde representa la inclinación de la superficie de las unidades geomorfológicas, tomando en cuenta el área de cada pendiente.

Las superficies menores a 5° son planas a suavemente inclinadas, de material y comportamiento muy blanda y baja siendo el área que más predomina en nuestra zona de estudio de 220.48 Km<sup>2</sup>.

Las superficies de 6°-10° de pendiente son inclinadas, de material y comportamiento blanda y baja, siendo el área total en nuestra zona de 12,29km<sup>2</sup>.

Las superficies de 11°-15° son muy inclinadas, de material y comportamiento moderadamente blanda y moderadamente susceptible, siendo el área total en nuestra zona de 5.25 km<sup>2</sup>.

Las superficies de 16°-20° son abruptas, de material y comportamiento moderadamente resistente y moderadamente susceptible, siendo el área total en nuestra zona de 2.39 km<sup>2</sup>.

Las superficies de 21°-30° son muy abruptas, de material y comportamiento resistente y alta, siendo el área total en nuestra zona de 7.93 km<sup>2</sup>.

Las superficies de 31°- 45° son escarpadas, de material y comportamiento muy resistente y alta, siendo el área total en nuestra zona de 1.64 km<sup>2</sup>.

Las superficies mayores a 45° son muy escarpadas, de material y comportamiento extremadamente resistente, siendo el área total en nuestra zona de 0.0 km<sup>2</sup>.

#### **4.1.2.3 Forma de la superficie**

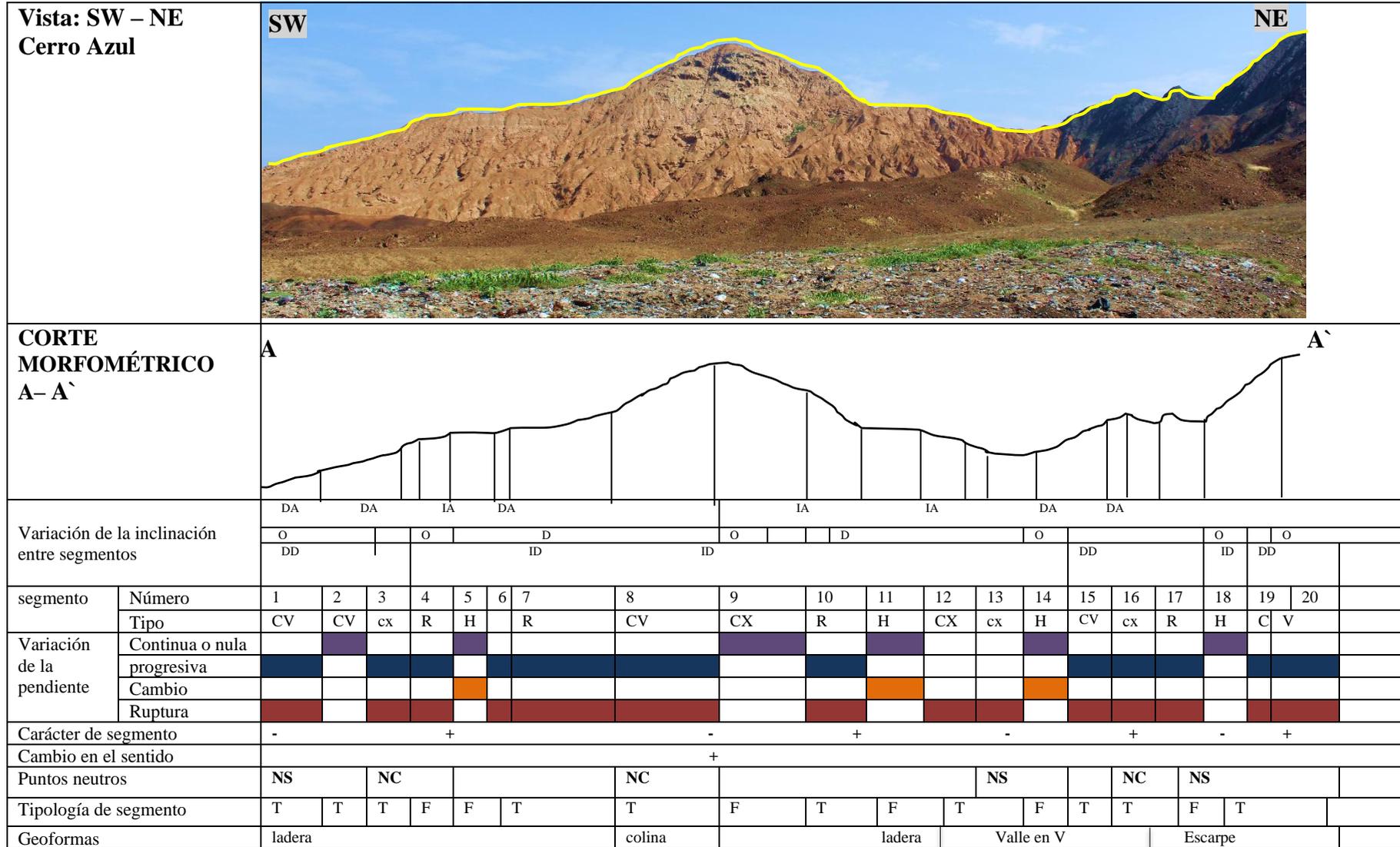
Con la ayuda del software AutoCAD versión 2021, se analizará la forma de la unidad geomorfológica entre los Centros Poblados El Milagro y La Barranca, se consideraron 02 secciones morfométricas basadas en la topografía del área que analizados detalladamente se clasifican y definen mediante el trazo de los contornos de las geoformas con segmentos continuos

#### **✓ Análisis morfométrico**

Para desarrollar el análisis morfométrico se tomó como referencia parte de las estribaciones de la Cordillera de los Andes del norte del Perú, lugar donde se encuentra enclavado la provincia de Pacasmayo

El análisis morfométrico consistió en ubicar altitudinalmente el entorno más referencial y cuyas prolongaciones constituyen la topografía que mayor alcance tiene en el área de estudio. Para tal propósito se detalla a continuación el análisis de los perfiles A-A' y B-B'.

**Corte Morfométrico A – A’:** Ubicado al SE del cerro azul en rocas intrusivas monzonitas y dioritas, mismas que se intersecan entre laderas y planicies denudacionales por efecto de agentes geológicos gravitacionales eólicos y fluviales. A continuación, se describirá la forma de la superficie



En el presente corte morfométrico A- A', se procederá a analizar los siguientes aspectos:

**Variación de la inclinación:** En el corte morfométrico se presenta 05 variaciones de la inclinación opuestas (O), (puntos más bajos y altos); de las cuales 02 son opuestos negativos (O-), indicando erosión menor y 3 son opuestos positivos (O+), indicando acción erosiva es mayor. 02 variaciones de la inclinación Directa (D), indica cambio positivo. 03 variaciones de la inclinación Directa Descendente (DD), indica cambio sentido cuesta arriba, respecto al anterior. Y 02 variaciones de la inclinación Directa Ascendente (DA), indica cuesta arriba, respecto al segmento anterior. 03 variaciones de la inclinación Inversa Ascendente (IA), indica el cambio cuesta abajo, respecto al segmento anterior. Y 04 variaciones de la inclinación Inversa descendente (ID).

**Segmentos (tipo):** Se evidencia 20 segmentos, comprendidas entre dos cambios o rupturas; de los cuales: 04 son segmentos Rectilíneos (R), indicando la pendiente no ha sufrido cambios considerables por la erosión. Y 03 son segmentos Horizontales (H), indicando erosión homogénea. 04 cóncavos (CV) presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura. Y 05 Convexos (CX) presentes en aquellas porciones de terreno que tienen una pendiente progresivamente descendente con la altura.

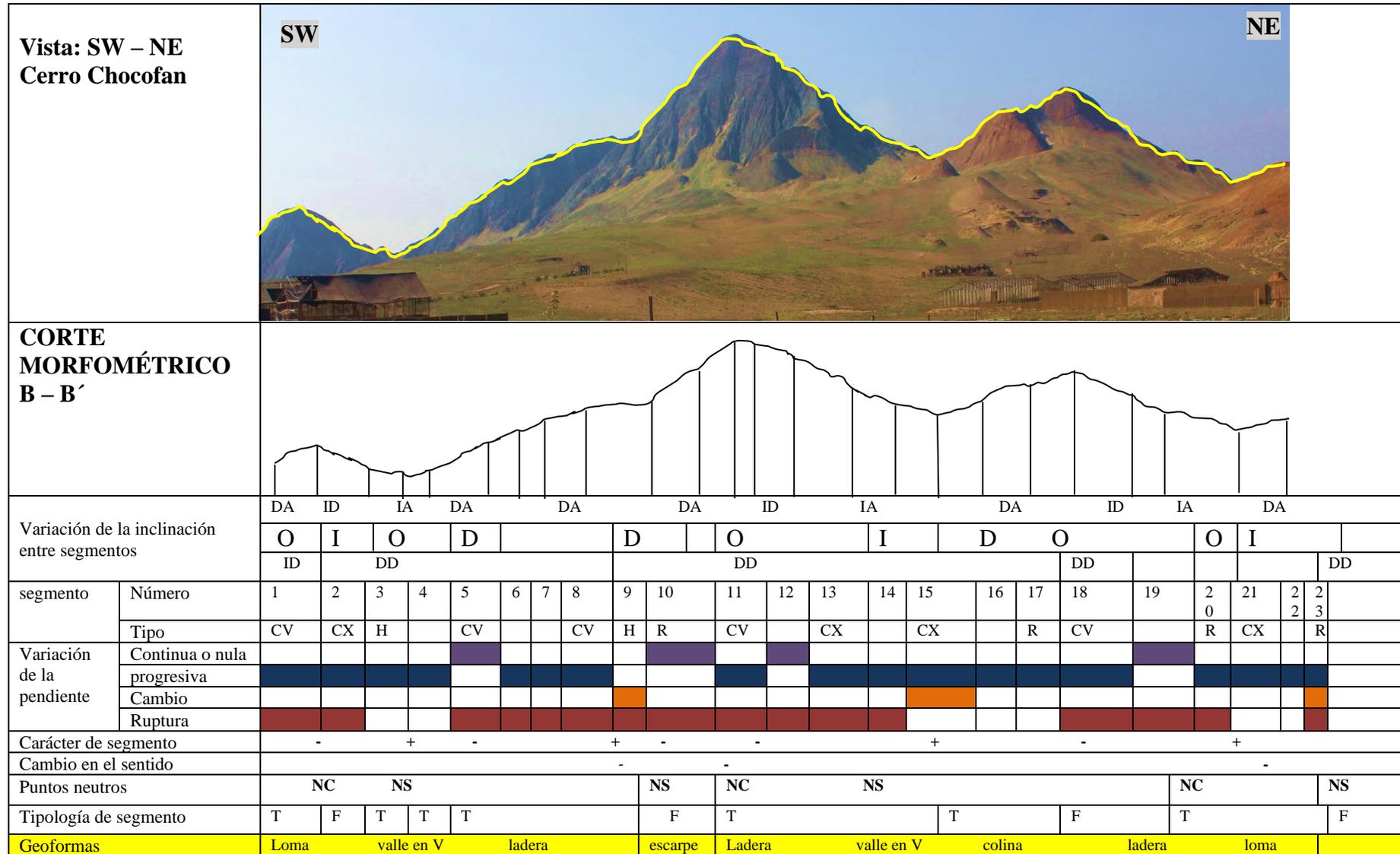
**Variación de la pendiente:** Se ha marcado de coloración: 08 Continua o nula, porque se mantiene constante el valor del segmento. 11 progresivas, porque a lo largo de un segmento o entre dos segmentos no se pueden establecer puntos de inflexión. 13 cambios, porque el punto de inflexión entre dos segmentos es suave.

**Cambio de sentido:** Se tiene 04 cambios en la inclinación [C+], los mismos que están relacionados directamente con los 04 segmentos horizontales, en donde la erosión ha sido homogénea.

**Puntos neutros:** Presenta 07 puntos neutros. 04 como Cima (NC), indicando que son los puntos más altos de la geoforma 03 puntos neutros como Sima (NS), indicando que son los puntos más bajos de las geoformas

**Tipología del segmento:** Se tiene lo siguiente: Tránsito (T), 11 segmentos que no se produce cambio de la inclinación, indicando erosión heterogénea que contornea a las geoformas. Fondo (F), 06 segmentos en los que el cambio en el sentido rupturas de signo positivo en ambos extremos del segmento, indicando que la erosión ha sido homogénea.

**Corte Morfométrico B – B´:** Ubicado al SE del cerro Chocofan en rocas silicoclasticas y filitas de Fm. Pi-s., con una superficie de aplanamiento



En el presente corte morfométrico B- B', se procederá a analizar los siguientes aspectos:

**Variación de la inclinación:** En el corte morfométrico se presenta 04 variaciones de la inclinación opuestas (O), (puntos más bajos y altos); de las cuales 02 son opuestos negativos (O-), indicando erosión menor y 02 son opuestos positivos (O+), indicando acción erosiva es mayor. 03 variaciones de la inclinación Directa (D), indica cambio positivo. 04 variaciones de la inclinación Directa Descendente (DD), indica cambio sentido cuesta arriba, respecto al anterior. Y 06 variaciones de la inclinación Directa Ascendente (DA), indica cuesta arriba, respecto al segmento anterior. 03 variaciones de la inclinación Inversa Ascendente (IA), indica el cambio cuesta abajo, respecto al segmento anterior. Y 02 variaciones de la inclinación Inversa descendente (ID).

**Segmentos (tipo):** Se evidencia 23 segmentos, comprendidas entre dos cambios o rupturas; de los cuales: 04 son segmentos Rectilíneos (R), indicando que a lo largo de la inclinación de la pendiente no ha sufrido cambios considerables producto de la erosión. Y 02 son segmentos Horizontales (H), indicando que parte de la geoforma ha sufrido una erosión homogénea. 05 cóncavos (CV) presentes en aquellas porciones de terreno inclinado de pendiente progresivamente creciente en altura. Y 04 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: 04 Continua o nula, porque se mantiene constante el valor que presenta la pendiente a lo largo del segmento. 18 progresivas, porque a lo largo de un segmento o entre dos segmentos no se pueden establecer puntos de inflexión. 16 cambios, porque el punto de inflexión entre dos segmentos es suave.

**Cambio de sentido:** Se tiene 04 cambios en la inclinación [C+], los mismos que están relacionados directamente con los 04 segmentos horizontales, en donde la erosión ha sido homogénea.

**Puntos neutros:** Presenta 07 puntos neutros. 04 como Cima (NC), indicando que son los puntos más altos de la geoforma 03 puntos neutros como Sima (NS), indicando que son los puntos más bajos de las geoformas.

**Tipología del segmento:** Se tiene lo siguiente: Tránsito (T), 07 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 (F), 03 segmentos en los que el cambio en el sentido de inclinación.

## 4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Basándonos en las teorías tal como el ciclo geográfico de Davis y las propuestas para la cartografía geomorfológica de Carbajal (2012), Las unidades geomorfológicas presentes entre los centros poblados el Milagro y la Barranca, y su entorno, han sufrido modificaciones debido a los procesos endógenos, el cual configura actualmente el ambiente de las unidades morfoestructural, Ígneas – intrusivas y Volcánicos; otro proceso muy importante son los factores exógenos, que dan una configuración actualmente a los ambientes denudacional, fluvial, eólico, marino y antrópico. y en conjunto dieron lugar y/o constituyen los ocho (8) ambientes morfogenéticos de la zona de investigación.

Tabla 20: Se aprecia en el diagrama de barras, Tipo de Ambiente, Cantidad de Geoformas y el área y porcentaje por el tipo de ambiente morfogenético de la zona explorada.

Ambiente	Cantidad de Geoformas		Área (Km2)	Porcentaje	Área (Km2)
	Mayores	Menores			
Estructural (S)	5	3	8.11	3.24%	0.811
Denudacional (D)	5	4	63.60	25.44%	6.36
Ígneo – Intrusivo (I)	5	7	6.69	2.68%	0.669
Volcánico (V)	6	3	12.29	4.92%	1.229
Fluvial (F)	10	6	12.34	4.94%	1.234
Litoral – Marino (L)	8	8	8.78	3.51%	0.878
Eólico (E)	7	8	26.78	10.71%	2.678
Antrópico (A)	5	0	111.41	44.56%	11.141
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>39</b>	<b>250</b>	<b>100%</b>	<b>25</b>

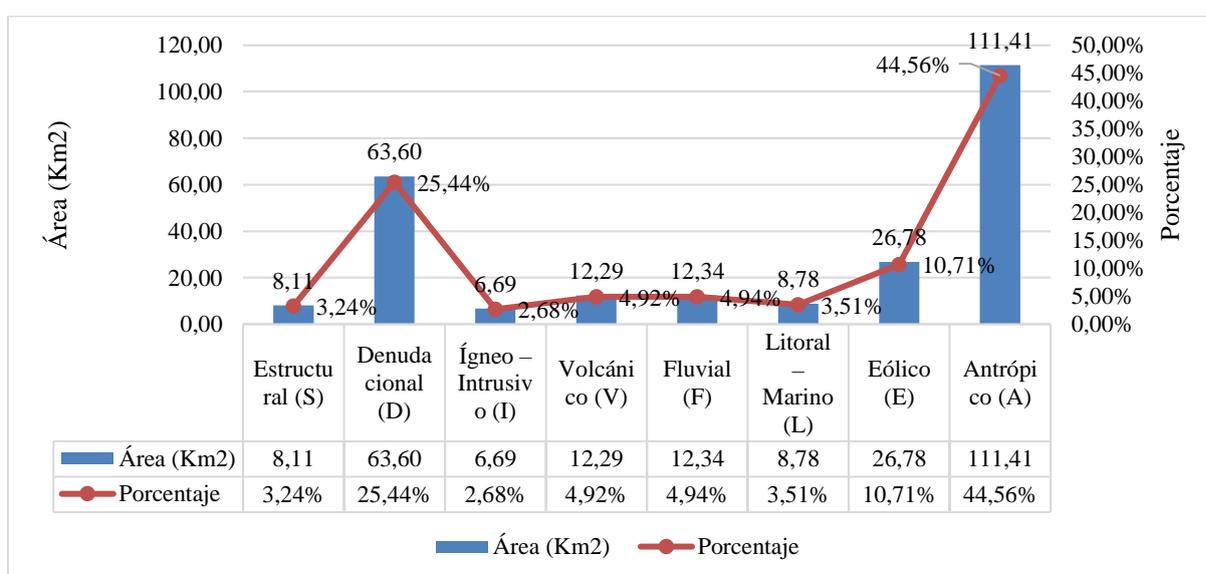


Figura 14: Se determina mediante barras el tipo de ambiente respecto a la cantidad de área.

A continuación, se muestra Los resultados respectivos a los ambientes morfogenéticos:

- **Primer lugar** en ocupar mayor cantidad de área: Ambiente Antrópico, Tiene 5 Geoformas a nivel de zona y ocupa un área de 111.41 Km<sup>2</sup> equivalente a un 44.56 % del área de la zona total
- **Segundo lugar:** Ambiente Denudacional, Tiene 5 Geoformas mayores y 4 geoformas menores y ocupa un área de 63.60 Km<sup>2</sup> equivalente a un 25.44 % del área de la zona total.
- **Tercer lugar:** Ambiente Eólico, Tiene 7 Geoformas mayores y 8 geoformas menores y ocupa un área de 26,78 Km<sup>2</sup> equivalente a un 10.71 % del área de la zona total.
- **Cuarto lugar:** Ambiente Fluvial, Tiene 10 geoformas mayores y 7 geoformas menores y ocupa un área de 12.34 Km<sup>2</sup> equivalente a un 4.94 % de la zona total.
- **Quinto Lugar:** Ambiente Volcánico, tiene 6 geoformas mayores y 3 Geoformas menores y ocupa un área de 12.29 Km<sup>2</sup> equivalente a un 4.92 % de la zona total.
- **Sexto Lugar:** Ambiente Litoral – Marino, tiene 8 geoformas mayores y 8 geoformas menores y ocupa un área de 8.78 Km<sup>2</sup> equivalente a un 3.513 % del zonal total.
- **Séptimo Lugar:** Ambiente estructural, tiene 5 geoformas mayores y 3 geoformas menores y ocupa un área de 8.11 Km<sup>2</sup> equivalente a un 3.24 % de la zona total.
- **Octavo Lugar:** Ambiente Ígneo – Intrusivo, tiene 5 geoformas mayores y 7 geoformas menores y ocupa un área de 6.69 Km<sup>2</sup> equivalente a un 2.68 % del zonal total.

Frente a ello se puede mencionar que los elementos geomorfológicos de la zona de investigación constituyen un componente esencial del patrimonio natural y juegan un rol importante en las políticas de conservación y de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales tal como concluye Beato et al (2020) en su investigación referente a lugares de interés geomorfológico siendo necesario seguir la línea aplicando el método para el conocimiento sistemático, diagnóstico y divulgación del patrimonio del área de investigación.

Así, se presenta la cantidad de geoformas por cada ambiente Geomorfológico respecto al área y porcentajes de la zona de estudio (Pacasmayo). A continuación, se muestran la cantidad de geoformas que ocupan los ocho tipos de ambientes:

## Ambiente Estructural

Tabla 21: Número de Geoformas por el tipo de geoformas, simbología y el área que ocupan en el Ambiente Estructural.

Ambiente morfogénico	Unidades	Unidad geomorfológica	Simbología	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Estructural (S)	Mayores	Loma Estructural	S-lo	0.74	0.30%
		Colina estructural	S-coe	1.2	0.48%
		Ladera estructural	S-le	0.51	0.20%
		Cerro estructural	S-ce	5.31	2.12%
		Loma Elongada residual	S-ler	0.35	0.14%
	Menores	Lomas residuales	S-lr	-	-
		Espolón bajo	S-eb	-	-
		Ladera Escalonada	S-lec	-	-
		<b>Total</b>			<b>8.11</b>

De la Tabla 21, Se deduce que la geoforma que más área ocupa son los cerros estructurales, que son laderas de pendiente abrupta a muy abrupta, que corre a lo largo de los de los Chocofan, cerro pinturas y la mina; seguido por la geoforma de laderas estructurales abruptas y erosionadas.

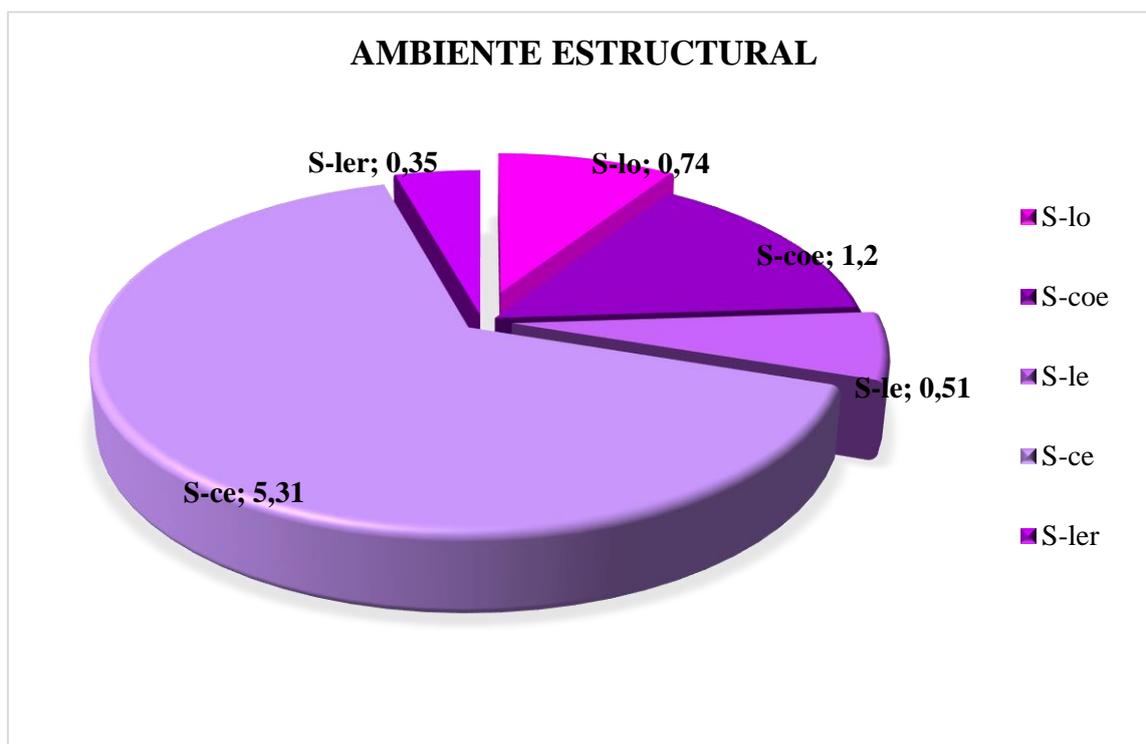


Figura 15: Distribución de las geoformas de origen Estructural, la geoforma que más área ocupa es los cerros estructurales.

## Ambiente Denudacional

Tabla 22: Número de Geoformas por el tipo de geoformas, simbología y el área que ocupan en el Ambiente Denudacional.

Ambiente morfo-genético	Unidades	Unidad geomorfológica	Simbología	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Denudacional (D)	Mayores	Superficie de aplanamiento	D-sa	10.21	4.08%
		Ladera Denudacional	D-ld	8.13	3.25%
		Cerros residuales	D-cr	1.05	0.42%
		Planicie de depósitos aluviales antiguos	D-Pda	32.16	12.86%
		Glacis de acumulación	D-ga	12.05	4.82%
	Menores	Cerros remanentes o relictos	D-crr	-	-
		Lomeríos disectados	D-ldi	-	-
		Cárcavas	D-ca	-	-
		Badlands	D-ba	-	-
		<b>Total</b>			<b>63.6</b>

De la Tabla 22, Se deduce que la geoforma que más área ocupa son las planicies de depósitos aluviales antiguos presentes a lo largo de las Pampas Facio y pueblo Joven, planicies de material aluvial acumulado de la parte alta de los cerros aledaños; seguido por glasis de acumulación ígnea (rocas dioritas y monzonitas) y volcánica, también hay superficies de aplanamiento como se observa al SE del C.P. la Barranca.



Figura 16: Distribución de las geoformas de origen denudacional, la geoforma que más área ocupa es las planicies de depósitos antiguos.

## Ambiente Ígneo - intrusivo

Tabla 23: Número de Geformas por el tipo de unidad, simbología y el área que ocupan en el Ambiente Ígneo – intrusivo.

Ambiente morfo-genético	Unidades	Unidad geomorfológica	Simbología	Área (km2)	Porcentaje
Ígneo – Intrusivo (I)	Mayores	Lomerío Elongado en Roca Ígnea	I-lei	0.13	0.05%
		Planicie de roca intrusivas	I-pri	2.70	1.08%
		Ladera de montaña denudada intrusiva	I-lmd	1.11	0.44%
		Colina intrusiva disectada	I-cid	1.37	0.55%
		Superficie de aplanamiento ígnea	I-sai	1.38	0.55%
	Menores	Alveolos en roca ígnea	I-ali	-	-
		Arco alveolar	I-aal	-	-
		Pilares ígneos	I-pi	-	-
		Cañón en roca ígnea	I-ca	-	-
		Abanico de escombros en rocas	I-aei	-	-
		Cerros remanentes o relictos ígneos	I-cr	-	-
		Cause en roca ígnea	I-cri	-	-
		<b>Total</b>			<b>6.69</b>

De la Tabla 23, Se deduce que la unidad geomorfológica que más área ocupa son las planicies de rocas intrusivas dioríticas y monzoníticas, que son acumulaciones de material intrusivo provenientes de los cerros aledaños de material monzonítico al SE de las pampas de Facio; seguido por colinas de bajo ángulo y erosionadas con presencia de alveolos en rocas monzonita la cual forman diferentes paisajes turísticos en la zona.

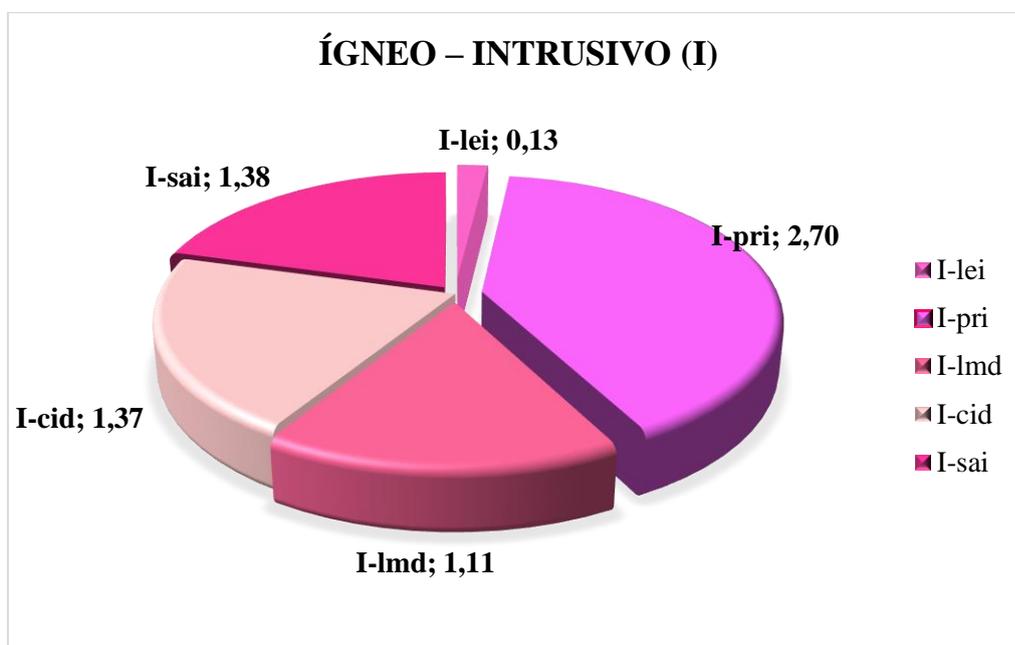


Figura 17: Representación del área de las unidades geomorfológicas ígneas – intrusivas.

## Ambiente Volcánico

Tabla 24: Número de Geoformas por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje que ocupan en el Ambiente volcánico.

Ambiente morfo-genético	Unidades	Unidad geomorfológica	Simbología	Área (km2)	Porcentaje
Volcánico (V)	Mayores	Espinazo volcánico	V-ev	0.77	0.31%
		Terrazeta erocional volcánica	V-tev	0.78	0.31%
		Lomerío disectado Volcánica	V-lo	0.94	0.38%
		Ladera de montaña denudada volcánica	V-lmv	4.63	1.85%
		Superficie erial en volcánicos	V-sev	1.3	0.52%
		Cerro volcánico montañoso	V-cvm	3.87	1.55%
	Menores	Talud de bloque erráticos	V-tbe	-	-
		Cerros remanentes o relictos volcánicos	V-crv	-	-
		Alveolos en roca volcánica	V-alv	-	-
<b>Total</b>				<b>12.29</b>	<b>4.92%</b>

De la Tabla 24, Se deduce que la unidad geomorfológica que más área ocupa son las laderas de montaña denudada, donde principalmente actúan agentes eólicos y fluviales estacionarios la cual moldea el presente relieve influyendo por la meteorización física predominante en el área de investigación. Estas unidades se evidencian al SW del cerro Facio; seguido por cerros volcánicos de bajo ángulo y erosionados con presencia de alveolos en rocas andesitas.

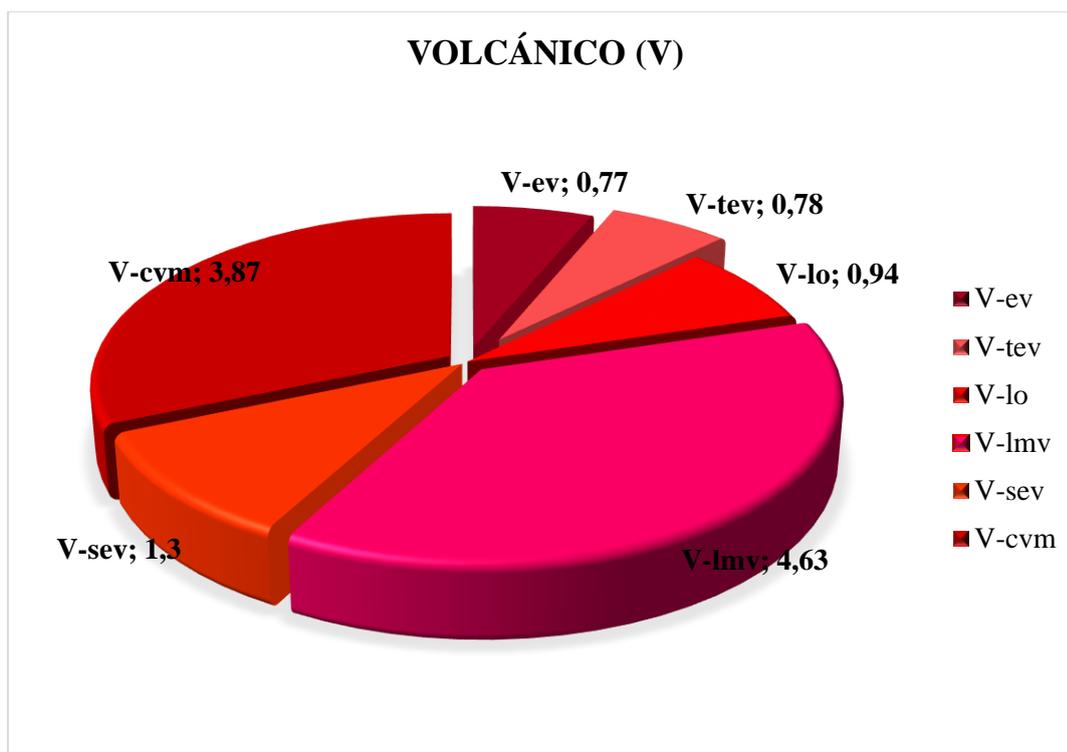


Figura 18: Representación del área de las unidades geomorfológicas volcánicas.

## Ambiente Fluvial

Tabla 25: Número de Geoformas por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje.

Ambiente morfogénético	Unidades	Unidad geomorfológica	Simbología	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Fluvial (F)	Mayores	Valle Fluvial en V	F-vv	0.25	0.25%
		Llanura fluvio lacustre	F-fl	2.50	2.50%
		Cauces torrenciales secos	F-cts	2.50	2.50%
		Cauce meandriforme	F-cm	1.26	1.26%
		Delta de río	F-dr	0.06	0.06%
		Barras litorales	F-bl	0.26	0.26%
		Llanura de inundación	F-li	0.28	0.28%
		Barra longitudinal	F.bl	0.20	0.20%
		Terrazas fluviales	F-tf	4.76	4.76%
		Terrazas lagunar	F-tl	0.27	0.27%
	Menores	Cauce con erosión fluvio lateral	F-efl	-	-
		Cauce de Río Estacionario	F-cre	-	-
		Cauce de Río Permanente	F-cp	-	-
		Barra longitudinal	F-bl	-	-
		Cauce con erosión laminar	F-cel	-	-
		Abanico Aluvial	F-aa	-	-
		<b>Total</b>			<b>12.34</b>

De la Tabla 25, Se deduce que la unidad geomorfológica que más área ocupa son las terrazas fluviales contiguas y paralelas al cauce principal del río Jequetepeque aprovechadas para cultivos agrícolas. Por su planicie y su material de gravas arenas y limoarcillas; seguido por llanuras fluvio lacustres aprovechadas para cultivos y cauces torrenciales secos estacionarios de material arcilloso y con alto contenido de feldespatos.

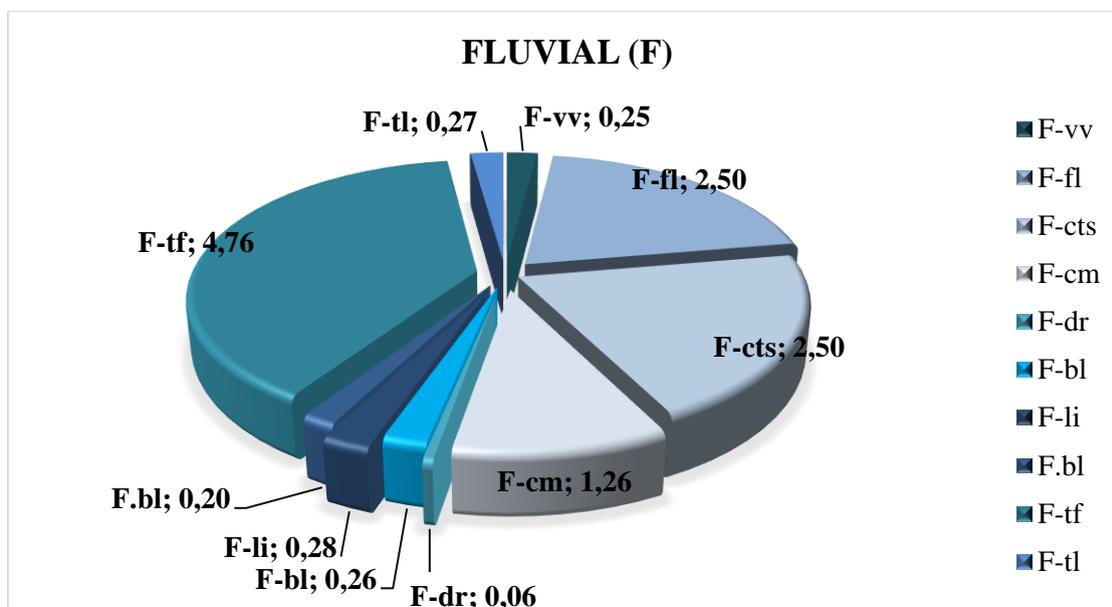


Figura 19: Representación del área de las unidades geomorfológicas fluvial.

## Ambiente Litoral – Marino

Tabla 26: Número de Geformas fluviales por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje.

Ambiente morfogénético	Unidades	Unidad geomorfológica	Simbología	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Litoral – Marino (M)	Mayores	Playas litorales	M-pl	1.33	0.53%
		Playa longitudinal	M-pll	5.07	2.03%
		Acantilados marinos	M-am	0.24	0.10%
		Plataforma de Abrasión	M-pa	0.61	0.24%
		Bloque caídos	M-bc	0.10	0.04%
		Terrazas marinas	M-tm	1.22	0.49%
		Marisma con vegetación	M-mv	0.11	0.04%
	Menores	Albufera	M-al	0.10	0.04%
		Dunas Costeras Activas	M-dca	-	-
		Socavadura litoral	M-sl	-	-
		Grietas y Cuevas marinas	M-gcm	-	-
		Puntas o promontorios	M-pp	-	-
		Pilar marino	M-pm	-	-
		Promontorios o farallón	M-pf	-	-
		Abanico litoral	M-al	-	-
		Grietas de disecación marina	M-gd	-	-
		<b>Total</b>			<b>8.78</b>

De la tabla 22, Se deduce que la unidad geomorfológica litoral que más área ocupa son playas longitudinales desde C.P. El Milagros hasta playa Chica evidenciándose diferentes geformas marinas como bloques caídos, pilares marinos socabaduras, influenciados por la variación del nivel eustático y la erosión marina; seguido por terrazas.

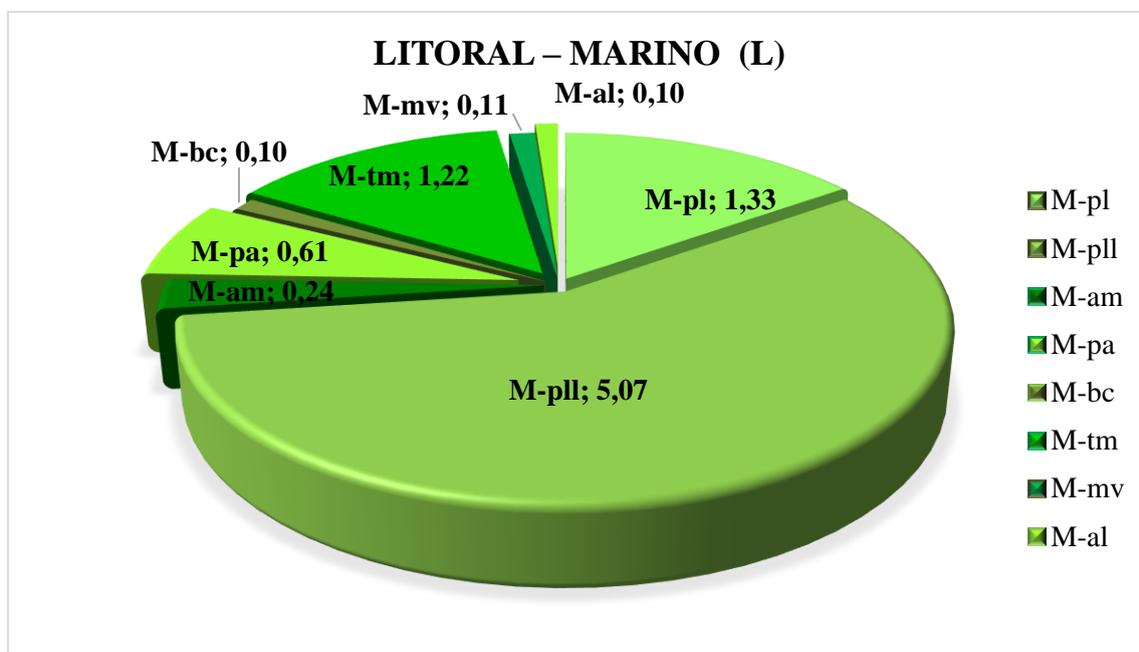


Figura 20: Representación del área de las unidades geomorfológicas Litoral – Marino.

## Ambiente Eólico

Tabla 27: Número de Geoformas eólicas por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje.

Ambiente morfogénético	Unidades	Unidad geomorfológica	Simbología	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Eólico (E)	Mayores	Paleo dunas	E-pd	3.32	1.33%
		Depósito de loess	E-dl	0.49	0.20%
		Dunas longitudinales	E-dl	0.82	0.33%
		Dunas parabólicas	E-dp	1.76	0.70%
		Dunas estabilizadas	E-dov	7.41	2.96%
		REG o desierto de rocas	E-dr	10.33	4.13%
		Planicie eólica	E-pe	2.65	1.06%
	Menores	Ripples	E-ri	-	-
		Ventifactos	E-ve	-	-
		Yardangs cubierto por vegetación	E-ycv	-	-
		Depósito de loess	E-dl	-	-
		Depresión dunar	E-dd	-	-
		Dunas Barján	E-db	-	-
		Dunas transversales	E-dt	-	-
		Dunas obstaculizadas por topografía	E-dot	-	-
<b>Total</b>			<b>26.78</b>	<b>10.71%</b>	

De la tabla 22, Se deduce que la unidad geomorfológica eólica que más área ocupa son los desiertos de rocas y las dunas estabilizadas por la vegetación encontradas en promontorios y acumulaciones eólicas y en vegetación misma con una orientación preferencial de S a N. a lo largo del C.P. Pacasmayo y en San Pedro de Lloc con mayor incidencia; seguido paleo dunas cubiertas por vegetación.

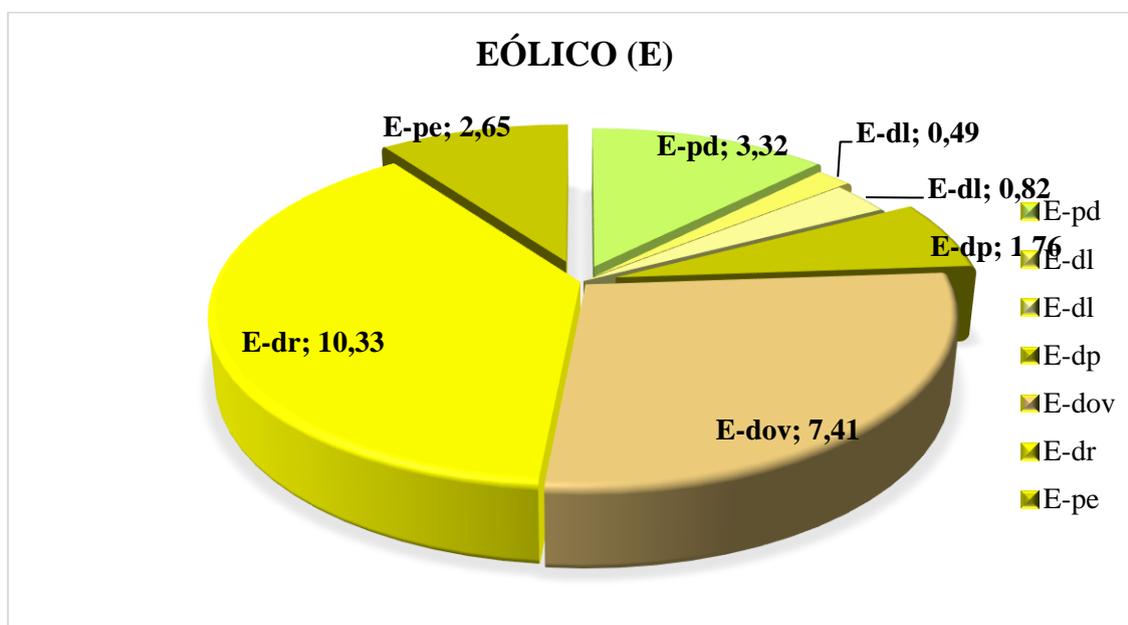


Figura 21: Representación del área de las unidades geomorfológicas eólicas.

## Ambiente Antrópico

Tabla 28: Número de Geoformas antrópicas por el tipo de unidad, simbología y el porcentaje.

Ambiente morfológico	Unidades	Unidad geomorfológica	Simbología	Área (km2)	Porcentaje
Antrópico	Mayores	Cantera de agregados de construcción	A-ca	0.39	0.16%
		Áreas urbanas	A-au	15.09	6.04%
		Botadero de residuos sólidos	A-brs	0.82	0.33%
		Áreas urbanas industriales	A-aui	2.57	1.03%
		Terrenos agrícolas de sembrío	A-ta	92.54	37.01%
<b>Total</b>			<b>111.41</b>	<b>44.56%</b>	

De la tabla 22, Se deduce que la unidad geomorfológica antrópica que más área ocupa son los terrenos agrícolas de sembríos estabilizados en terrazas fluviales antiguas del río Jequetepeque en la parte baja de la cuenca, principalmente se evidencia, la cual son aprovechados para la agricultura; seguidamente de áreas urbanas establecidas principalmente por su atractivo turístico de las playas y por generación de trabajos en el valle.

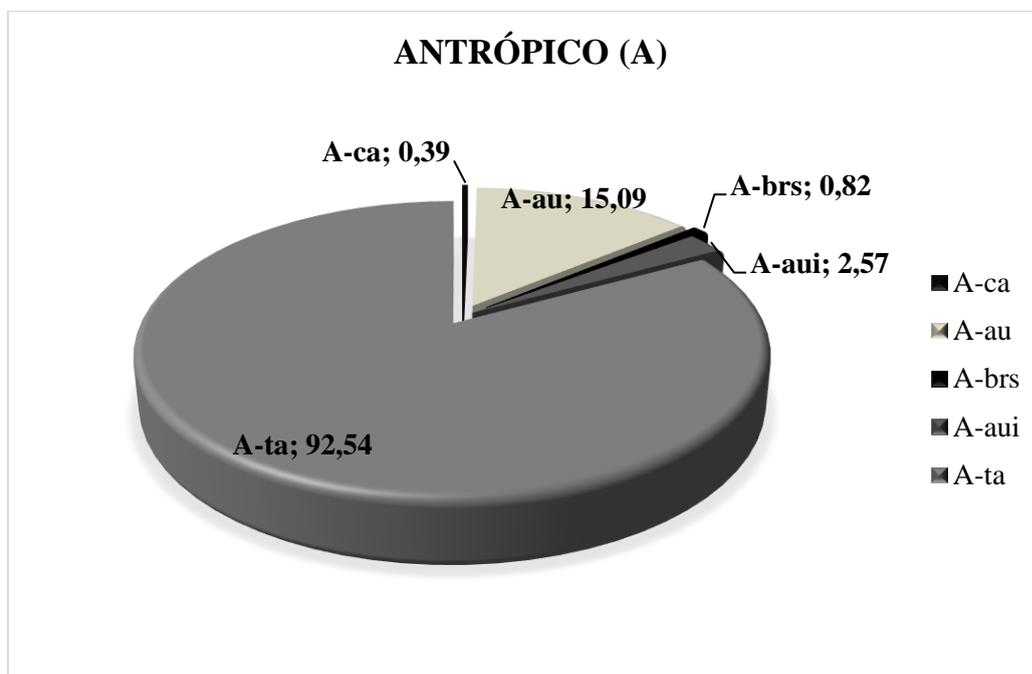


Figura 22: Representación del área de las unidades geomorfológicas antrópico.

### 4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La contrastación de la hipótesis es por el método no experimental a través de la observación sistemática, descripción de las unidades geomorfológicas entre los centros poblados: El Milagro y La Barranca, provincia de Pacasmayo – Región La Libertad. Está estrictamente relacionadas a los factores de erosión, litología, pendiente, tipo de suelo y el tiempo geológico los cuales están determinados por los procesos geodinámicos internos, (orogénicos y epirogénicos) y geodinámicos externos (Intemperismo, remoción de masas y erosión), dando lugar al actual modelado geomorfológico por acción conjunta de los agentes geológicos (fuerzas internas, viento, agua, atmósfera, meteorización). Formando terrazas, abanicos, colinas, laderas, deltas, escarpes, superficies de aplanamiento, lomas, colinas, cerros y montañas, etc. todas ellas caracterizadas por 90 componentes geomorfológicos de acuerdo al Ambiente morfoestructural; ambiente estructural 5 geoformas mayores y 3 geoformas menores. Ambiente denudacional 5 geoformas mayores y 4 geoformas menores. Ambiente ígneo - intrusivo 5 geoformas mayores y 7 geoformas menores. Ambiente volcánico 6 geoformas mayores y 3 geoformas menores. Ambiente fluvial 10 geoformas mayores y 6 geoformas menores. Ambiente litoral -marino 8 geoformas mayores y 8 geoformas menores. Ambiente eólico 7 geoformas mayores y 8 geoformas menores. ambiente Antrópico 4 geoformas mayores.

El resultado de los procesos endógenos está estrictamente relacionados a la geodinámica interna, tales como la formación estructuras continuas (plegamientos), estructuras discontinuas (diaclasas y fallas), y el ascenso de cuerpos intrusivos. Asimismo, los procesos exógenos dado por procesos de degradación o denudacionales tales como la meteorización de roca, remoción de masas, erosión (fluvial, marina e hídrica) y por procesos de agradación tales como la sedimentación aluvial y coluvial, dando lugar al actual modelado geomorfológico, validando así la hipótesis inicial. Las unidades geomorfológicas que más resaltan en el área de investigación son laderas, cuestras, escarpes, espinazo, planicies, terrazas, lomas-lomeríos, colinas, deslizamientos, valle fluvial y superficie de aplanamiento, escarpes marinos, promontorios, pilares marinos y eólicos, alveolos, entre otros.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Se realizó la caracterización de las unidades geomorfológicas entre el Centro Poblado El Milagro y La Barranca; identificándose ocho ambientes morfogenéticos: Ambientes Estructural (3.24%), Denudacional (25.44%), Volcánico (4.92%), Ígneo – Intrusivo (2.68%), Fluvial (4.94%), Litoral – Marino (3.51%), Eólico (10.71%) y Antrópico (44.56%). donde explica los procesos endógenos y exógenos que actuaron para la formación del actual relieve.

Se identificó noventa unidades geomorfológicas que tienen presencia en el distrito de Pacasmayo donde destacan: laderas, escarpes, espinazo, planicies, terrazas, acantilados, valle fluvial y superficie de aplanamiento, terrazas marinas, playas, dunas, deltas meandros, entre otras. Todas ellas caracterizadas por 51 componentes geomorfológicos mayores y 39 unidades geomorfológicas menores de acuerdo al ambiente morfogenético.

El análisis de la superficie se desarrolló mediante la elaboración de tres perfiles morfométricos, las cuales representan la tipología de terreno, determinado principalmente por cerros, colinas pertenecientes a los flancos, lomas y laderas.

Se elaboró el plano geomorfológico, resultado del cartografiado de las unidades geomorfológicas según su ambiente de formación, aplicando la metodología de Carvajal.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la municipalidad provincial de Pacasmayo, considerar los mapas geomorfológicos en el ordenamiento territorial, planeación geográfica integral, evaluación de paisajes y en escenarios relacionados con riesgos y desastres naturales. Puesto que un buen conocimiento del ambiente, ayuda a tomar mejores decisiones en cuanto al desarrollo turístico y asentamientos humanos en la costa. Por lo tanto, la caracterización geomorfológica conlleva a tener conocimientos sobre la configuración del relieve.

Se sugiere que las entidades competentes como INGEMMET proponga una estandarización de códigos de colores y nomenclatura geomorfológica para que sirva de guía en la elaboración de mapas geomorfológicos a nivel nacional.

Se recomienda a las entidades públicas y privadas, que desarrollan trabajos geológicos en la provincia de Pacasmayo, realizar estudios de actualización del mapa geomorfológico a nivel nacional a escala 1/ 60 000, puesto que se tendrá información detallada sobre la zona.

Se sugiere que la municipalidad provincial de Jequetepeque o empresas privadas profundicen o den énfasis en estudios hidrogeológicos en la desembocadura de la cuenca del Jequetepeque, con fines económicos y de aprovechamiento del agua para la agricultura e industrias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A., & Medrano, O. 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 Aguas Calientes, 32-44.
- Alcántara, A. (2019). Influencia de la Geomorfología y la meteorización de la humedad del suelo y recargas de agua en la cabecera de cuenca del río Jequetepeque. Instituto de investigación UNMSM, 22(43), 99-106.
- Ayay, R. 2018. Geomorfología del caserío Hierba Buena y entono, centro poblado porcón alto - Cajamarca [ Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca ]. Repositorio institucional, Cajamarca.
- Carvajal, H; 2004. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica. Volumen I. Capítulo de geomorfología. INGEOMINAS. Bogotá.122,147p
- Carbajal, J. 2012. Propuesta de estandarización de la Cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano.
- Carvajal, J. 2011. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Bogota: INGEOMINAS. Recuperado el Miercoles de agosto de 2016
- Cassetti, V. 1994. Aproximación del medio ambiente y el socorro. Sao Paulo: Contexto.
- Christofolletti, A. 1973. Las Teorías Geomorfológicas. Noticias Geomorfológicas, 13(25), 3-4.
- Centeno, J. 2008. Morfometría. Mexico: Mexico.
- Dávila, J. 2011. Diccionario Geológico. Lima: Arth Grouting.
- Gonzales, R; 2021. Geomorfología del departamento de Tumbes a escala 1/50,000, con fines de zonificación ecológica y económica. Perú.
- Gutiérrez, E. M., (2008). Editorial PEARSON EDUCACIÓN, S.A., “Geomorfología”- España.
- Hutton, J. 1726, “Análisis Epistemológico de la Teoría de la Tierra”.
- INGEOMINAS, ECOPELROL ICP, INVEMAR, 2008. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta. Geomorfología de la zona costera y piedemonte occidental. 194 p, 5 anexos.
- Izquierdo, T., Carrasco, G., Rodríguez, J., & Ruiz, F., 2020. Geomorfología y evolución geológica reciente del litoral del Parque Nacional Pan de Azúcar (norte de Chile). GEOGACETA. Chile. 111,114p.

- Jiménes, J; 1983. Geomorfología General (Vol. II). Madrid. España. 125,232p.
- La Noe y de Margerie, E. J. 1888. “Las formas del terreno” editorial Pearson.
- Lugo, J. 1988. Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos). Universidad Autónoma de México.
- Muñoz, J. 1995. Geomorfología General (2da ed.). Síntesis.
- Novoa, Z. 2007. Geografía de las zonas Marino-Costas: El Litoral Pacífico Peruano". Lima: Sociedad Geográfica de Lima
- Powell 1875,” Dinámica Natural, Física de la Tierra o Geología Dinámica Natural, Física de la Tierra o Geología Dinámica”, (Fines del siglo XVIII, principios del siglo XIX).
- Robertson, D., Jarmillo, O., & Casiblanco, M., 2013. Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1: 10 000. IDEAM. Bogotá .87,93,102p.
- Rodríguez, C, 2000, Geomorfología. Instituto superior minero metalúrgico, facultad de geología y minas, departamento de geología. Moa. Recuperado a partir de <https://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1661/RodriguezG.pdf?sequence=1>
- Spikermann, J. 2010. Elementos de geología general. Fundació de Historia Natural.
- Talero, C. 2014. Memoria explicativa mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000. Plancha 166 – Jericó. Servicio Geológico Colombiano, Ministerio de Minas y Energía.
- Terrones, D., 2023. Caracterización de las unidades geomorfológicas para la planificación ambiental y territorial sostenido en el distrito de Chetilla-2021 [ Tesis demestria en ciencias, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional, Cajamarca, 14-45p.
- Van Zuidam, R., Mensua Fernández, S., Van Zuidam F.I., (1981). Consideraciones sobre el Sistema de la cartografía geomorfológica del ITC, aplicado a un mapa geomorfológico sedimentario, en el Valle del Ebro.
- Villota, H; 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá.1,16-17,20-23,29p
- Wesson, R. 1975.” Geomorfología Moderna”.
- Zinck, J; 2012, Geopedologia: Elementos de la geomorfología para estudios de suelos y riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. Colombia. 90p

## ANEXOS

### A. PLANOS

- Plano 01: Ubicación
- Plano 02: Satelital
- Plano 03: Topográfico (Modelo Digital De Elevaciones)
- Plano 04: Geológico – Estructural
- Plano 05: Pendientes
- Plano 06: Geomorfológico - Unidades Morfogenéticas