

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



TESIS

**EVOLUCIÓN SEDIMENTARIA DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS
MEDIANTE ANÁLISIS DE FACIES EN LAS MÁRGENES DEL RÍO
MARAÑÓN, DISTRITOS UTCO Y BALSAS.**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Abanto Araujo Ana Cecilia

Asesor:

Dr. Quispe Mamani Crispín Zenón

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 **EVOLUCIÓN SEDIMENTARIA DE LOS DEPÓSITOS CUATERNARIOS MEDIANTE ANÁLISIS DE FACIES EN LAS MÁRGENES DEL RÍO MARAÑÓN, DISTRITOS UTCO Y BALSAS**, realizada por la Bachiller en Ingeniería Geológica **Ana Cecilia Abanto Araujo** de acuerdo al resultado del análisis reportado por su asesor Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani con el software antiplagio Turnitin que identifica **4% (cuatro por ciento)** de similitud, asignándole el código **oid:3117:304189804**.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 16 de enero del 2024

Documento firmado digitalmente

Dra. Yvonne Katherine Fernández León
Directora Unidad de Investigación Facultad de Ingeniería

Cc.
Archivo
c01424aa



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258001 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 16/01/2024 12:02:28-0500

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento y gratitud a mi Alma Mater la Universidad Nacional de Cajamarca por haberme permitido formarme en ella como profesional, a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Geológica por compartir sus conocimientos y experiencias. En especial al Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani, asesor de tesis por su guía y apoyo constante en la realización de este proyecto.

A mis padres y hermano, por creer en mí y brindarme el apoyo constante e incondicional para lograr mis metas.

Ana Abanto.

DEDICATORIA

A mi familia por siempre creer en mí. A mis padres Jorge y Aideé, por todo su amor; a mi hermano Erick por motivarme a ser mejor cada día.

A mis amigos y compañeros quienes compartieron conmigo sus conocimientos y alegrías, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron en la realización de la presente tesis.

Ana Abanto.

CONTENIDO

ITEM	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales	4
2.1.3. Antecedentes Locales.....	4
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. Sedimentología.....	5
2.2.2. Ambientes Sedimentarios.....	5
2.2.3. Método de Análisis de Facies	9
2.2.4. Perfiles Sedimentológicos.....	15
2.2.5. Medición de Paleocorrientes	16
2.2.6. Parámetros Texturales de los Sedimentos.....	17
2.2.8. Depósitos Cuaternarios	21
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	23
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24

	Pág.
3.1.1. Geográfica.....	24
3.1.2. Política.....	24
3.1.3. Accesibilidad.....	24
3.1.4. Clima.....	26
3.2. PROCEDIMIENTOS	26
3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete.....	26
3.2.2. Etapa de Campo	26
3.2.3. Etapa de Gabinete	27
3.2.4. Metodología	27
3.2.5. Identificación de Variables	28
3.2.6. Técnicas.....	28
3.2.7. Instrumentos y Equipos.....	29
3.3. GEOMORFOLOGÍA	30
3.3.1. Unidades Geomorfológicas Fluviales	30
3.3.2. Unidades Morfogenéticas.....	32
3.4. HIDROLOGÍA	36
3.5. GEOLOGÍA LOCAL	37
3.5.1. Superunidad Gollón - Callangate (Carbonífero).....	37
3.5.2. Grupo Gollarisquizga (Ki-g).....	39
3.5.3. Formación Chúlec (Ki-chu)	40
3.5.4. Grupo Pulluicana (Ks-pu)	40
3.5.5. Depósitos Cuaternarios	41
3.6. MARCO SEDIMENTOLÓGICO	41
3.6.1. Descripción de Afloramientos.....	42
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
4.1. FACIES SEDIMENTARIAS	62

	Pág.
4.1.1. Grava Masiva con Matriz de Limolita (Gmm).	62
4.1.2. Arena de Grano Muy Fino a Medio con Laminación Horizontal (Sh)	63
4.1.3. Arena de Grano Muy Fino a Media con Laminación Entrecruzada (Sp)	64
4.1.4. Arena Fina a Gruesa Masiva (Sm).....	64
4.1.5. Arena Fina a Muy Gruesa a veces con Cantos. (Ss).	65
4.1.6. Limo, Arcilla Masiva. (Fsm).....	65
4.2. ASOCIACIÓN DE FACIES FLUVIALES.....	67
4.2.1. Elementos Arquitecturales Fluviales.....	67
4.3. MODELO DE FACIES FLUVIALES.....	74
4.4. EVOLUCIÓN SEDIMENTARIA.....	76
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
5.1. CONCLUSIONES.....	80
5.2. RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01.	Esquema de ambientes de depositación sedimentaria..... 5
Figura N° 02.	Zonas geomorfológicas típicas de un sistema fluvial – aluvial de alta y baja gradiente. 6
Figura N° 03.	Principales tipos de ríos en función del número de canales. S: Sinuosidad, BP: Índice de entrelazamiento. (Miall, 1977). 7
Figura N° 04.	Morfología de un sistema fluvial entrelazado..... 8
Figura N° 05.	Morfología de un sistema fluvial meandriforme..... 9
Figura N° 06.	Elementos básicos o arquitecturales de Miall 14
Figura N° 07.	Histogramas circulares que grafican direcciones de dispersión de los sedimentos. 16
Figura N° 08.	Comparación visual para la redondez y esfericidad de los granos. 19
Figura N° 09.	Mapa de las principales vías de acceso al área de investigación. 25
Figura N° 10.	Relieve abrupto en el sector de Chincher, vista al SE. 30
Figura N° 11.	Vista del Río Marañón que ha configurado un cauce meandriforme; evidenciada por su trazado sinuoso como resultado de la erosión fluvial. (Coordenadas UTM 828 902 E, 9 241 484 N). 31
Figura N° 12.	Primer nivel de terrazas formadas por acumulación, con vista de aguas arriba del Río Marañón en el centro poblado de Chacanto. (Coordenadas UTM 831 023 E, 9 240 710 N). 32
Figura N° 13.	Segundo nivel de terrazas formadas por acumulación de sedimentos del Río Marañón, en la margen izquierda aguas abajo cercano al centro poblado Chacanto. (Coordenadas UTM 829 115 E, 9 241 138 N). 32
Figura N° 14.	Vista de planicie moderadamente baja en la ribera del Río Marañón. (Coordenadas UTM 829 015 E, 9 241 598 N). 33
Figura N° 15.	Vista de unidad geomorfológica lomada en la margen izquierda del Río Marañón, aguas abajo del centro poblado Chacanto. 34
Figura N° 16.	Vista de unidad geomorfológica ladera en el área de investigación, localizado en ambas márgenes del Río Marañón en la zona cercana al centro poblado de Chacanto. 34

Figura N° 17.	Vista de la unidad de Escarpas en el área de investigación, ubicada en la margen izquierda del Río Marañón cercana al centro poblado de Chacanto.....	35
Figura N° 18.	Vista Escarpas en el área de investigación, en la margen derecha del Río Marañón, cercana al centro poblado de Chacanto.....	35
Figura N° 19.	Vista del Río Marañón desde el distrito de Balsas.....	36
Figura N° 20.	Columna litoestratigráfica del área de investigación.	37
Figura N° 21.	Afloramiento de la granodiorita – tonalita de Balsas, situado al suroeste del distrito del mismo nombre. (Coordenadas UTM 828 612 E, 9 241 590 N).....	38
Figura N° 22.	Afloramiento del sienogranito, situado al suroeste del distrito de Balsas. (Coordenadas UTM 828 290 E, 9 242 465 N).	39
Figura N° 23.	Vista del Grupo Puillucana, Formación Chúlec y Grupo Goyllarisquizga, situado al suroeste del distrito de Balsas. (Coordenadas UTM 830 834 E, 9 234 504 N).....	40
Figura N° 24.	Ubicación referencial donde se levantó las columnas sedimentológicas.....	42
Figura N° 25.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 01. Depósitos conglomeradito masivo (Gmm) niveles A, B y D, intercalado con nivel de limo arcilla (Fsm) C.....	43
Figura N° 26.	Columna sedimentológica de la estación N° 01.	44
Figura N° 27.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 02. Conformados por facies de arena (Sh) nivel A, limos y arcillas (Fsm) nivel B y facies de conglomerados masivos (Gmm) nivele C.....	45
Figura N° 28.	Columna sedimentológica de la estación N° 02.	46
Figura N° 29.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 03	47
Figura N° 30.	Vista de los niveles descritos en la estación sedimentológica N° 03. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel A, facies de arena (Sp) nivel B.	47
Figura N° 31.	Columna sedimentológica de la estación N° 03.	48
Figura N° 32.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 04. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel A, facies de arena (Sp y Sm) nivel B.....	49
Figura N° 33.	Columna sedimentológica de la estación N° 04.	50

Figura N° 34.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 05.	51
Figura N° 35.	Vista de los niveles descritos en la estación sedimentológica N° 05. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel B, facies de arena (Sp y Sm) nivel A y B.	51
Figura N° 36.	Columna sedimentológica de la estación N° 05.	52
Figura N° 37.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 06. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel B, facies de arena (Sp y Sm) nivel A y B.	53
Figura N° 38.	Columna sedimentológica de la estación N° 06.	54
Figura N° 39.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 07. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel A, facies de arena (Sp y Ss) nivel B y C.	55
Figura N° 40.	Columna sedimentológica de la estación N° 07.	56
Figura N° 41.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 08. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel A, facies de arena (Sp y Sm) nivel B y C.	57
Figura N° 42.	Columna sedimentológica de la estación N° 08.	58
Figura N° 43.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 09. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel B, facies de arena (Sm) nivel A.	59
Figura N° 44.	Columna sedimentológica de la estación N° 09.	59
Figura N° 45.	Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 10. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel B, facies de arena (Sm) nivel A.	60
Figura N° 46.	Columna sedimentológica de la estación N° 10.	61
Figura N° 47.	Facies de gravas masivas (Gmm).	63
Figura N° 48.	Facies de arena fina a media con laminación horizontal (Sh).	63
Figura N° 49.	Facies de grano medio muy fino a grueso con laminación entrecruzada planar (Sp).	64
Figura N° 50.	Facies de arena media a gruesa con estructura masiva (Sm).	65
Figura N° 51.	Facies de arena media a gruesa con cantos (Ss).	65
Figura N° 52.	Facies de limo, arcilla (Fsm).	66
Figura N° 53.	El límite de la superficie principal está indicado por la letra mayúscula (A, B y C), el elemento CH: canal mayor.	68

Figura N° 54.	El límite de la superficie principal está indicado por la letra mayúscula.....	69
Figura N° 55.	Elemento arquitectural SL.	69
Figura N° 56.	Elemento de Sedimentos de flujo de gravedad.	70
Figura N° 57.	Elemento arquitectural planicie de inundación.	70
Figura N° 58.	Sección transversal A – A’.....	72
Figura N° 59.	Sección transversal B – B’	73
Figura N° 60.	En la figura del block diagrama se observa el Modelo Arquitectural para ríos trenzados gravosos y arenosos, con niveles topográficos definidos. SB (Barras arenosas), CH (Canales), FF (Planicies de inundación), SL (Capas de arenas laminadas).	75
Figura N° 61.	En la figura del block diagrama se observa el Modelo Arquitectural para ríos trenzados, con niveles topográficos definidos. SB (Barras arenosas), CH (Canales activos y canales abandonados), FF (Planicies de inundación), SL (Capas de arenas laminadas), SG (Sedimentos de flujos de gravedad).	75
Figura N° 62.	Modelo esquemático de evolución sedimentaria de los depósitos cuaternarios en el área de investigación. Etapa 1: Relleno de facies de ríos entrelazado. Etapa 2: Depositación de las facies de sistema fluvial entrelazado y meandriformes.....	77
Figura N° 63.	Modelo geológico actual, donde se observa la distribución actual de los Depósitos Cuaternarios en el área de investigación.	78

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 01.	Clasificación de facies de gravas mediante códigos de facies.....11
Tabla N° 02.	Clasificación de facies de arenas mediante códigos de facies. ....11
Tabla N° 03.	Clasificación de facies de fango mediante códigos de facies. ....12
Tabla N° 04.	Elementos arquitecturales en depósitos fluviales.....13
Tabla N° 05.	Clasificación de superficies limitantes. ....15
Tabla N° 06.	Patrón para la estimación visual de la clasificación y sus términos descriptivos (clases) .....17
Tabla N° 07.	Escala de Udden-Wentworth para sedimentos terrígenos.....18
Tabla N° 08.	Algunas estructuras sedimentarias químicas diagenéticas.....19
Tabla N° 09.	Algunas estructuras sedimentarias mecánicas depositacionales. ....20
Tabla N° 10.	Algunas estructuras sedimentarias mecánicas postdepositacionales.....20
Tabla N° 11.	Clasificación de depósitos cuaternarios. ....21
Tabla N° 12.	Coordenadas del área de Investigación. ....24
Tabla N° 13.	Acceso al área de investigación. ....26
Tabla N° 14.	Clasificación y descripción de los tipos de investigación. ....27
Tabla N° 15.	Tabla de identificación de variables. ....28
Tabla N° 16.	Descripción de unidades geomorfológicas.....33
Tabla N° 17.	Descripción macroscópica de las rocas de la unidad Granodiorita- Tonalita Balsas.....38
Tabla N° 18.	Descripción macroscópica de las rocas de la unidad Sienogranito Chacanto.....39
Tabla N° 19.	Asociación de facies del área de investigación. ....67

LISTA DE ABREVIATURAS

Bz.	: Buzamiento.
Cm	: Centímetros.
E	: Este.
et al.	: Y otros.
Fm.	: Formación.
GEOCATMIN	: Sistema de Información Geológico y Catastral Minero.
Km.	: Kilómetros
Ka.	: Mil años.
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
Ma.	: Millones de años.
M.	: Metro.
Mm.	: Milímetros
Min.	: Minuto(s).
N	: Norte.
NE	: Noreste.
NW	: Noroeste
Pág.	: Página.
S	: Sur
SE	: Sureste
SW	: Suroeste
UTM	: Universal Transversal Mercator
W	: Oeste
WGS-84	: World Geodetic System - 84

RESUMEN

El presente estudio comprende el análisis de facies sedimentarias de los depósitos Cuaternarios en las márgenes del Río Marañón en los distritos de Utco y Balsas región Cajamarca y Amazonas respectivamente, teniendo como objetivo definir el ambiente sedimentario y proponer un modelo de evolución de sedimentos aflorantes. El análisis de facies sedimentarias se realizó empleando la metodología propuesta por Miall (2006), se elaboraron diez columnas sedimentológicas en ambos niveles de terrazas, que fueron interpretadas luego en gabinete en base a las características texturales de los sedimentos. En tales columnas se definieron seis facies sedimentarias en su mayoría silicoclásticas, que fueron agrupadas en cinco asociaciones de facies indicando patrones de sedimentación característicos que corresponden a cinco elementos arquitecturales: Canales (CH), Barras arenosas (SB), Planicies de inundación (FF), Capas de arenas laminadas (SL), Sedimentos de flujo de gravedad (SG). Los resultados definen un modelo de evolución relacionado a dos etapas, que corresponden a un sistema fluvial que estaría en constante migración; pasando de facies fluviales entrelazadas de mayor energía, observadas en el segundo nivel de terrazas a facies fluviales meandriformes observadas en el primer nivel de terrazas. El ambiente fluvial estaría dominado por el sistema tipo entrelazado.

Palabras clave: Evolución sedimentaria, depósitos cuaternarios, facies siliciclásticas.

ABSTRACT

The present study comprises the analysis of sedimentary facies of the Quaternary deposits on the banks of the Marañón River in the districts of Utco and Balsas in the Cajamarca and Amazonas regions respectively, with the aim of defining the sedimentary environment and proposing a model for the evolution of outcropping sediments. The sedimentary facies analysis was carried out using the methodology proposed by Miall (2006). Ten sedimentological columns were elaborated in both terrace levels, which were then interpreted in the laboratory based on the textural characteristics of the sediments. In these columns, six sedimentary facies, mostly siliciclastic, were defined and grouped into five facies associations indicating characteristic sedimentation patterns corresponding to five architectural elements: Channels (CH), Sand Bars (SB), Floodplains (FF), Laminated Sand Layers (SL), Gravity Flow Sediments (SG). The results define an evolutionary model related to two stages, corresponding to a fluvial system that would be in constant migration; passing from higher energy interlocking fluvial facies, observed in the second level of terraces, to meandering fluvial facies observed in the first level of terraces. The fluvial environment would be dominated by the interlocking type system.

Key words: *Sedimentary evolution, quaternary deposits, siliciclastic facies.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Es importante comprender la evolución de los Andes debido a la gran vinculación que existe entre éstos y la generación de sedimentos, de preferencia en relación con los sedimentos de edad reciente (Cuaternarios). Existen pocos trabajos que abordan el estudio de los depósitos inconsolidados recientes desde el punto de vista sedimentológico y estratigráfico, lo cual conlleva a la necesidad de contribuir con estudios novedosos que abran una senda para ampliar los conocimientos y áreas de investigación. Es por ello, para comprender la disposición actual de los depósitos cuaternarios de las márgenes del Río Marañón en los distritos de Utco y Balsas, regiones Cajamarca y Amazonas respectivamente, fue necesario realizar una descripción detallada, análisis e interpretación de facies sedimentarias, tomando en cuenta las texturas, estructuras sedimentarias, geometría, litología de clastos y distribución de paleocorrientes; además de las características del relieve y patrones de drenaje. A través de la aplicación e integración de conocimientos tales como en sedimentología a detalle, estratigrafía, petrografía y geomorfología se estudiaron los afloramientos de dichos depósitos elaborando columnas sedimentológicas, los cuales permitirán analizar, interpretar y determinar cuál fue la evolución de los sedimentos recientes del Cuaternario.

Por ello, se formuló la siguiente pregunta: ¿Cómo fue la evolución sedimentaria de los depósitos cuaternarios en las márgenes del Río Marañón, en los distritos de Utco y Balsas (Cajamarca – Amazonas) ?, ¿De dónde derivan los clastos y sedimentos que conforman las márgenes del río Marañón en los distritos de Utco y Balsas?, ¿Qué implicancias tiene en la reconstrucción de la historia depositacional versus la historia geodinámica de la región? ¿Cómo influyó la geodinámica externa en el relieve actual?

Para lo cual se tiene la siguiente hipótesis: La actual distribución de los depósitos cuaternarios en las márgenes del Río Marañón en Utco y Balsas, está determinada por el tipo de roca de las zonas de aporte, grado de sedimentación y dinámica del medio coluvio-fluvial, registrado mediante las texturas, estructuras y facies sedimentarias.

La presente investigación se justifica en la importancia de realizar un estudio detallado para obtener un registro, en el cual se pueda interpretar y ubicar las características de las facies sedimentarias de los depósitos cuaternarios; además lograr un mayor entendimiento de la geodinámica externa del Río Marañón y cuál ha sido su influencia en la acumulación de dichos depósitos en los distritos de Utco y Balsas región Cajamarca y Amazonas respectivamente. Por lo tanto, se generará una base de datos para futuras investigaciones relacionadas al análisis de cuencas sedimentarias en forma local, regional y global; dando un valor agregado.

Con el propósito de aportar información clave para el desarrollo geocientífico de la región, este proyecto de investigación va a abarcar temas sobre facies sedimentaria, de los depósitos cuaternarios de las márgenes del Río Marañón en los alrededores de los distritos de Utco, región Cajamarca y Balsas región Amazonas. Se tiene como limitante la no existencia de estudios detallados sobre bases de sedimentología y estratigrafía en el área de estudio que sirve de complemento en esta investigación.

La investigación tiene como objetivos específicos elaborar columnas sedimentológicas, determinar un modelo de facies sedimentarias y reconstruir el ambiente depositacional; así como proponer un modelo de evolución sedimentaria de los depósitos Cuaternarios.

Como descripción de los capítulos se tiene:

Capítulo II. Marco Teórico, se encuentran los antecedentes teóricos, bases teóricas y la definición de términos básicos en la investigación.

Capítulo III. Materiales y Métodos, se ubicaron las zonas de investigación y se describió el procedimiento de la investigación.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados, se realizó el análisis de resultados y la contrastación de la hipótesis.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones están en función de los objetivos inicialmente propuestos, y finalmente las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Giroux (2019), en su Tesis de Pregrado, Estratigrafía de los depósitos Neógenos Cuaternarios y su relación con la Evolución de la Cordillera de la Costa, en la zona comprendida entre Valdivia y La Unión, entre los 39°51's y los 40°21's, región de Los Ríos, Chile. (“Repositorio Bibliotecas de: Estratigrafía de los depósitos neógenos”). Realiza dataciones de U – Pb, adicional un trabajo de análisis de facies para las formaciones Santo Domingo, Depósitos de Cenizas, Las Trancas, Depósitos de Cancagua y Rodados Multicolores; llegando a la conclusión que la Cordillera de la Costa se alzó con posterioridad a los 2 Ma.

Cuevas (2017), en su Tesis de Pregrado, Análisis de los depósitos sedimentarios Paleógeno - Neógeno del Cuaternarios en el área de Quintero-Placilla (~33°s) y sus implicancias paleogeográficas; construye un modelo de evolución paleogeográfica desde el Pleistoceno hasta el presente, y realiza un análisis de facies de la Formación Holcón, Formación Confluencia, estudiando sedimentos eólicos antiguos o depósitos paleogeográficos y aluviales recientes. También se han realizado dataciones U - Pb sobre circones detríticos y observaciones geomorfológicas, que pueden constituir la evolución de los ambientes sedimentarios identificados y cómo estos recorren las vertientes occidentales de la Cordillera de la Costa Occidental.

Puy (2006), en su Tesis de Doctoral, Caracterización de Facies, Ambientes Sedimentarios y Procesos de Depósito de La Sucesión Volcanosedimentaria El Coyote, Baja California Sur, México. En esta investigación se realizó la caracterización de Facies para determinar el ambiente sedimentario de los depósitos de la sucesión volcanosedimentaria El Coyote. En este estudio se concluye que las unidades de la Formación El Coyote está determinada por una arquitectura de canales de un ambiente sedimentario fluvial. Proponiendo un modelo paleogeográfico y evolución temporal para dicha sucesión.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Vivven, et al. (2021), en su artículo científico, *An assessment of competing factors for fluvial incision: An example of the late Quaternary exorheic Moyobamba basin, Peruvian Subandes*. Investigan tres factores en competencia para la incisión fluvial del Cuaternario tardío en la cuenca superpuesta de Moyobamba, teniendo como base datos sedimentológicos y estratigráficos, perfiles de terraza reconstruidos y un nuevo conjunto de datos de ocho luminiscencia ópticamente estimulada (OSL) y cuatro edades de ^{14}C ; se trabajó en una nueva sección estructural, llegando a definirse que la cuenca se abrió durante el Cuaternario tardío, convirtiéndola, en el primer ejemplo de este tipo en Andes de América del Sur.

Ayala et al. (2012), en su artículo científico, *Evolución Sedimentaria de los Depósitos de Debris Flow y Sheetflood en la Ciudad de Huancayo (Departamento de Junín, Perú)*. Describen e interpretan la génesis, mecanismo de transporte y la evolución de los depósitos sedimentarios inconsolidados del sector periférico oriental de la ciudad de Huancayo.

2.1.3. Antecedentes Locales

Tafur (2022), en su Tesis de Pregrado, *Petrografía de la Formación Chota en el tramo de la carretera PE-3N 1+413 km a 1+410 km del distrito de Chota* realiza el estudio macro y microscópicos de las muestras de rocas y sedimentos de la Formación Chota, indicando que las muestras de sedimentos según su granulometría están clasificadas como SM – Arena Limosa y GC – Grava arcillosa. En su descripción de Facies sedimentarias determinó las siguientes facies: arenas masivas, arenas estratificadas, intercalación de limos – arcillas, conglomerados con cantos redondeados, identificando de acuerdo con el análisis de facies el ambiente sedimentario.

Wilson (1984), en el Boletín N°38: realizó para el INGEMMET el estudio geológico del cuadrángulo de Celendín (14-g), donde describe las unidades litoestratigráficas desde la edad Precambriana hasta el Cuaternario; así como la geodinámica actual y la geología económica de la región.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Sedimentología

Es el estudio de los procesos de formación, transporte y depósito del material que se acumulan como sedimento en los ambientes marinos y continentales, formando eventualmente rocas sedimentarias, según (Nichols, 2009).

2.2.2. Ambientes Sedimentarios

Un ambiente o medio sedimentario es una parte geográficamente limitada de la superficie terrestre donde se acumulan sedimentos producto de la combinación particular de procesos geológicos y condiciones ambientales, diferenciándose de las zonas adyacentes por las condiciones física, química y biológicas; para Selley (1970) este conjunto de condiciones define al ambiente y determina las propiedades de los sedimentos que en él se depositaron.

Para Reineck (1973), un ambiente sedimentario es el conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas que determinan las características particulares de un sedimento o roca sedimentaria y es diferenciable de los ambientes adyacentes; estas interacciones se reflejan en estructuras sedimentarias y elementos arquitecturales (Miall, 1996)., para la reconstrucción de estos ambientes y su relación geográfica de un área en el momento en que las capas sedimentarias se depositaron se utiliza el análisis de facies. Considerándose esta definición como la más adecuada.

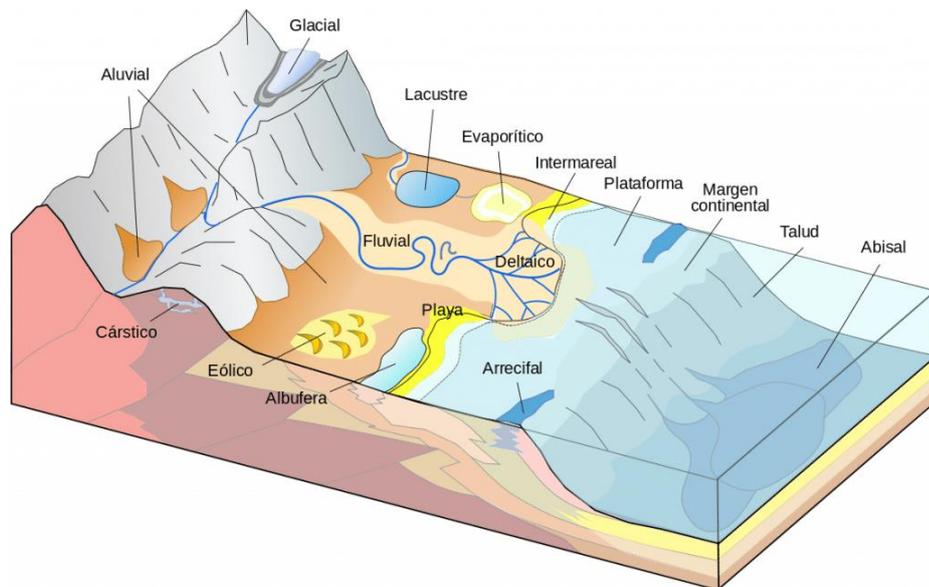


Figura N° 01: Esquema de ambientes de depositación sedimentaria.

Fuente: Tomado de Reading, (1996).

Los ambientes sedimentarios según su ubicación geográfica se clasifican en tres tipos: ambientes continentales, marino y de transición. Cada ambiente da lugar a un tipo de roca o una agrupación sedimentaria característica, que refleja las condiciones de su ambiente de formación.

2.2.2.1. Ambientes Fluviales

Los ríos son uno de los más importantes ambientes sedimentarios, debido a que son los principales generadores de sedimentos en la Tierra. Sus formas acanaladas y su poder de erosión le confieren la capacidad de transportar sedimentos desde un punto de mayor a menor gradiente. Nichols (2009) explica que la geomorfología de los sistemas fluviales está compuesta por la zona de erosión de donde se origina el sedimento, una zona de transferencia en donde la pendiente es baja pero no es un área de no depositación y la zona de deposición que se caracteriza por acumular sedimentos en canales y llanuras de inundación. Según Nichols (2009) el flujo de agua en los ríos esta normalmente controlado por canales, cuando el agua supera el nivel de confinamiento de los canales se forman depósitos de desborde (overbank) (Miall, 2006).

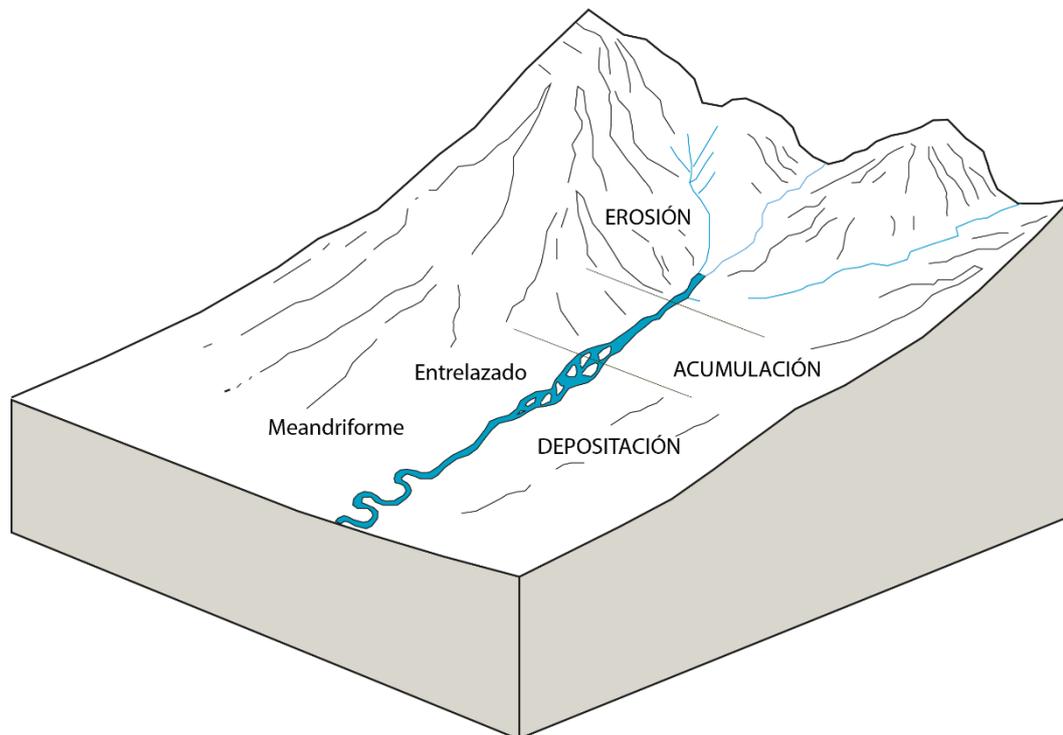


Figura N° 02: Zonas geomorfológicas típicas de un sistema fluvial – aluvial de alta y baja gradiente.

Rust (1978) y Miall (1977) clasificaron los canales fluviales en cuatro tipos: rectos, entrelazados, meandriformes y anastomosados (Arche, 2010). Definiendo en base a dos criterios utilizados en esta clasificación que son: la sinuosidad y el índice de entrelazamiento (braiding).

- Rectilíneos, en los que no hay barras. Presentan de baja sinuosidad ($<1,5$).
- Meandriformes, con canales de alta sinuosidad.
- Anastomosados, caracterizados por presentar varios canales que se dividen y juntan a lo largo del río de alta sinuosidad.
- Entrelazados o entrenzados con canales de baja sinuosidad y barras en torno a las cuales el flujo se reúne y se bifurca alternativamente.

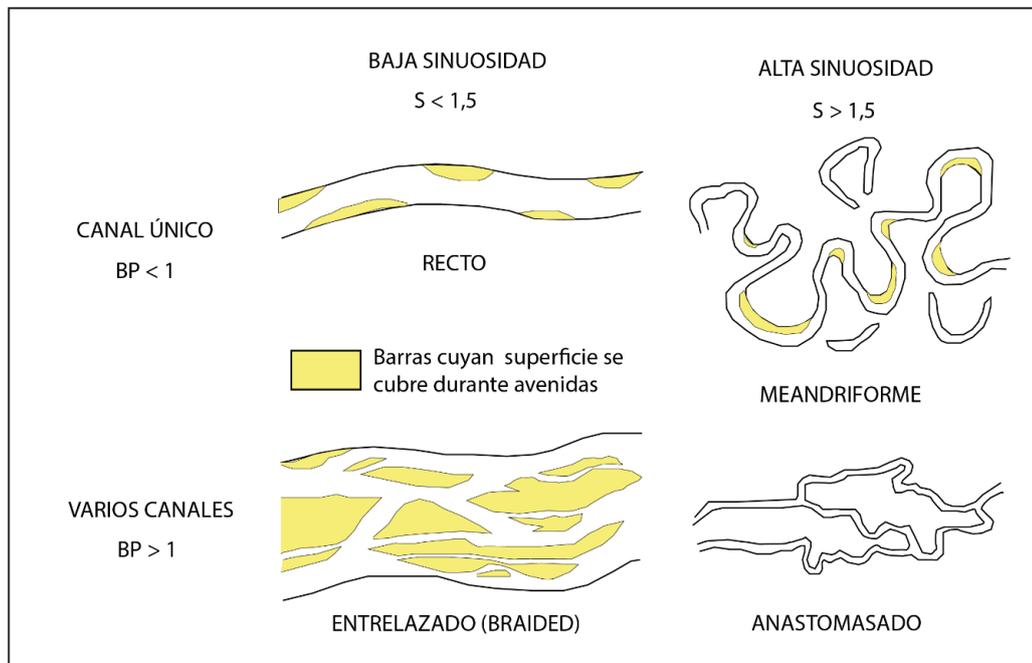


Figura N° 03: Principales tipos de ríos en función del número de canales. S: Sinuosidad, BP: Índice de entrelazamiento. (Miall, 1977).

Fuente: Tomado de Arche, (2010).

A. *Sistemas Fluviales Entrelazados*

Los sistemas entrelazados o también denominados trenzados (braided), son amplios y de poca profundidad, considerados como sistemas fluviales de baja sinuosidad (Arche, 2010), los ríos entrelazados pueden transportar carga de fondo de gravas, de arenas o mixta y muestran una amplia variedad de escalas, desde llanuras de apenas decenas de metros de ancho, hasta decenas de kilómetros; los sedimentos se transportan mediante rotación y saltación, y se depositada a modo de barras de arena o grava. (Nichols, 2009).

Las barras son unidades detríticas de geometría y composición variable, tienen la capacidad de migrar en mayor caudal, cuando se localizan dentro del canal son llamados braid bar, cuando se ubican en el margen se denominan point bar. Los canales tienen la capacidad de ser móviles, tiene la geometría de un segmento curvo, las longitudes pueden ser altamente variables (Arche, 2010). Cuando el agua del río se colmata ocasiona los depósitos de desborde (overbank).

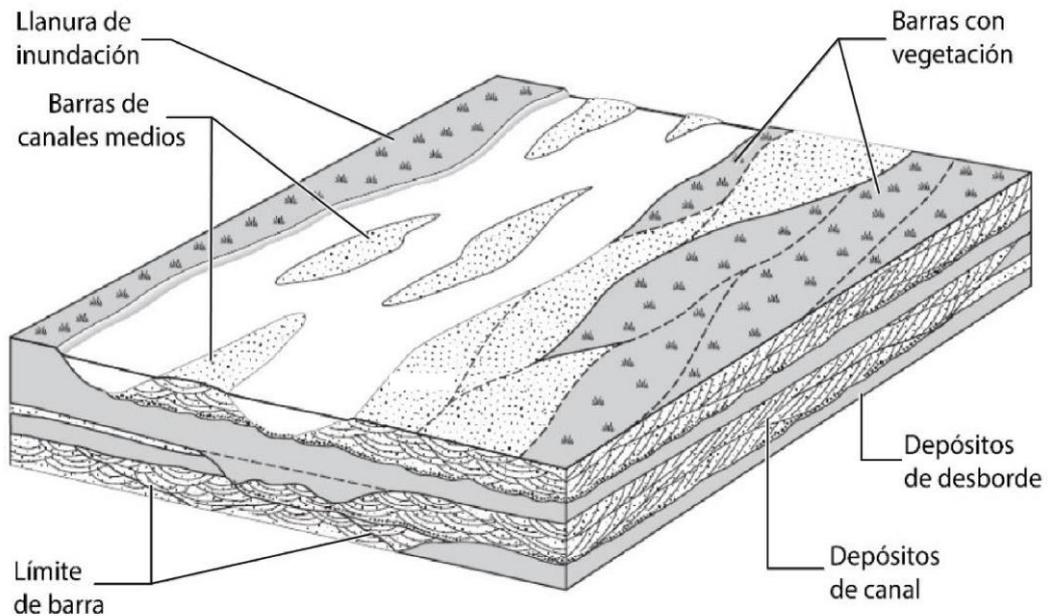


Figura N° 04: Morfología de un sistema fluvial entrelazado.

Fuente: Tomado de Nichols, (2009).

B. *Sistemas Fluviales Meandriiformes*

Los sistemas meandriiformes se desarrollan favorablemente en pendientes bajas, presentan un canal único y de forma sinuosa (Arche, 2010). La carga en suspensión y la carga en tracción es elevada y con materiales cohesivos en sus márgenes (Leopold y Wolman, 1957; Schumm y Kahn, 1972).

Los ríos meandriiformes pueden transportar una amplia gama de sedimentos desde gravas a lodos y son transicionales entre trenzados y anastomosados. El cauce de cualquier río siempre es pendiente abajo, cualquier variación pendiente de los ríos meandriiformes significara una migración lateral del canal principal (Arche, 2010).

La migración lateral del canal esta dado por dos procesos unos de erosión y otro de depositación, la acreción lateral produce sedimentación dentro del canal (Point bar) y opuesto a este se genera erosión en el talud del banco, los meandros se caracterizan por presentar una gradación de sedimentos de grueso a fino (Nichols, 2009). Además, Nichols (2009) mencionan que la *avulsión* en un río indica el cambio de la posición del canal fluvial migración lateral controlada por la erosión y acreción. La depositación en la llanura de inundación está controlada por levees, estos se originan por el desborde del cauce fluvial depositando sedimentos gruesos cerca de la superficie de erosión fluvial, y los depósitos de derrame, que se originan producto de la ruptura del canal principal depositando sedimentos de provenientes del canal (Arche, 2010; Nichols, 2009).

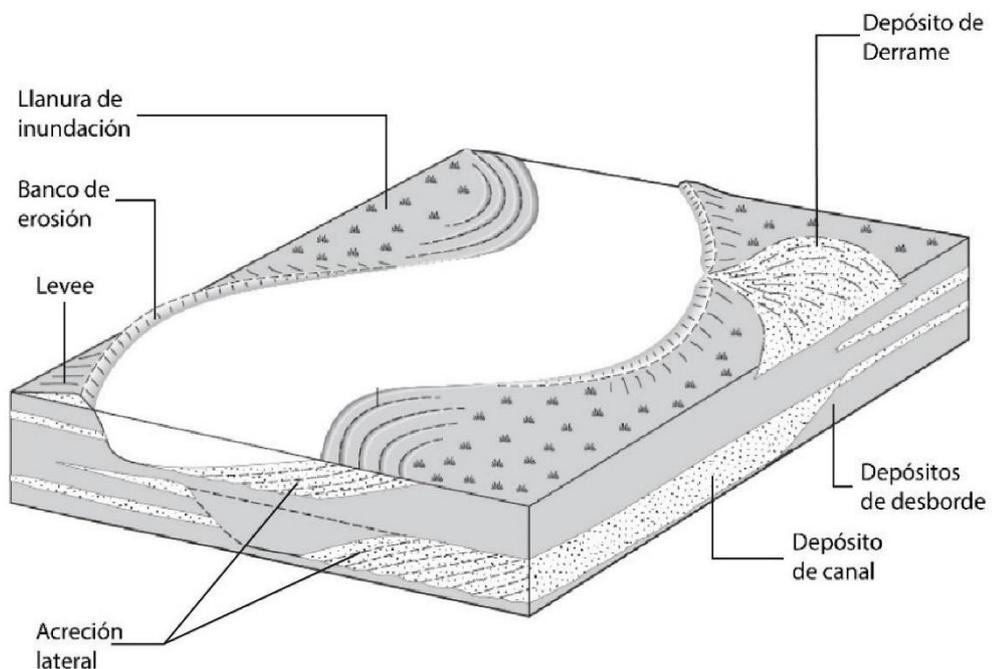


Figura N° 05: Morfología de un sistema fluvial meandriforme.

Fuente: Tomado de Nichols, (2009).

2.2.3. Método de Análisis de Facies

2.2.3.1. Facies Sedimentarias

Gressly (1838) define una facies como la suma de las características litológicas y paleontológicas de una unidad estratigráfica. Selley (1970) consideró que una facies es un grupo de rocas sedimentarias que se pueden definirse y distinguirse de otras litofacies por su geometría, litología, estructura sedimentaria, dirección de paleocorrientes y distribución de fósiles.

El término facies ha sido definido de manera diferente por diferentes autores, pero en términos generales, se refiere a la totalidad de los rasgos de una unidad sedimentaria (Middleton, 1973). Para Miall, el término facies actualmente tiene un significado tanto descriptivo como interpretativo.

Para este trabajo se utilizará el término de facies sedimentarias de forma más elemental, pues para su descripción e interpretación se van a buscar características de litología, geometría, textura, estructura sedimentaria, distribución de paleocorrientes, que van a ser diferentes en función de los procesos de sedimentación que las han originado.

2.2.3.2. Clasificación de Litofacies

Las litofacies se definen por las características físicas, tales como el tamaño de grano, la composición química, estructuras sedimentarias y tipo de estratificación que presentan. Basado en Arche (2010). (Tucker, 2003).

Para la interpretación y relación entre facies principalmente aquellas originadas en ambientes fluviales Miall (1996) generó una serie de códigos convencionales, el cual consiste en dos partes: Una letra mayúscula el cual se refiere al tamaño del grano (G, gravas; S, arenas; F, finos), seguido de una letra minúscula que indica la textura o estructura distintiva de cada Facies. (Puy, 2006). El resultado de procesos físicos y químicos, los cuales estuvieron activos en el tiempo de la depositación de los sedimentos definen las características de las litofacies.

Un ambiente sedimentario se reconstruye teniendo el conocimiento de las condiciones físicas, químicas y ecológicas. Siendo el análisis de facies la interpretación del estrato en términos de depósito; el principal objetivo de la sedimentología y la estratigrafía es la reconstrucción del pasado.

Tabla N° 01: Clasificación de facies de gravas mediante códigos de facies propuesta por Miall.

Código de Facies	Facies	Estructuras Sedimentarias	Interpretación
Gmm	Grava masiva, soportada por matriz	Gradación débil	Flujo plástico de detritos (alta potencia, viscosos)
Gmg	Grava soportada por matriz	Gradación normal a inversa	Flujo pseudoplástico de detritos (baja potencia, viscosos)
Gci	Grava soportada por clastos	Gradación inversa	Flujo de detritos rico en clastos (alta potencia), o flujo pseudoplástico de detritos (baja potencia)
Gcm	Grava soportada por clastos, masiva	-	Flujo pseudoplástico de detritos (acarreo inercial, flujo turbulento)
Gh	Grava soportada por clastos, pobremente estratificada	Estratificación horizontal, imbricación	Formas de fondo (barras) longitudinales, depósitos aislados, depósitos cribosos
Gt	Grava estratificada	Estratificación cruzada festoneada	Rellenos menores de canal
Gp	Grava estratificada	Estratificación cruzada planar	Barras transversales, crecimientos deltaicos.

Fuente: Tomado de Miall, (1996).

Tabla N° 02: Clasificación de facies de arenas mediante códigos de facies propuesta por Miall.

Código de Facies	Facies	Estructuras Sedimentarias	Interpretación
St	Arena fina a muy gruesa, a veces con cantos	Estratificación cruzada festoneada, individual o agrupada	Dunas lingüiformes con crestas sinuosas (3-D)
Sp	Arena fina a muy gruesa, a veces con cantos	Estratificación cruzada planar, solitaria o agrupada	Barras lingüiformes transversales (dunas 2-D)
Sr	Arena muy fina a gruesa	Laminación cruzada de rizadura	Rizaduras (régimen de flujo bajo)
Sh	Arena muy fina a gruesa, a veces con cantos	Laminación horizontal, alineación dividida o creciente	Flujo de lecho plano (flujo crítico)
Sl	Arena muy fina a gruesa, a veces con cantos	Estratificación cruzada de bajo ángulo (< 15°)	Relleno de cavidades erosivas, dunas lavadas, antidunas
Ss	Arena fina a muy gruesa, a veces con cantos	Bases erosivas someras y anchas	Relleno de cavidad erosiva
Sm	Arena, fina a gruesa	Masiva o pobremente laminada	Depósitos de sedimentos de flujos gravitacionales

Fuente: Tomado de Miall, (1996).

Tabla N° 03: Clasificación de facies de fango mediante códigos de facies propuesta por Miall.

Código de Facies	Facies	Estructuras Sedimentarias	Interpretación
Fl	Arena, limo, arcilla	Laminación fina, rizaduras muy pequeñas	Depósitos de inundación, de desbordamiento o de canal abandonado
Fsm	Limo, arcilla	Masiva	Depósitos de pantano o de canal abandonado
Fm	Arcilla, limo	Masiva, grietas de desecación	Depósito de inundación, de canal abandonado o revestidos
Fr	Arcilla, limo	Masiva, raíces, bioturbaciones	Capas con raíces, suelo incipiente

Fuente: Tomado de Miall, (1996).

2.2.3.3. Asociación de Facies

La asociación de facies nos permite de definir mecanismos de formación de los depósitos sedimentarios, así como proponer modelos sobre sistemas y ambientes de depósito en una cuenca sedimentaria. La asociación de facies está conformada por dos o más facies ligadas genéticamente (sucesión vertical) y que reflejan la actividad de un proceso en un determinado medio durante un tiempo definido por Arche (2010), la asociación está basada en la observación. La asociación de facies y los elementos arquitecturales están estrecha y genéticamente relacionada, basándose en la observación y descripción puede indicar el ambiente depositacional, además la geometría, escala y composición de facies.

La asociación de facies se basa en varios criterios (Miall, 1991). En este trabajo de investigación se utilizará el método de análisis de elementos arquitecturales (límite de superficie, órdenes de magnitud). El cual se basa en la descripción de los afloramientos en dos o tres dimensiones utilizando los conceptos de escala y elemento arquitecturales.

A. *Elementos Arquitecturales*

Los elementos arquitecturales se definen por el tamaño de grano, la composición de las capas, las secuencias internas y la geometría externa que se han formado. La arquitectura fluvial de una cuenca se construye siempre con una serie de elementos básicos que se combinan entre sí dando distintos tipos de modelos; estos elementos, están definidos por el tamaño de grano, por su composición y secuencia interna y, sobre todo, por la geometría externa que presentan, todos los depósitos fluviales están conformados por porciones de los diez elementos principales. La litología consiste en ensambles de litofacies y secuencias verticales (Miall, 1985).

Tabla N° 04: Elementos arquitecturales en depósitos fluviales.

Denominación	Símbolo	Ensamble de Facies	Geometría y Relaciones
Canal	CH	Cualquier combinación	Dedos, lentes y láminas; fase erosiva cóncava, tamaño y forma altamente variable, superficie de erosión de tercer orden cóncava son comunes.
Barras de gravas	GB	Gm, Gp, Gt	Lentes, capas, usualmente cuerpos tabulares, comúnmente interestratigráficos con elementos SB.
Barras de arena	SB	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss	Lentes, láminas, bancos, cuñas, ocurre como relleno de canal, depósitos de desborde y barras menores.
Macro formas de acreción río abajo	DA	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss	Lentes, llanuras de inundación o base canalizada, erosión convexa hacia arriba de tercer orden, límites de superficie de 4to orden.
Depósito de acreción lateral	LA	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss, menos común Gm, Gt, Gp	Cuñas, láminas, lóbulos, caracterizado por superficie de acreción lateral interna de tercer orden.
Hoyos de erosión	HO	Gh, Gt, St, Sl	Forma de cucharón hondo con relleno asimétrico.
Depósito de desborde	CS	St, Sr, Fl	Se propaga como depósitos de desborde de canal dentro de la llanura de inundación.
Flujo gravitacional de sedimento	SG	Gmm, Gmg, Gci, Gcm	Lóbulos o lentes que están normalmente.
Areniscas laminadas de hojas	LS	Sh, Sl, menor Sp, Sr	Laminas y bancos.
Finos de desbordamiento de canal	FF	Fm, Fl	Capas delgadas o gruesas, comúnmente interestratificadas con SB, pueden rellenar canales abandonados.

Fuente: Tomado de Miall, (2006).

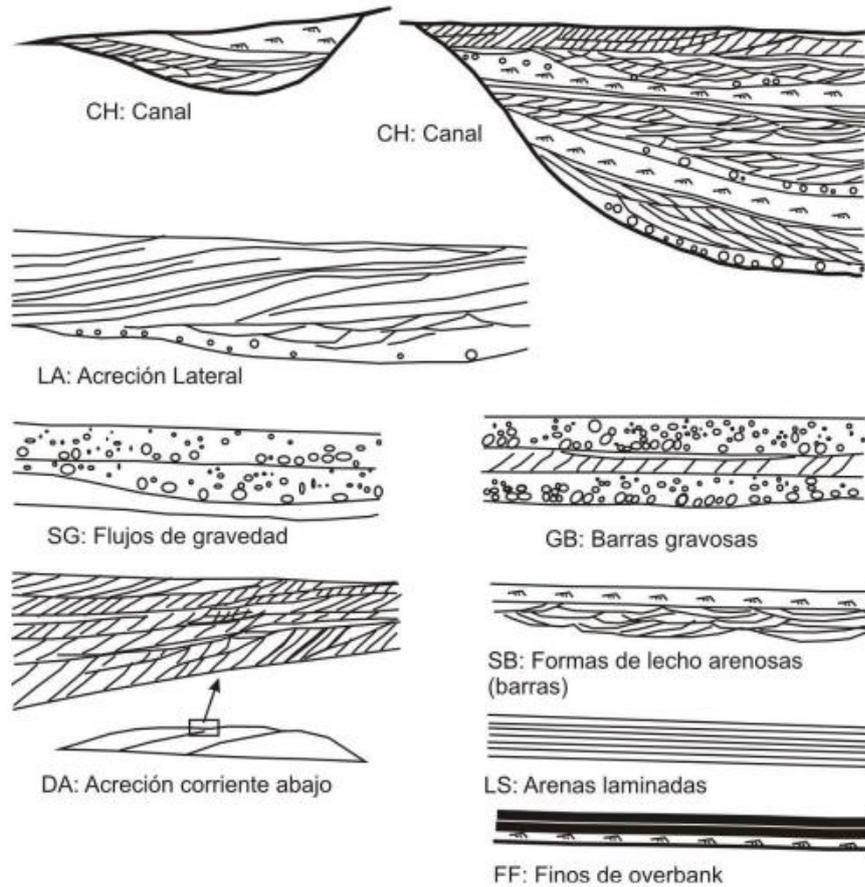


Figura N° 06: Elementos básicos o arquitecturales de Miall.

Fuente: Tomado de Miall, (1985).

B. Escala Arquitectural

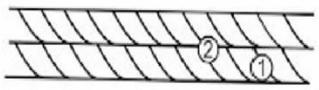
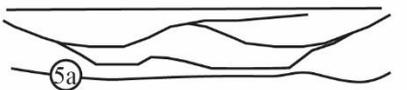
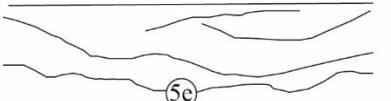
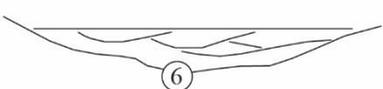
La escala arquitectural caracteriza a las litofacies como respuesta a los procesos que ocurrieron en una escala de tiempo determinada, los cuales están separados por una jerarquía interna de superficie.

- Superficies Limitantes de Miall

Se considera superficies limitantes a las discontinuidades que correctamente jerarquizadas nos permiten reconstruir la dinámica depositacional. Separan estructuras sedimentarias de unidades de facies permitiendo que el depósito se subdivide dentro de la jerarquía de unidades arquitecturales.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de superficies limitantes según Miall.

Tabla N° 05: Clasificación de superficies limitantes.

SUPERFICIES LIMITANTES		
Orden de Superficie	Arquitectura	Interpretación
1° y 2° orden		Migración de micro y mesoforma.
3° orden		Estilo de migración de barras. Acreción lateral o corriente abajo.
4° orden		4a Tope de macroforma (barra).
		4b Base planas a erosivas de canales menores (canal dentro de un canal complejo).
		4c Superficies planas o convexas que limitan litosomas en la planicie (lobulos de desbordamiento).
5° orden		5a base plana a levemente erosiva de complejos de canales.
		5e base fuertemente erosiva de complejos de canales.
6° orden		Superficie plana a valle incidido de extensión regional.
7° orden		Superficie de incisión mayor o base de paleovalle. Discordancia regional (límite de secuencia).

Fuente: Tomado de Miall, (1996).

2.2.4. Perfiles Sedimentológicos

Los perfiles o secciones sedimentológicas tienen como objetivo representar una sucesión de rocas sedimentarias. Cuando se grafica una sección estratigráfica se representan los datos de una manera fácil de entender, plasmando las características litológicas observables en el afloramiento a partir de la utilización de símbolos y abreviaturas referidas a una tabla de claves o referencias. Existen varios esquemas para representar las secciones sedimentológicas, todos los esquemas se basan en los mismos principios. (Tucker, 2003).

2.2.5. Medición de Paleocorrientes

Determinar la dirección de dispersión de los sedimentos en un sistema nos brinda información relevante para un análisis sedimentológico. La dirección nos indicará la dirección aguas arriba con respecto a la corriente que depositó el sedimento. (Tucker, 2003; Nichols, 2009).

El modo escalar se define por ejemplo basándose en una tendencia de tamaño de grano, la dirección de decrecimiento del tamaño de grano puede ser indicativa de la dirección del vector de transporte. Cuando se realiza mediante el método vectorial obtenemos la orientación y dirección de dispersión de los sedimentos en base a un análisis de estructuras sedimentarias que reflejan el vector de transporte referidos al norte magnético. (Nichols, 2009). En muchos casos (como el caso de sucesiones expuestas en acantilados) no existe un corte 3D que permita determinar ambos vectores; en esos casos se puede tomar vectores de paleocorriente aparente.

Las paleocorrientes pueden ser representadas gráficamente tanto bidimensionales como tridimensionales (Tucker, 2003; Nichols, 2009).

2.2.5.1. Bidimensionales

O histogramas circulares están construidas sobre una rosa cardinal, la cual se divide en intervalos de clase (generalmente de 30°). Se dividen en: Unimodal, Bimodal y Polimodal (Tucker, 2003).

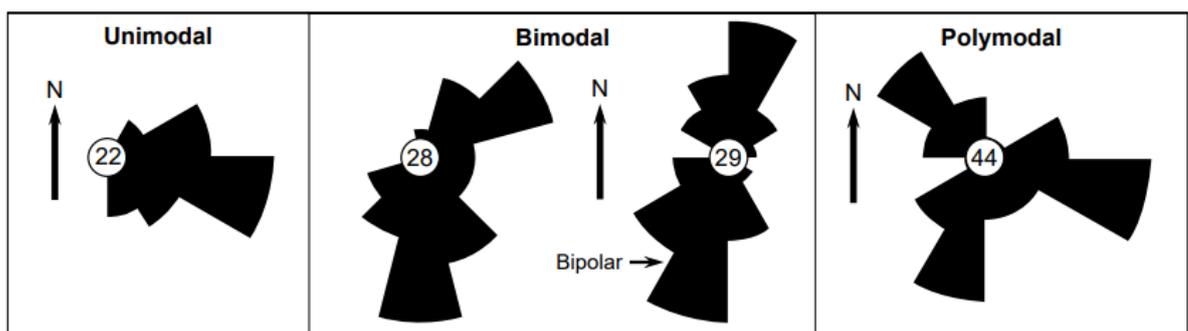


Figura N° 07: Histogramas circulares que grafican direcciones de dispersión de los sedimentos.

Fuente: Modificado de Pettijohn, Potter and Siever, (1973).

2.2.5.2. Tridimensionales

Estas representaciones consisten en realizar una proyección estereográfica de elementos lineales o planares (red de Schmidt).

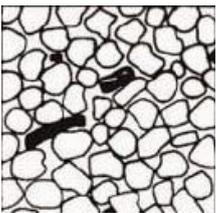
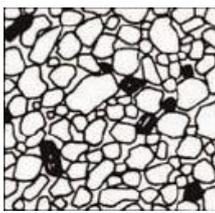
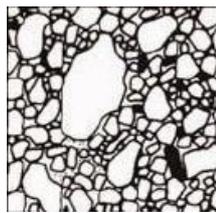
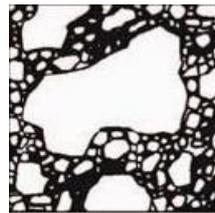
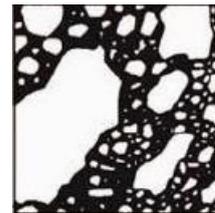
2.2.6. Parámetros Texturales de los Sedimentos.

Las características físicas o texturales de los sedimentos, las condiciones de depositación y formación, son la base del estudio de un ambiente sedimentario; teniendo en cuenta los procesos físicos que afectan a las partículas y dejan características sobre sus granos. A continuación, se describen cada uno de los parámetros:

2.2.6.1. Selección de los clastos

La selección es un índice que representa la variabilidad del tamaño de grano en una roca sedimentaria detrítica. Se considera que una roca tiene buena selección cuando el tamaño de los granos es bastante uniforme, caso contrario que tiene mala selección si el tamaño de los granos es variado.

Tabla N° 06: Patrón para la estimación visual de la clasificación y sus términos descriptivos (clases).

SELECCIÓN				
				
Muy seleccionado	Bien seleccionado	Moderadamente seleccionado	Pobremente seleccionado	Muy pobremente seleccionado

Fuente: Tomado de Compton, (1962).

2.2.6.2. Tamaño de grano

La medición cuantitativa de parámetros granulométricos como el tamaño y la clasificación son necesarios para un trabajo preciso, marcan diferencias en el comportamiento físico de los clastos. Para medir el tamaño del grano se define una escala la cual refleja la importancia de las diferencias entre grados de tamaño.

Los materiales rodados y las gravas caracterizan a los sedimentos fluviales o litorales que presentan velocidades y turbulencia alta. La arena es transportada por arrastre y depositada por corrientes de los sistemas fluviales. Los materiales de limos y arcillas generalmente se transportan mediante procesos en suspensión, en forma independiente de la arena, y se sedimentan en aguas completamente estancadas (los limos) y mediante procesos de floculación (las arcillas).

Tabla N° 07: Escala de Udden-Wentworth para sedimentos terrígenos.

m	mm	Ø	Individuo		
1048,6	-20	Macrolito	
524,3	-19	Megabloque	
262,1	.....	.....	-18
131,1	.....	.....	-17
65,5	.....	.....	-16
32,8	.....	.....	-15
16,4	.....	.....	-14
8,2	.....	.....	-13
4,1	.....	4096	-12	
	2048	-11		Bloque
	1024	-10	Muy grueso	
	512	-9	Grueso	
	256	-8	Mediano	
	128	-7	Fino	
	64	-6	Guijón	
	32	-5	Guijarro	
	16	.....	-4	
	8	-3	Guija	
	4	.....	-2	
	2	-1	Gránulo	
	1	0	Grano	
	0.5	1		Muy grueso
	0.25	2		Grueso
	0.125	3		Mediano
	0.0625	4		Fino
	0.0313	5	Muy fino	
	0.0156	6	Partícula	
	0.008	.....	7	
	0.004	.....	8	
	0.002	.....	9	
	0.001	.....	10	
	0.0005	.....	11	
	0.0002	.....	12	
	0.0001	.....	13	

Fuente: Tomado de Wentworth, (1922).

2.2.6.3. Forma.

La forma de los granos o sedimentos es otra propiedad fundamental; puesto que proporciona información sobre la historia de un sedimento, la forma puede expresarse en esfericidad y redondez (Pettijohn, 1975):

- **Esfericidad** es la medida del grado de similitud entre un grano y una esfera perfecta; la forma, una expresión del aspecto general de una partícula. La esfericidad puede ser útil para comprender la velocidad de sedimentación.
- **Redondez** una medida de la nitidez de las esquinas de un grano.

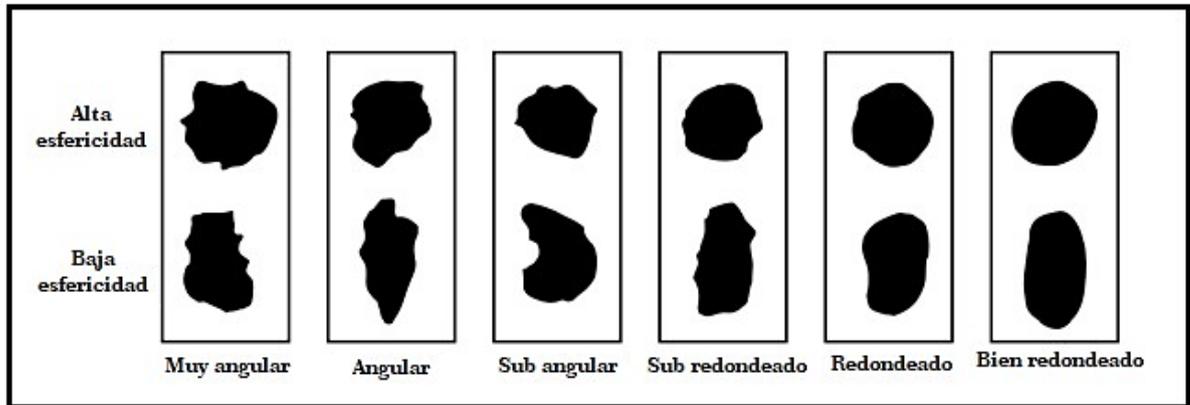


Figura N° 08: Comparación visual para la redondez y esfericidad de los granos.

Fuente: Modificado de Powers, (1953).

2.2.7. Estructuras Sedimentarias

Se define como estructuras sedimentarias a la disposición geométrica que adquieren los sedimentos durante su proceso de sedimentación o a una etapa posterior a su disposición (Cheel, 2005). Las estructuras sedimentarias nos brindan información sobre los procesos mecánicos, químicos y biológicos que actuaron durante su sedimentación. (Pettijohn, 1957).

El análisis de las estructuras sedimentarias permite inferir los mecanismos de transporte y condiciones de flujo (turbulento o laminar, alta o baja energía, unidireccional o direccional), la dirección de migración de los sedimentos, condiciones paleoambientales y la geometría.

Tabla N° 08: Algunas estructuras sedimentarias químicas diagenéticas.

Estructuras Químicas Diagenéticas	
Por precipitación.	Nódulos y concreciones.
	Cristales y moldes de cristales.
Por disolución.	Estilolitas y superficies estilolíticas.

Fuente: Tomado de Ponce, (2018).

Tabla N° 09: Algunas estructuras sedimentarias mecánicas depositacionales.

Estructuras Sedimentarias Mecánicas Depositacionales	
Planares externas.	Estratificación y laminación.
	Estratificación mixta.
Planares internas.	Estructuras masivas.
	Gradación.
	Imbricación.
	Laminación y estratificación entrecruzada.
Lineales estratales constructivas.	Ondulas de corriente.
	Ondulas de oleaje.
	Ondulas escalonadas (Climbing ripples)
	Dunas y barras.
	Lineación paralela.
Lineales estratales erosivas.	Canales.
	Marcas de fondo: crestas y surcos.
	Marcas de fondo: acanalados y de estrías.
Lineales subestratales.	Marcas de gota de lluvia.
	Calcos de crestas y surcos.
	Calcos de marcas acanaladas.
	Calcos de marcas de estrías.

Fuente: Tomado de Ponce, (2018).

Tabla N° 10: Algunas estructuras sedimentarias mecánicas postdepositacionales.

Estructuras Sedimentarias Mecánicas Postdepositacionales	
Deformacionales.	Pliegues por deslizamiento gravitacional (Slumps).
	Laminación y estratificación convoluta.
	Calcos de carga y estructuras en almohadilla.
	Diques y filones clásticos.
	Estructuras de escape de fluidos: volcanes de arena.
	Grietas de desecación y de sinéresis.

Fuente: Tomado de Ponce, (2018).

2.2.8. Depósitos Cuaternarios

Los autores (Gradusov, 2002; Tinta, 2000; y Lazukov et al., 1976) consideran como depósitos Cuaternario a los materiales que son producto de roca erosionada in situ, los materiales transportados compuestos de minerales, rocas y fragmentos orgánicos, depositados por el agua, viento, hielo, gravedad, o cualquier combinación de estos agentes, los materiales acumulados de origen biológico, material trasladado y depositado por la acción humana. Los depósitos cuaternarios han sido clasificados según su modo de formación.

Tabla N° 11: Clasificación de depósitos cuaternarios.

N°	Nombre Genético	Abrev	Agentes Formadores	Características Litoestratigráficas	Sinónimos Mas Frecuentes
1	Depósito Residual	Q-re	Alteración fisicoquímica Abundante humedad y lluvias Fuertes cambios de temperatura	Derivado de la descomposición física y química de la roca in situ (proceso de Meteorización intensa). No son suelos transportados, en parte conservan la estructura de la roca original	Suelo Residual Saprolito Regolito Suelos tropicales Eluviales
2	Depósito Fluvial	Q-fl	Corrientes de agua ríos principales	Está conformado por fragmentos rocosos heterométricos: arenas, cantos, bolos, etc. transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas, removibles por el curso actual del río y ubicados en su llanura de inundación	Fluvial Fluvial Deltaicos de río
3	Depósito Aluvial	Q-al	Corrientes de agua ríos principales	Fragmentos heterométricos y heterogéneos en litología (arenas, cantos, bolos, etc.), redondeados a sub redondeados transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en forma de terrazas, abanicos aluviales extensos. Incluye también los depósitos de piedemonte con topografía de glaciares que descienden de los sistemas montañosos.	Aluvial Piedemonte

N°	Nombre Genético	Abrev .	Agentes Formadores	Características Litoestratigráficas	Sinónimos más Frecuentes
4	Depósito Proluvial	Q-pl	Corrientes temporales de aguas de lluvia Huaico Saturación de suelos Ríos Flujo de detritos	Fragmentos rocosos heterométrico (cantos, bolos, bloques, etc.), con relleno limo arenoso-arcilloso. Depositado en el fondo de valles tributarios y conos deyectivos en la confluencia con el río. Material arrastrado y lavado por la lluvia. Cualquier tipo de suelo cuaternario que ha sufrido movimiento o proceso de reacomodo lento o escurrimiento rápido y bajo el influjo de la fuerza de la Presión de carga por hidratación.	Aluvional Aluvión Cascajales Llocllas Flujos de lodo Saturación del suelo
5	Depósito Deluvial	Q-dl	erosión de suelos Gravedad Lluvias Viento Reptación de suelos	Capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de cerros, con taludes suaves a moderados; depósitos de ladera removidos por agua de lluvia.	Derrubios de ladera Coluviales Pedregales Piedemontes Glacis
6	Depósito Coluvial	Q-cl	Intemperism o Gravedad Movimientos telúricos Toppling, caída de rocas Derrumbes sin presencia de agua Desequilibrio s de taludes Canchales	Bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, acumulados al pie de taludes escarpados, en forma de conos. Los bloques angulosos de mayor tamaño se depositan en la base y los tamaños menores disminuyen gradualmente hacia el ápice. Carecen de relleno, son sueltos sin cohesión. Taludes de reposo poco estables.	Conos de derrubio Coluviones Talud Pedregales Canchales

Fuente: Tomado de Gradusov, (2002); Tinta (2000); Lazukov et al., (1976).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Columna Sedimentológica: Sección geológica levantada en un área para ver la evolución y etapas de la depositación de materiales en una sucesión de rocas sedimentarias. (Sierra y Molina, 2014).

Cronoestratigrafía: Campo de la estratigrafía que se ocupa del estudio de la organización de los estratos en base a su edad y tiempo de formación (Dávila, 2011).

Geodinámica: Es la rama de la geología física o geomorfología que estudia los fenómenos geológicos que dan lugar a cambios en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa). (Dávila, 2011).

Litología: Parte de la geología que se basa en el estudio genético de la textura y estructura de las rocas. (Sánchez, 1988).

Sedimento: Se denomina al material fragmentario producto de procesos de erosión y/o alteración de las rocas preexistentes que pueden ser transportado y depositado en los fondos marinos, fondos lacustres y depresiones continentales. (Dávila, 2011).

Sedimentos Siliciclásticos: Se denomina a todo sedimento compuesto por granos detríticos (derivados de cualquier roca generadora) que fueron transportados a su sitio de depósito compuestos por cuarzo, feldespatos, fragmentos de roca y matriz; la mayoría de los otros minerales no son lo suficientemente estables para sobrevivir a un transporte significativo. (Cheel, 2005).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

El área de estudio está ubicada en el cuadrángulo de Celendín (14g) de la Carta Geológica Nacional, dentro de las coordenadas con proyección geográfica en el sistema UTM. Datum WGS-84. Los vértices que delimitan las áreas de estudio son los siguientes:
(Planos N° 01)

Tabla N° 12: Coordenadas del área de investigación.

Coordenadas del Área de Investigación		
Vértices	Latitud	Longitud
1	9 242 259	826 876
2	9 243 878	829 837
3	9 238 857	833 319
4	9 237 238	830 357

3.1.2. Política

El área de estudio está ubicada en el Norte de Perú, entre los Distritos de Balsas y Utco pertenecientes a las Provincias de Chachapoyas y Celendín, Región de Amazonas y Cajamarca.

3.1.3. Accesibilidad

El área del presente estudio es accesible por vía terrestre a partir de la ciudad de Cajamarca; por la Carretera Cajamarca – Celendín, luego se recorre el tramo de la carretera Celendín – Balsas. (Ver figura N° 09).

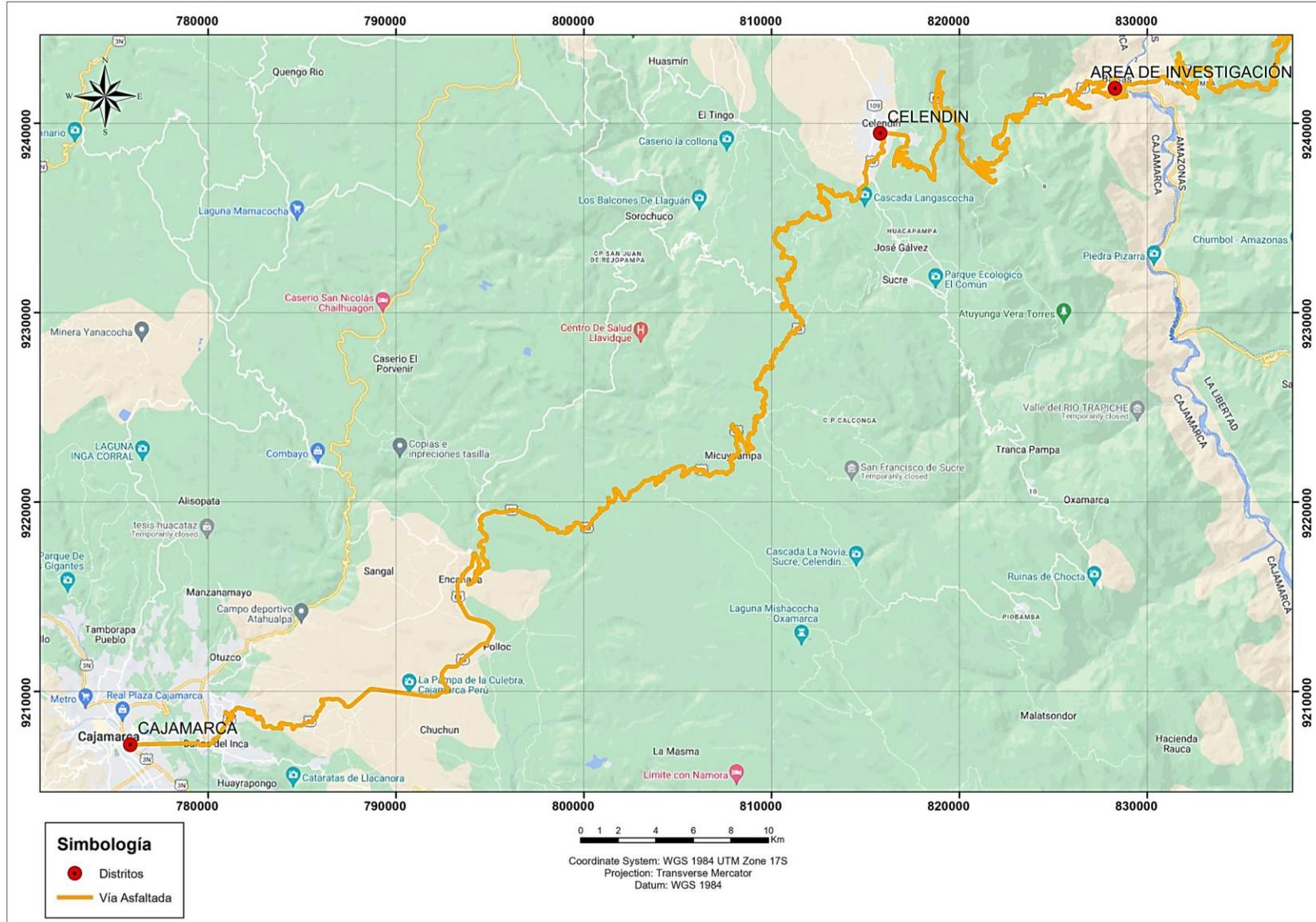


Figura N°09: Mapa de las principales vías de acceso al área de investigación.
 Fuente: Adaptado Google Maps, (2023).

Tabla N° 13: Acceso al área de investigación.

Tramo	Distancia	Tipo de Vía	Tiempo
Cajamarca – Celendín	102.5 km	Asfaltada	2h 16 min
Celendín – Área de investigación	50 km	Asfaltada	1h 20 min

3.1.4. Clima

El clima del área de investigación se caracteriza por ser de tipo lluvioso con invierno seco templado. Presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 17°C a 23°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C. Asimismo, los acumulados anuales de lluvias se encuentran entre los 1200mm. y 1800mm. (SENAMHI, 2021).

3.2. PROCEDIMIENTOS

Para la realización del presente trabajo de investigación se tuvieron en cuenta las siguientes etapas:

3.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete

En la primera etapa se recopilaron antecedentes bibliográficos relacionados con el área de estudio y áreas adyacentes, así como bibliografía relacionada con la problemática a estudiar. Además, se realizó el análisis a través de imágenes satelitales del área de investigación y elaboración de planos; como también se diseñaron hojas de toma de datos que incluyen la recolección e integración de datos como: litología, textura, características de la capa, estructuras sedimentarias y datos de paleocorriente, para ser utilizados en el campo.

3.2.2. Etapa de Campo

En esta etapa se realizó el cartografiado geológico del área de estudio escala 1: 30 000 y 1: 10 000, donde se levantaron secciones sedimentológicas describiendo las dimensiones de las capas de sedimentos, la geometría de los estratos, litología, tamaño de grano, color, dirección del flujo, estructuras sedimentarias, rumbo y buzamiento de las capas y toma de coordenadas con el GPS en el sistema UTM. Datum: WGS-84. Así como también se tomaron muestras en cada una de las unidades y se obtuvieron fotografías de los afloramientos.

3.2.3. Etapa de Gabinete

Los datos obtenidos de campo se procesaron utilizando el software Adobe Illustrator 2023 y ArcGIS 10.6 para la elaboración de secciones y planos temáticos necesario del área de investigación. En esta etapa se llevó a cabo el análisis de facies en los depósitos sedimentarios con los datos obtenidos a escala de afloramiento y en secciones sedimentológicas, reconociendo las facies y estableciendo asociaciones de facies para posteriormente llegar a definir el modelo de facies y el ambiente depositacional de las unidades sedimentológicas.

3.2.4. Metodología

En la metodología se detallará el tipo de investigación utilizada en la presente investigación, según el nivel, el diseño, su naturaleza y su finalidad. Todos estos aspectos se describen en la Tabla N° 14.

Tabla N° 14: Clasificación y descripción de los tipos de investigación.

Tipos de Investigación	
Clasificación	Tipos de Investigación
1. Según el nivel	Descriptiva: Para esta investigación se describieron la geometría de los estratos, litología, tamaño de grano, color, dirección del flujo, estructuras sedimentarias de los depósitos Cuaternarios.
2. Según el diseño	Es no experimental de campo, ya que la investigación se realiza tal cual se encuentra en la naturaleza, sin modificación de sus variables de los depósitos Cuaternarios.
3. Según el periodo	Transversal en el tiempo: Debido a que se estudiará sólo en un determinado tiempo el análisis de facies de los depósitos Cuaternarios en los distritos de Utco y Balsas, 2024.
4. Según su naturaleza	Cualitativo: La naturaleza de la investigación es cualitativa debido a que describe sucesos complejos en su medio natural, con información preferentemente cualitativa como las características de los depósitos Cuaternarios.
5. Según su finalidad	Aplicativa: Es aplicativa, puesto que se aplicaron y utilizaron conocimientos y teorías ya existentes, para la elaboración de la presente investigación.

Fuente: Modificado de Supo, (2016).

3.2.4.1. Población de estudio

Son las muestras de rocas sedimentarias de los depósitos Cuaternarios en las márgenes del Río Marañón en los distritos de Utco y Balsas. En un área de 20.420 km².

3.2.4.2. Muestra

Los depósitos recientes del Cuaternario registrados en las secciones sedimentológicas, litología, geometría, facies, textura, estructuras sedimentarias y tiempo geocronoestratigráfico.

3.2.4.3. Unidad de análisis

Constituida por estructuras sedimentarias, geometría de clastos, textura, distribución de paleocorrientes de los depósitos cuaternarios, geocronológicas en (± 2 Ma).

3.2.5. Identificación de variables

Para la investigación se ha identificado variables independientes y dependiente, las cuales se relacionan directamente como se muestra en la Tabla N° 15.

Tabla N° 15. Tabla de identificación de variables.

Variables Independientes	Variables Dependientes
Facies sedimentarias	
Litología	
Columna Sedimentológica	Depósitos Cuaternarios
Geodinámica interna y externa	
Tiempo Geo-Cronoestratigráfico	

3.2.6. Técnicas

Las técnicas principales utilizadas para la elaboración de la presente investigación son:

- **Análisis documental y observación dirigida.** Recopilación de información de las características descriptivas de las facies sedimentarias de los depósitos cuaternarios.
- **Cartografiado geológico.** Se ha efectuado por la ubicación y contactos de las estructuras y tipo de litología.
- **Tomas fotográficas.** En cada estación estratigráfica se realizó la toma de fotografías para la descripción correspondiente.

- **Muestreo litológico.** Se realizó la descripción macroscópica de la litología de los depósitos cuaternarios.
- **Elaboración de columnas sedimentológicas.** Se realizó la elaboración de columnas sedimentológicas mediante el ArcGIS 10.6.

3.2.7. Instrumentos y Equipos

3.2.7.1. Equipos

- **Brújula:** Equipo utilizado para la toma de dirección e inclinación de estructuras geológicas.
- **GPS:** Se utilizó para la ubicación espacial de los afloramientos de donde se ha extraído muestras de roca y recolectado los datos geológicos; a través de sus coordenadas en el sistema UTM-WGS84.
- **Cámara fotográfica:** Utilizado para la toma de fotografías de los afloramientos.
- **Laptop:** Utilizado para el procesamiento digital de la investigación, plasmar la información en la elaboración del informe de investigación y planos.

3.2.7.2. Materiales

- **Planos proyección en sistema UTM y Datum WGS-84:** Herramienta donde se plasmaron los datos geológicos obtenidos en campo. Se utilizó a diferentes escalas dada la extensión del área de investigación.
- **Picota:** Utilizado para la obtención muestras de mano.
- **Lupa de aumento 20X:** Para reconocer los componentes mineralógicos y texturas de las rocas y sedimentos.
- **Lápiz de dureza (Rayador).** Para diferenciar entre diferentes tipos de minerales y rocas según la dureza.
- **Ácido clorhídrico al 20%:** para determinar macroscópicamente la composición de las rocas.
- **Bolsas para muestras:** Bolsas de polietileno para recolección de muestras de manos de los diferentes tipos de roca.
- **Libreta de campo:** Se utilizó para realizar anotaciones de todo lo observable en campo en cuanto a lo geológico.
- **Protáctor:** Para el cartografiado geológico.

- **Instrumentos de medición (Flexómetro, Bastón de Jacob):** Utilizado para realizar medidas en los afloramientos.
- **Formatos para coleccionar datos litológicos:** Formatos utilizados para generar columnas sedimentológicas.
- **Lápices, marcadores y colores:** Se utilizaron para el cartografiado geológico y anotaciones de datos, elaboración de columnas sedimentarias.

3.3. GEOMORFOLOGÍA

El área de investigación presenta características geomorfológicas variadas influenciada por un actor natural principal que es el Río Marañón, el cual en su proceso de formación ha modificado el relieve terrestre influenciado por tectonismo y agentes externos como la meteorización y erosión.

3.3.1. Unidades Geomorfológicas Fluviales

3.3.1.1. Montañas Fuertemente Empinadas

Presenta áreas montañosas con topografía accidentadas, laderas expuestas a la erosión con superficies regulares e irregulares.

Esta unidad geomorfológica está constituida por rocas sedimentarias del Cretácico inferior y superior; paisajes formados sobre rocas metamórficas del Complejo Marañón.

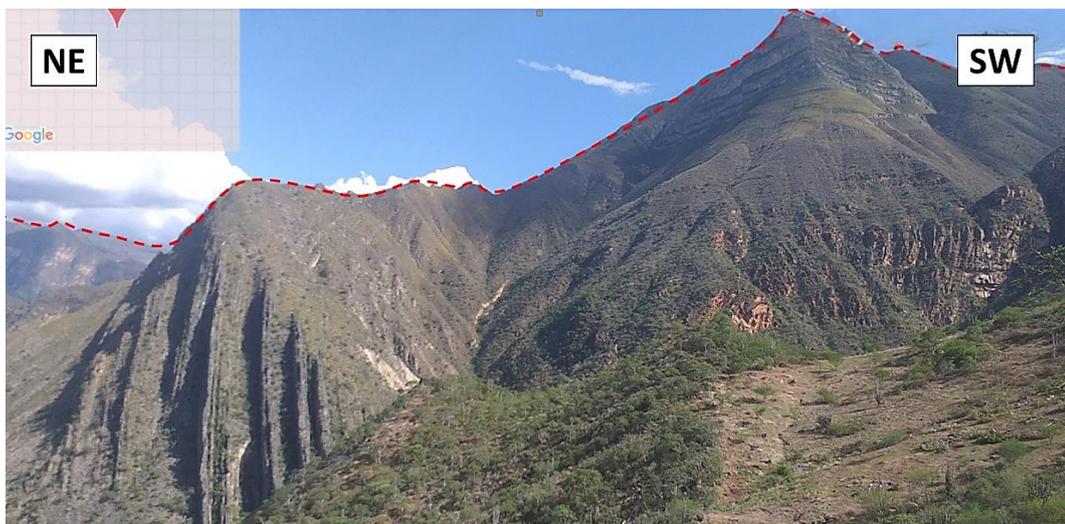


Figura N° 10: Relieve abrupto en el sector de Chincer, vista al SE.

3.3.1.2. Valle Fluvial

El valle fluvial del Río Marañón forma el límite entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental. El origen del valle está dado por la incisión del río Marañón siendo un valle interandino estrecho, producto de una intensa erosión favorecida por fallas de rumbo andino y el intenso tectonismo.

El efecto erosivo del agua y la alta energía de corrientes ha dejado como producto de su acción canales sinuosos, zonas convexas y cóncavas por acumulación y erosión respectivamente; dejando como producto el relieve actual.



Figura N° 11: Vista del Río Marañón que ha configurado un cauce meandriforme; evidenciada por su trazado sinuoso como resultado de la erosión fluvial. (Coordenadas UTM 828 902 E, 9 241 484 N).

3.3.1.3. Terrazas Fluviales

Conforman las riberas del Río Marañón que presentan superficies planas o débilmente inclinadas, constituidos por material arenoso y clastos redondeados los cuales son de diferente composición litológica indicativo del largo transporte del cauce del río. En el área de estudio se puede observar dos niveles de terrazas. El primer nivel ubicado a 890 msnm siendo el más reciente compuesto principalmente por arenas y un segundo nivel ubicado a 1150 msnm compuesto por niveles de gravas y arenas.

Figura N° 12: Primer nivel de terrazas formadas por acumulación, con vista de aguas arriba del Río Marañón en el centro poblado de Chacanto. (Coordenadas UTM 831 023 E, 9 240 710 N).



Figura N° 13: Segundo nivel de terrazas formadas por acumulación de sedimentos del Río Marañón, en la margen izquierda aguas abajo cercano al centro poblado Chacanto. (Coordenadas UTM 829 115 E, 9 241 138 N).

3.3.2. Unidades Morfogenéticas

El análisis de unidades morfogenéticas del área de investigación se realizó con la ayuda del software ArcGIS 10.6. teniendo como base a una imagen Aster que fue procesada en el software SAS.planet. Se obtuvieron rangos de pendientes basados a la clasificación presentada por Rodríguez (2016). Esta clasificación es en base a la pendiente, las cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla N° 16. Descripción de Unidades Geomorfológicas.

Unidad Geomorfológica	Pendiente
Planicies	0° - 8°
Lomadas	8° - 20°
Laderas	20° - 50°
Escarpas	> 50°

Fuente: Tomado de Rodríguez, (2016).

3.3.2.1. Planicies

Son superficies de pendiente muy suave, bastante homogéneo o ligeramente ondulados (Rodríguez, 2016). El rango de pendientes que define a las planicies es de 0° a 8°, representan el 9.5% del área de estudio, las cuales se observa en las márgenes del Río Marañón. Litológicamente este tipo de unidades morfogénéticas están conformados por depósitos cuaternarios.



Figura N° 14: Vista de planicie moderadamente baja en la ribera del Río Marañón. (Coordenadas UTM 829 015 E, 9 241 598 N).

3.3.2.2. Lomadas

Las lomadas o colinas son elevaciones con pendientes entre 8° a 20°, representan el 10.20% del área de estudio. Estos terrenos tienen formas semiplanas con ciertas ondulaciones. Litológicamente este tipo de unidades morfogénéticas están conformados por depósitos cuaternarios, así como en rocas ígneas de la unidad Granodiorita - Tonalita Balsas.



Figura N° 15: Vista de unidad geomorfológica lomada en la margen izquierda del Río Marañón, aguas abajo del centro poblado Chacanto.

3.3.2.3. Laderas.

Unidades que presenta pendientes entre los 20° a los 50°, representan el 41.30% del área de estudio. Se generan por procesos exógenos actuantes en zonas más susceptibles a la erosión. Litológicamente este tipo de unidades morfogenéticas están conformados por rocas ígneas de la unidad Granodiorita - Tonalita Balsas.



Figura N° 16: Vista de unidad geomorfológica ladera en el área de investigación, localizado en ambas márgenes del Río Marañón en la zona cercana al centro poblado de Chacanto.

3.3.2.4. Escarpas

Son geoformas con topografía muy accidentada, presentan pendientes mayores a 50° , representando el 39.10% del área de estudio. Se presentan en las partes más elevadas y litológicamente están conformadas por rocas sedimentarias cretácicas y rocas intrusivas carboníferas, contraladas por estructuras geológicas como fallas y plegamientos.

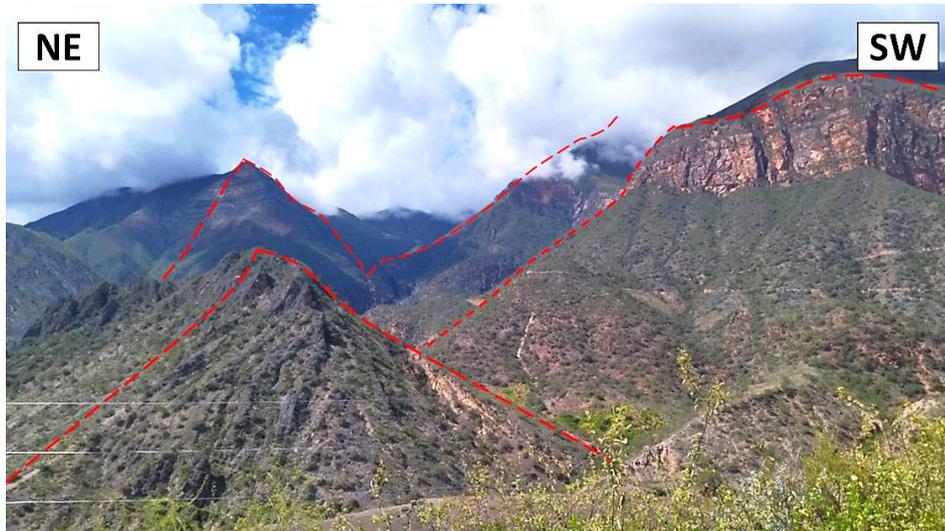


Figura N° 17: Vista de la unidad de Escarpas en el área de investigación, ubicada en la margen izquierda del Río Marañón cercana al centro poblado de Chacanto.



Figura N° 18: Vista Escarpas en el área de investigación, en la margen derecha del Río Marañón, cercana al centro poblado de Chacanto.

3.4. HIDROLOGÍA

La cuenca de río Marañón pertenece a la región hidrográfica del Amazonas, teniendo su nacimiento en el nevado Yarupa en la Cordillera de Raura. Presenta un perfil marcadamente cóncavo, con tres tramos bien diferenciados. El curso principal, generalmente, tiene una dirección SW-NE hasta su confluencia con el río Ucayali, abarca una superficie total de 347 525 km². (SENAMHI, 2012).

El área de investigación se ubica específicamente en la Intercuenca del Alto Marañón IV; teniendo como afluentes en la margen derecha aguas abajo a la Quebrada Jahuay, Quebrada Saumate y Quebrada Honda; en su margen izquierda aguas abajo a la Quebrada Limón (Río Chucamayo), Quebrada Coca Grande y Quebrada Jacapa.

La cuenca del Río Marañón pertenece a la vertiente del Atlántico distinguiéndose cinco unidades estructurales: Cordillera Occidental, Dominio Olmos-Loja, Cordillera Oriental, Zona Subandina, Llanura Amazónica. Cada uno de estos dominios se caracteriza por su propia evolución sedimentaria y tectónica; el límite está definido por sistemas de fallas o altos estructurales complejos.



Figura N° 19: Vista del Río Marañón desde el distrito de Balsas.

3.5. GEOLOGÍA LOCAL

En esta sección se realiza un breve resumen de las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio, describiendo la litología y mineralogía según varios autores.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO		Depósito Fluvial y Aluvial	Q-fl/Q-al		
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Cenomaniano	Grupo Pulluicana	Ks-pu		
				Fm. Pariatambo	Ki-pa		
		INFERIOR	Albiano	Fm. Chúlec	Ki-chu		
				Aptiano	Grupo Goyllarisquizga	Ki-g	
				Barremiano			
Valanginiano							
PALEOZOICO							
PRE-CÁMBRICO				Complejo Marañón	PE-cm		

Figura N° 20: Columna litoestratigráfica del área de investigación.

Fuente: Modificado del INGEMMET, (1998).

3.5.1. Superunidad Gollón - Callangate (Carbonífero)

En el área de investigación afloran rocas que conforman a un conjunto de plutones e intrusivos menores a los cuales Sánchez (2006) denominó Batolito Gollón – Callangate que forman parte de la faja granítica de la Cordillera Oriental. El Batolito de Gollón - Callangate se encuentra emplazado en rocas del Complejo del Marañón, del Paleozoico inferior, incluyendo el Grupo Ambo y parte de la Formación Lavasén del Carbonífero. Los cuerpos identificados se han clasificado litológicamente en rocas diorita, granodiorita, tonalita, granito y monzogranito. En el área de investigación afloran las siguientes unidades intrusivas:

3.5.1.1. Granodiorita-Tonalita Balsas

Los afloramientos de esta unidad se encuentran a lo largo de la carretera Celendín - Chacanto, en ambas márgenes del Río Marañón; La granodiorita-tonalita se encuentra emplazada dentro del Complejo del Marañón, sus contactos son tectónicos tanto al este como al oeste, controlada por fallas de dirección andina. Sobreyaciendo a esta unidad se encuentra el Grupo Mitu en la carretera Celendín - Balsas. (Sánchez, 2006).



Figura N° 21: Afloramiento de la granodiorita – tonalita de Balsas, situado al suroeste del distrito del mismo nombre. (Coordenadas UTM 828 612 E, 9 241 590 N).

Tabla N° 17. Descripción macroscópica de las rocas de la unidad Granodiorita-Tonalita Balsas

Granodiorita	Descripción
	<p>Roca con textura fanerítica holocristalina de grano medio a grueso, inequigranular con promedio de 30% de minerales máficos, 70% de minerales félsicos. Los minerales principales son plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, biotita y hornblenda. Son de color blanquecino rosáceo.</p>

3.5.1.2. Sienogranito Chacanto

Esta unidad está conformada por un conjunto de cuerpos graníticos de coloración rojiza a rosada, expuesta como stocks que se emplazaron dentro de la unidad Granodiorita - Tonalita Balsas. Se considera la unidad intrusiva de edad más reciente dentro de las rocas graníticas que conforman el Batolito Gollón - Callangate. Litológicamente está conformado por sienogranitos, granitos feldespáticos alcalinos, alitas. (Sánchez, 2006).



Figura N° 22: Afloramiento del sienogranito, situado al suroeste del distrito de Balsas. (Coordenadas UTM 828 290 E, 9 242 465 N).

Tabla N° 18. Descripción macroscópica de las rocas de la unidad Sienogranito Chacanto.

Sienogranito	Descripción
	<p>Roca con textura fanerítica, holocristalina de grano medio a grueso. entre los minerales principales son cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico. Son de color blanquecino a rosáceo.</p>

3.5.2. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Definido por Wilson (1963) en el Perú central empleando la terminología de Grupo Goyllarisquizga. Reyes (1980) y Wilson (1984) agruparon las areniscas del Cretácico Inferior como grupo debido a que no fue posible cartografiar sus clásicas formaciones Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat.

Esta secuencia se halla ampliamente distribuida a ambos flancos del valle del Río Marañón. Litológicamente está constituido por areniscas cuarzosas de color blanco, blanco rojizo, blanco grisáceo con intercalación de capas de lutitas, limolitas y limoarcillitas gris verdosas a rojizas.

Está unidad sobreyace en discordancia angular al Complejo Marañón, e infrayace concordantemente a las formaciones Inca y Chúlec. Considerando las relaciones estratigráficas y las correlaciones con la cuenca Cajamarca, se le atribuye una edad Neocomiano - Aptiano. (Sánchez, 1995).

3.5.3. Formación Chúlec (Ki-chu)

La Formación Chúlec ha sido descrita por Wilson & Reyes (1964), Wilson (1984) y Reyes (1980) en la región de Cajamarca. La misma unidad fue descrita por Benavides (1956) y Sánchez (1995), siendo reconocida por estar conformada por secuencias calcáreas de coloración crema con morfología suave. Litológicamente está compuesta por calizas margosas con niveles de lutitas grises, margas amarillentas y calizas marrones. Esta unidad sobreyace al Grupo Goyllarisquizga; así mismo, infrayace al Grupo Puillucana.

3.5.4. Grupo Puillucana (Ks-pu)

Tafur (1950) definió al Grupo Puillucana en el valle de Cajamarca. Esta unidad se encuentra sobre yaciendo de manera concordante a la Formación Chúlec. El Grupo Puillucana está compuesto por secuencias de calizas grises de origen marino, en el techo de la sucesión sedimentaria, se encuentran intercalaciones de limolitas y lutitas rojas. Sánchez (1995) reporta abundante fauna fósil (ammonites, bivalvos y gasterópodos) que pertenece al Albiano medio-Cenomaniano.

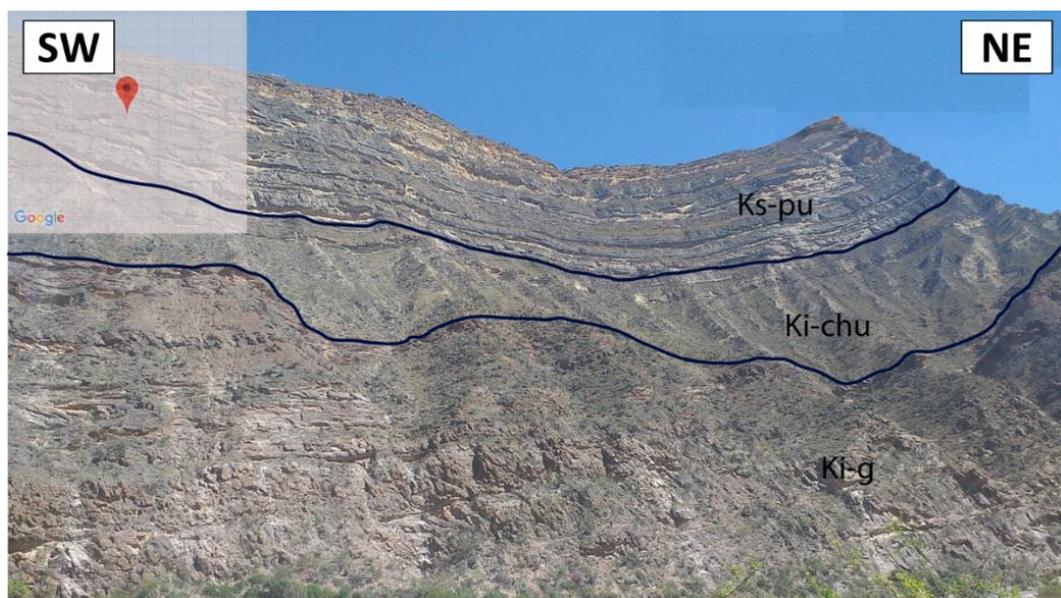


Figura N° 23: Vista del Grupo Puillucana, Formación Chúlec y Grupo Goyllarisquizga, situado al suroeste del distrito de Balsas. (Coordenadas UTM 830 834 E, 9 234 504 N).

3.5.5. Depósitos Cuaternarios

Están conformados por conglomerados con sedimentos finos y gruesos. Conforman niveles de terrazas fluviales y depósitos coluvio-fluviales en su mayoría. Los depósitos cuaternarios son objeto de estudio en esta investigación.

El área de investigación presenta los siguientes depósitos cuaternarios:

3.5.5.1. Depósitos aluviales

En el área de investigación los depósitos aluviales se presentan como gravas y conglomerados polilíticos con clastos sub redondeados, presenta niveles de arenas y limos, ubicados en ríos y quebradas; así como en los niveles de terrazas como también forman abanicos aluviales al pie de las quebradas.

3.5.5.2. Depósitos coluviales

Los depósitos coluviales son depósitos ubicados en los taludes de los cerros y están compuestos por bloques de roca angulosos a sub angulosos englobados en una matriz limo arenosa.

3.5.5.3. Depósitos eluviales

Los depósitos eluviales son suelos compuestos, esencialmente, de arcillas acumuladas sobre las laderas a consecuencia de intensa meteorización in situ ocurrida en determinados sectores.

3.6. MARCO SEDIMENTOLÓGICO

La descripción de los depósitos cuaternarios se realizó utilizando el esquema de clasificación de litofacies de Miall, (1996); basándose en las texturas, estructuras sedimentarias, geometría externa; así como la naturaleza de sus contactos. Para clasificar el tamaño de sedimento se tomó como base la clasificación de Wentworth (1922).

Las unidades sedimentarias descritas están dominadas por facies de conglomerados y areniscas en su mayoría. Se realizó una columna sedimentológica esquemática para cada afloramiento.

3.6.1. Descripción de Afloramientos.

Los datos fueron tomados en diferentes puntos de afloramientos.

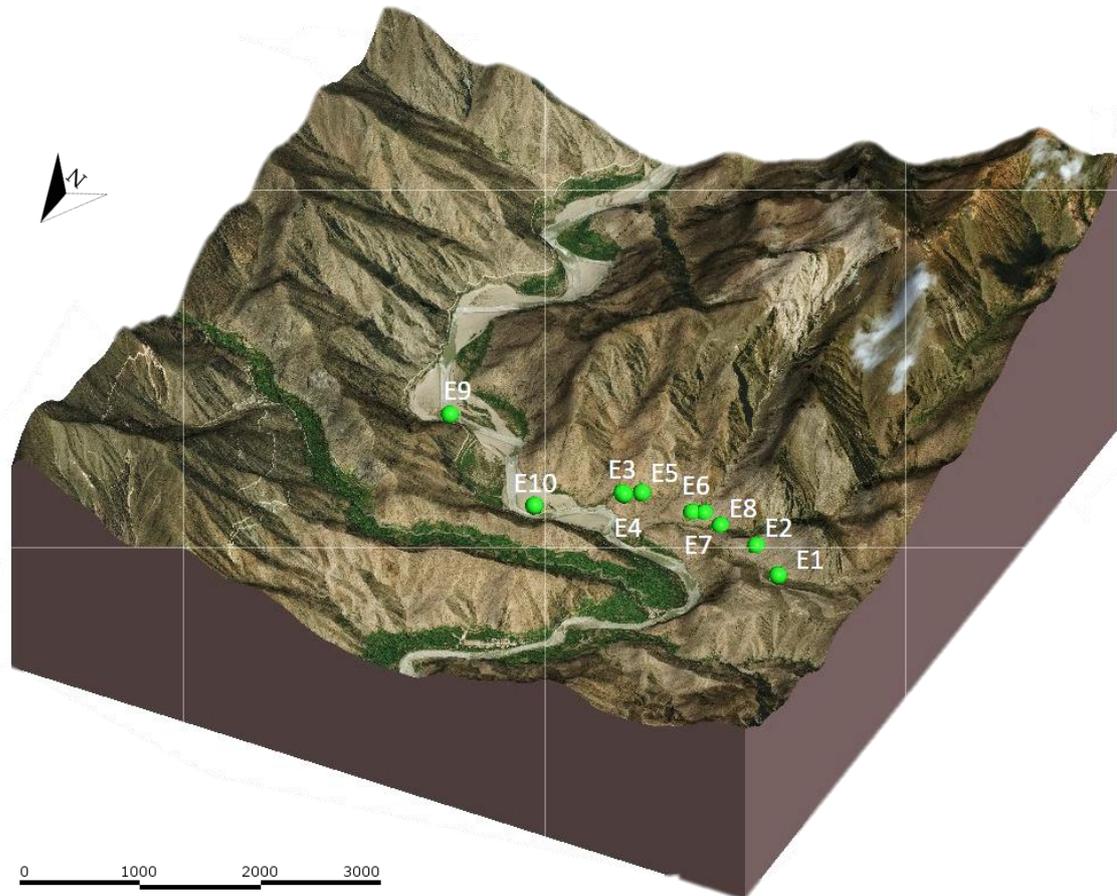


Figura N° 24: Ubicación referencial donde se levantó las columnas sedimentológicas.

3.6.1.1. Estación Sedimentológica N° 01

El afloramiento presenta un espesor vertical de aproximadamente 5 m. se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
827 525	9 241 791	1 148 msnm

En la siguiente figura se puede apreciar litológicamente que está conformado por granulometría gruesa. En la base presenta facies de conglomerados (A). Estos conglomerados presentan un espesor máximo de 1.2 m. constituidos por clastos entre 5 a 10 cm de diámetro. Los clastos son subangulosos de baja esfericidad; el conglomerado es polimíctico de composición litológica en su mayoría sedimentaria (hasta 60% de calizas y 40% de areniscas).

En cuanto a su clasificación es polimodal (varios tamaños). Es matriz-soportado, la matriz es de limolita con arenas color gris amarillento con tonalidad rojizo, pobremente seleccionada. El siguiente nivel B presenta conglomerados con similares características, al nivel A, pero clastos entre 1 a 2 cm de diámetro. Seguido se repite el nivel A. El nivel C tiene un espesor 10 cm compuesto por limo arcilla de coloración gris blanquecina. En la parte superior se encuentra un nivel conglomerádico D con similares características al nivel A, pero con clastos de hasta 30 cm de diámetro.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Limo, arcilla masiva. (Fsm).

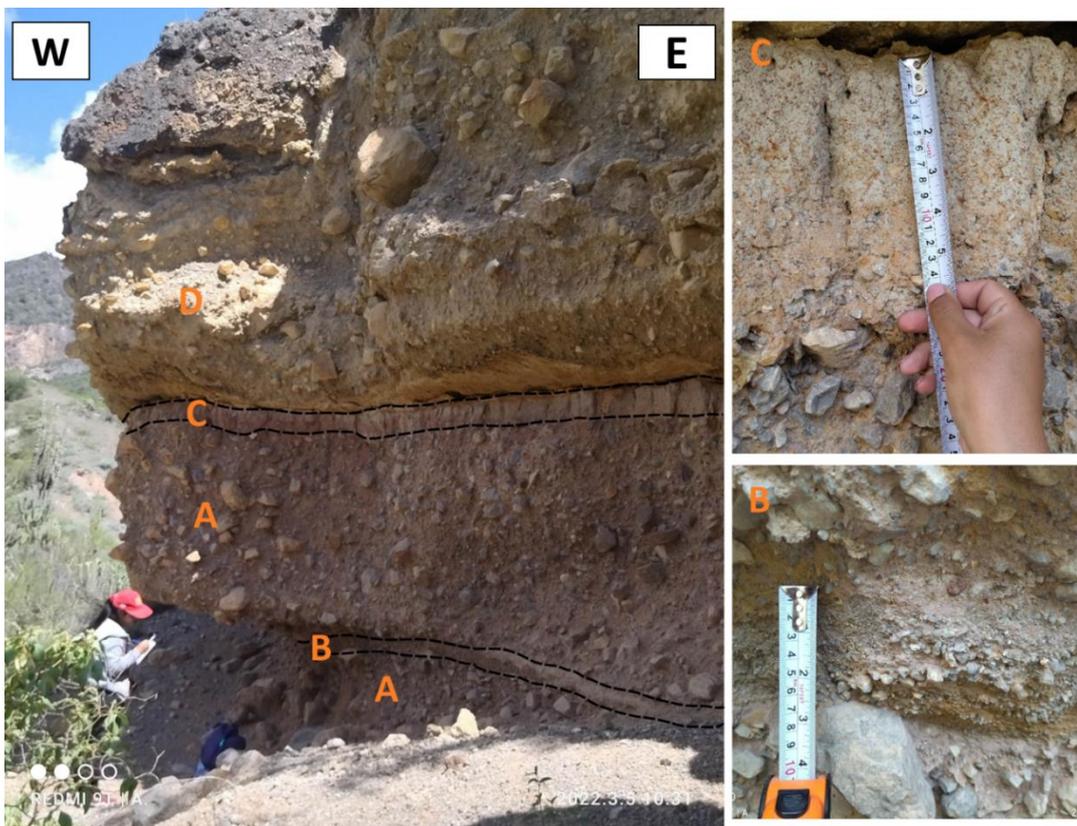


Figura N° 25: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 01. Depósitos conglomerádicos masivos (Gmm) niveles A, B y D, intercalado con nivel de limo arcilla (Fsm) C.

En la zona media C está conformado por conglomerados con espesor de nivel máximo de 5 m. constituidos por clastos entre 3 a 15 cm de diámetro, los clastos son sub angulosos de baja esfericidad. El conglomerado es polimíctico de composición litológica en su mayoría sedimentaria (hasta 60% de calizas y 40% de areniscas). En cuanto a su clasificación es polimodal (varios tamaños), matriz-soportado, la matriz es de limo arcillita con arenas color gris amarillento, pobremente seleccionada e intercalados repetitivamente ambos niveles. En el nivel C está conformado por niveles lenticulares de arcilla masiva.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena de grano muy fino a medio con (Sh), con aparente laminación horizontal.
- Limo, arcilla masiva. (Fsm).

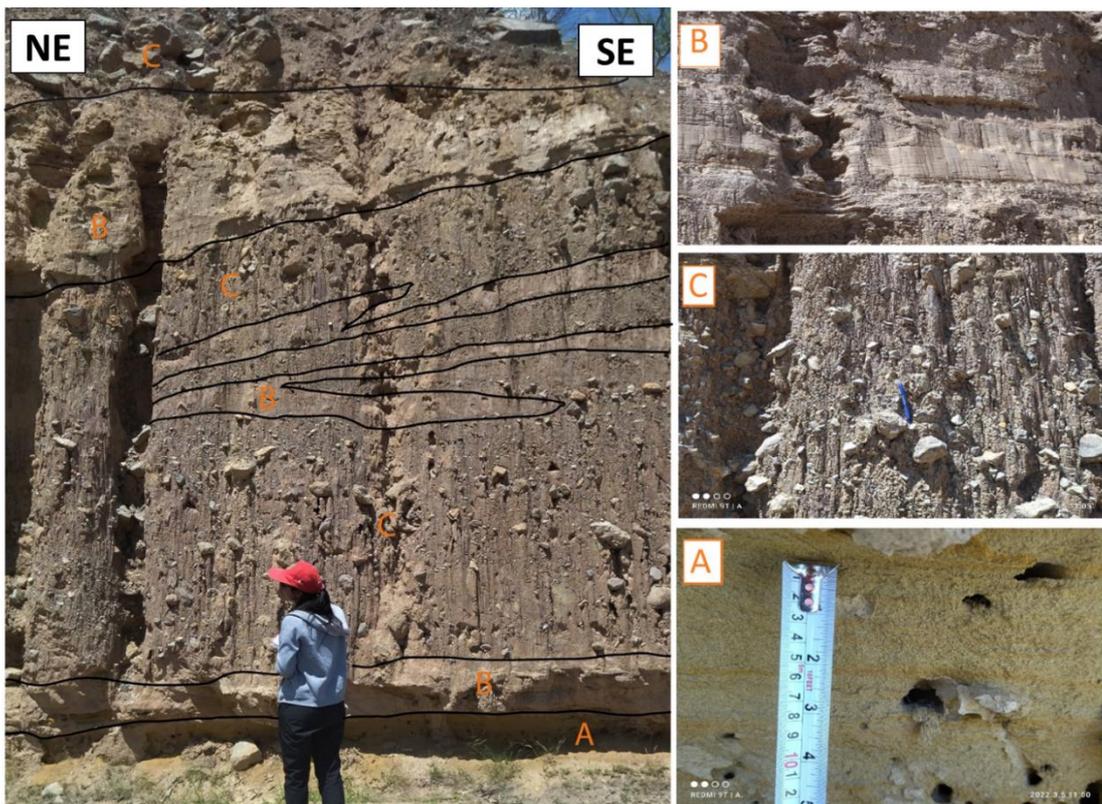


Figura N° 27: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 02. Conformados por facies de arena (Sh) nivel A, limos y arcillas (Fsm) nivel B y facies de conglomerados masivos (Gmm) nivele C.

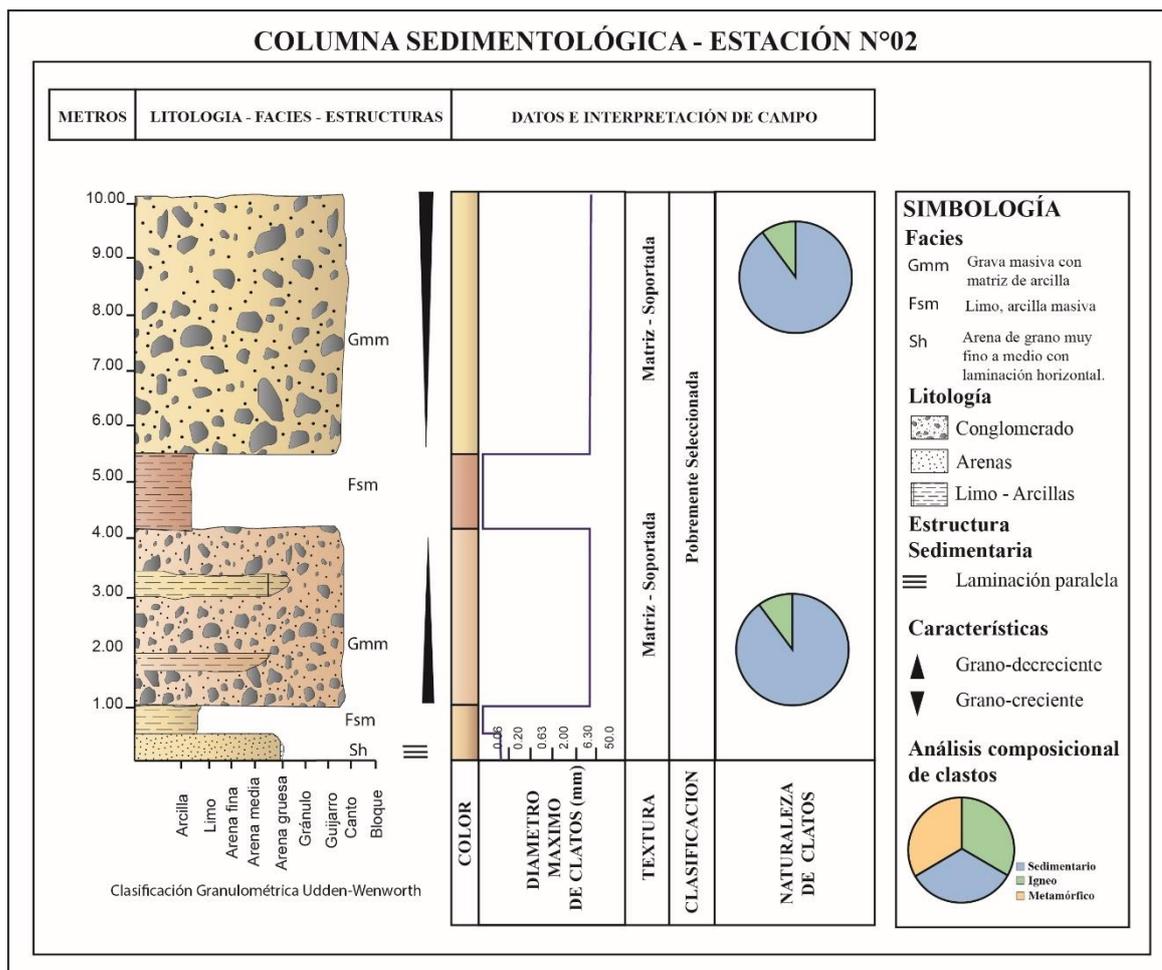


Figura N° 28: Columna sedimentológica de la estación N° 02.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

3.6.1.3. Estación Sedimentológica N° 03

El afloramiento presenta un espesor vertical de aproximadamente 7 m, se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
829 250	9 241 207	960 msnm

Litológicamente está conformado en la base por conglomerados denominado nivel A, teniendo un espesor máximo de 4 m, constituidos por clastos entre 3 a 10 cm de diámetro, los clastos son bien redondeados de alta esfericidad, presentan imbricación. El conglomerado es polimíctico con composición litológica de los clastos de aproximadamente 75% sedimentario, 20% ígnea y 5% metamórfico.

En cuanto a su clasificación es polimodal (varios tamaños); matriz-soportado, la matriz es de arenas color gris amarillento, bien seleccionada. En la zona superior B presenta arenas, su espesor máximo de 2 m, constituido por granulometría de medio a grueso, matriz de arcillas gris amarillenta, presenta laminación entrecruzada planar.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de limo arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena de grano muy fino a media (Sp), con laminación entrecruzada planar.



Figura N° 29: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 03.



Figura N° 30: Vista de los niveles descritos en la estación sedimentológica N° 03. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel A, facies de arena (Sp) nivel B.

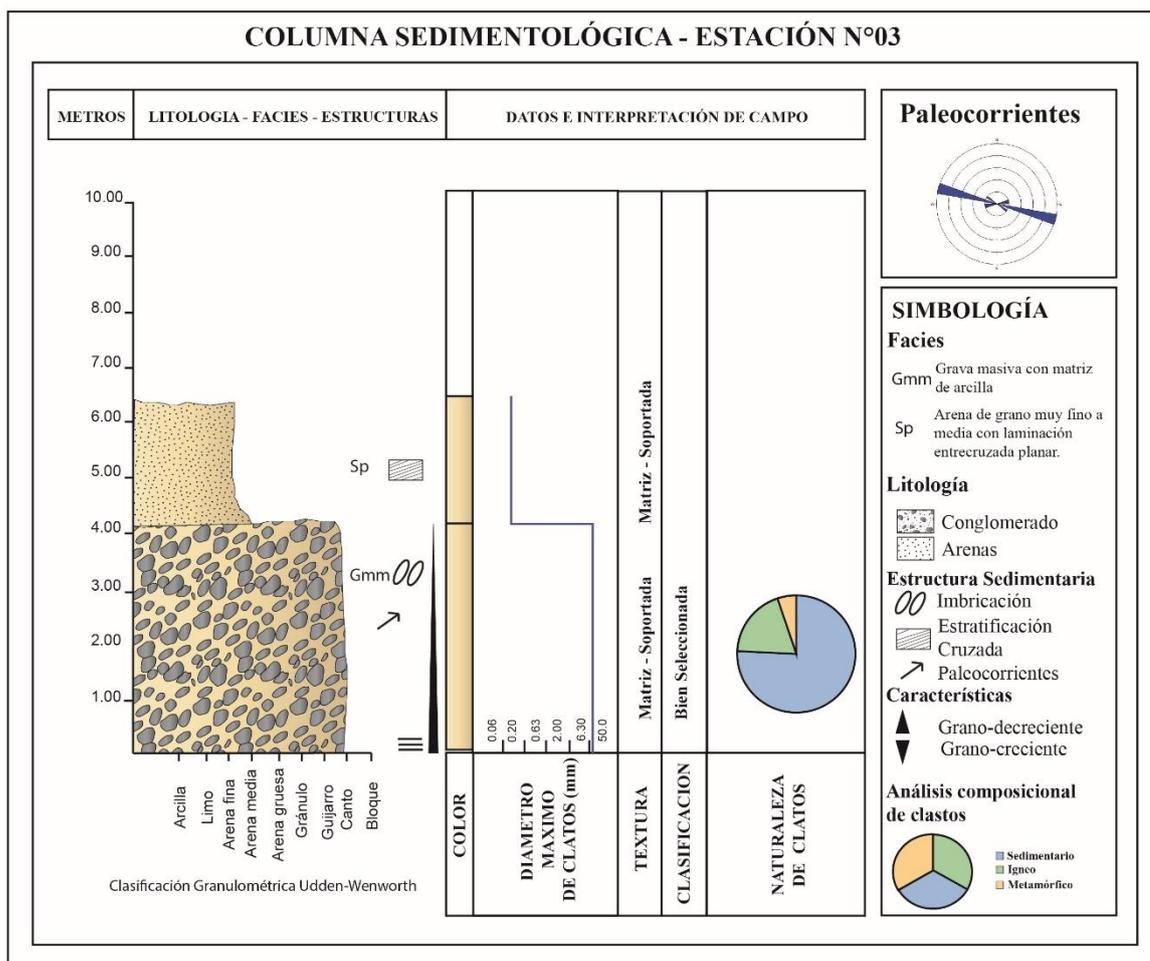


Figura N° 31: Columna sedimentológica de la estación N° 03.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

3.6.1.4. Estación Sedimentológica N° 04

El afloramiento presenta un espesor vertical de aproximadamente 6 m, se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
829 268	9 241 202	963 msnm

Litológicamente está conformado en la base por una capa A de 15 cm constituida por conglomerados polimícticos (80% sedimentario, 15% ígnea y 5% metamórfico), polimodal (varios tamaños); el tamaño de los clastos tiene entre 1 a 5 cm de diámetro, matriz-soportada de limo y arenas gris amarillentas, repitiéndose estas capas en la parte superior, pero con mayor espesor.

Seguidos de un nivel B de 25 cm de espesor, con arenas gris amarillenta de grano fino a medio, presenta laminación entrecruzada planar, esta secuencia de repite en los niveles superiores. En la parte superior un nivel C conformado por arena masiva de grano fino y medio.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de limo arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena de grano muy fino a media (Sp), con laminación entrecruzada planar.
- Arena fina a gruesa (Sm), masiva o pobremente laminada.

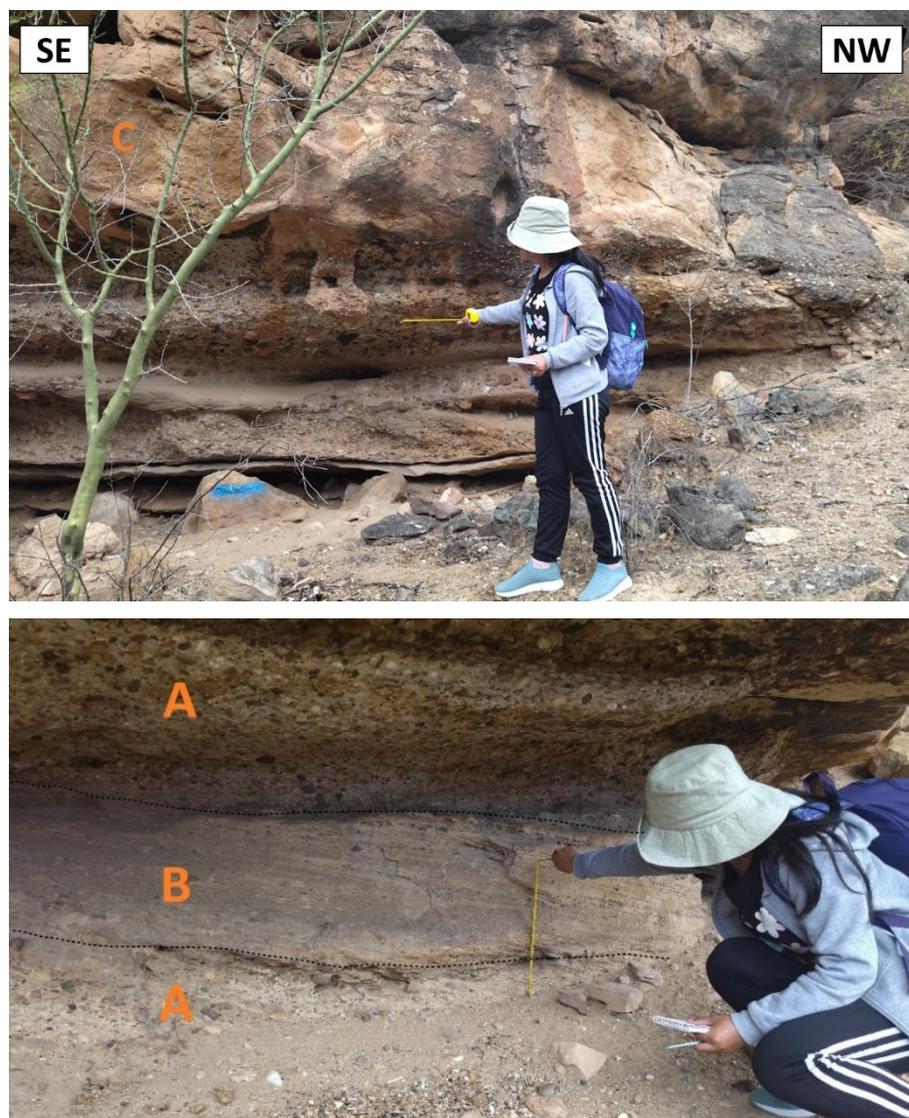


Figura N° 32: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 04. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel A, facies de arena (Sp y Sm) nivel B.

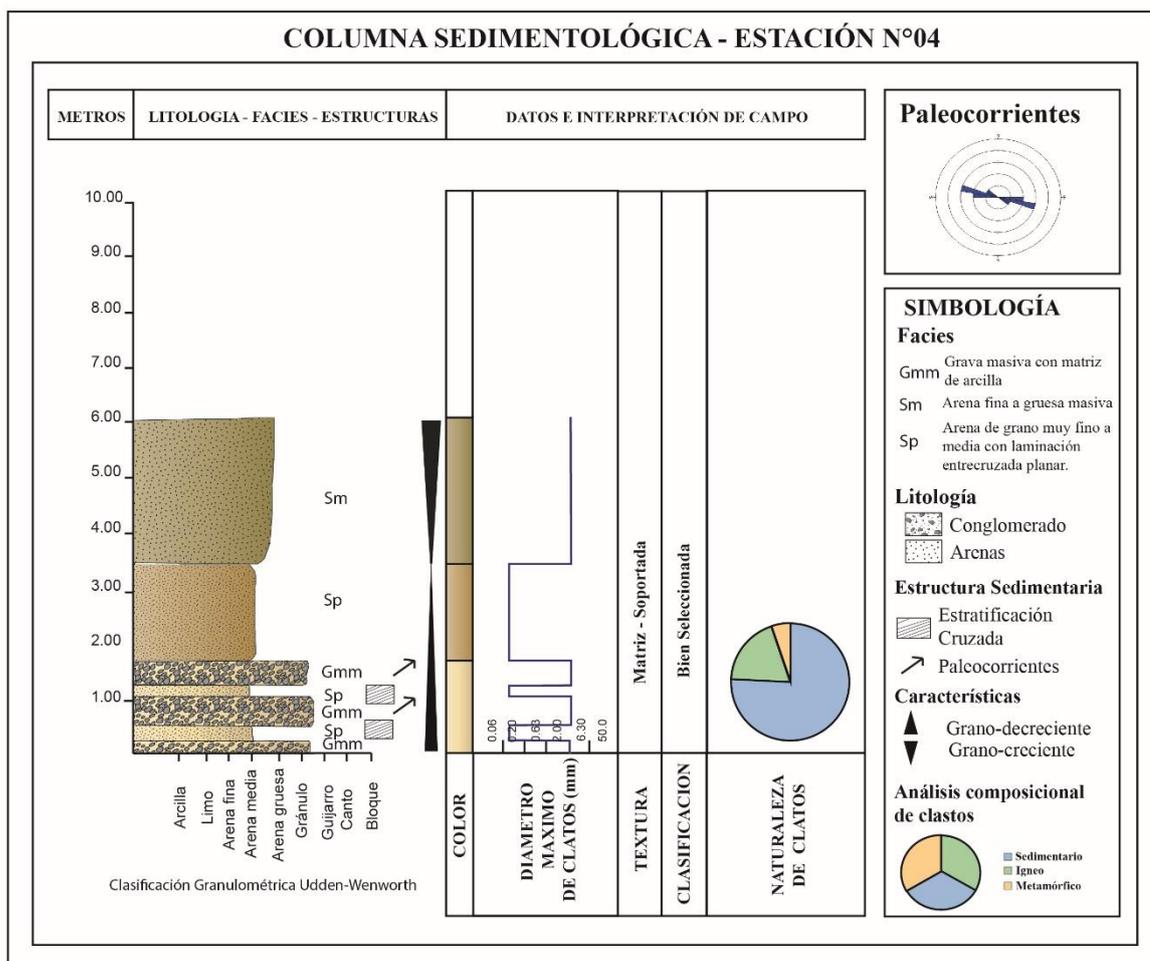


Figura N° 33: Columna sedimentológica de la estación N° 04.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

3.6.1.5. Estación Sedimentológica N° 05

El afloramiento presenta un espesor vertical de aproximadamente 8 m, se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
829 132	9 241 112	949 msnm

En la siguiente figura se puede apreciar litológicamente que está conformado en la base por un nivel A constituido por arenas de granulometría fina a gruesa con espesor máximo de 30 cm, matriz de arcillas gris amarillenta, presenta laminación entrecruzada planar. Seguido de un nivel B constituido por conglomerados, estos conglomerados presentan un espesor máximo de 50 cm. Conformado por clastos entre 1 a 10 cm de diámetro, son subangulosos de baja esfericidad; el conglomerado es polimíctico (75% sedimentario,

20% ígnea y 5% metamórfico). En cuanto a su clasificación es polimodal (varios tamaños); matriz-soportado, la matriz es de limolita con arenas color gris amarillento, pobremente seleccionada. El nivel C está conformado por arenas de granulometría fina a gruesa, matriz de arcillas gris amarillenta, presenta laminación entrecruzada planar, seguido repitiéndose intercaladamente el nivel de conglomerados y el nivel de arenas, con diferentes espesores.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de limo arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena de grano muy fino a media (Sp), con laminación entrecruzada planar.
- Arena fina a gruesa (Sm), masiva o pobremente laminada.



Figura N° 34: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 05.



Figura N° 35: Vista de los niveles descritos en la estación sedimentológica N° 05. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel B, facies de arena (Sp y Sm) nivel A y B.

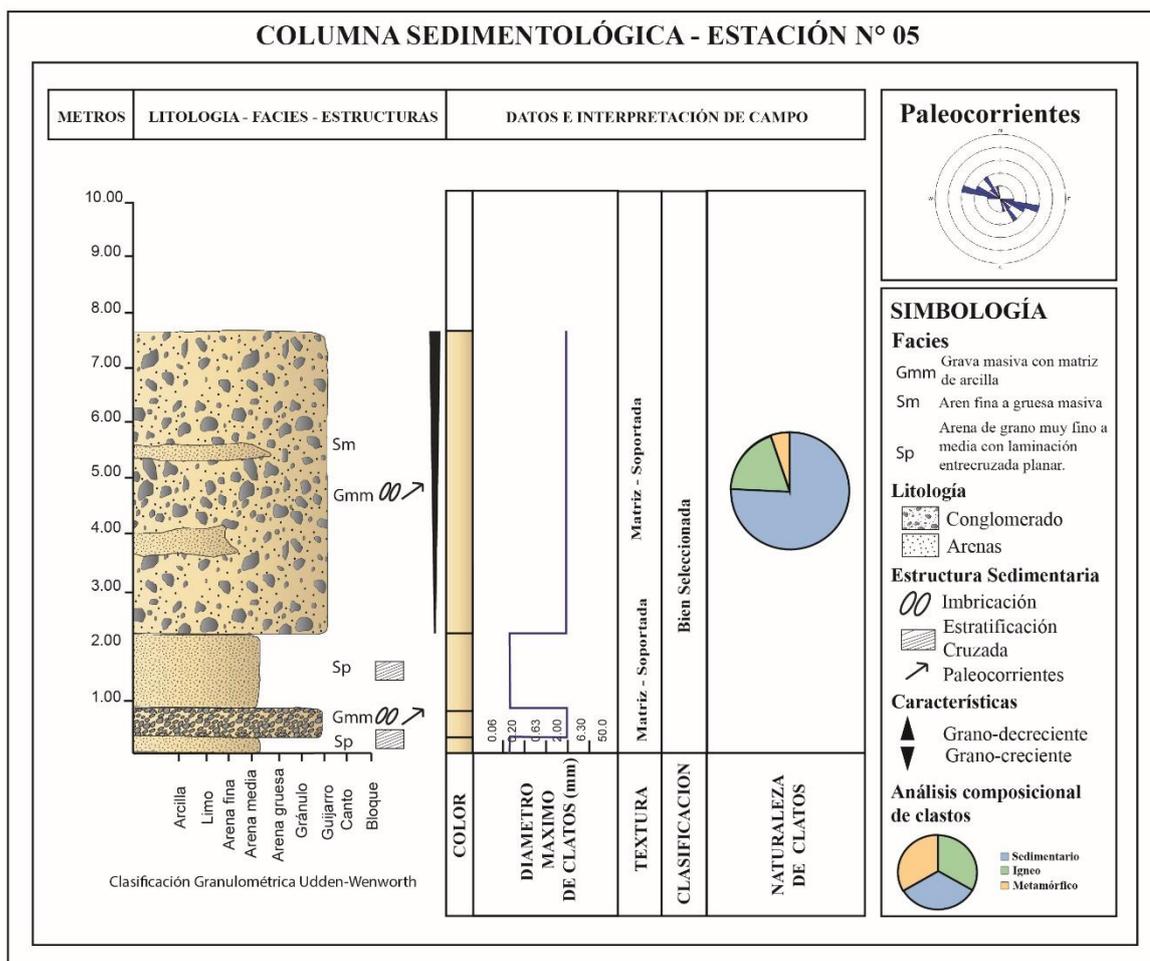


Figura N° 36: Columna sedimentológica de la estación N° 05.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

3.6.1.6. Estación Sedimentológica N° 06

El afloramiento presenta un espesor vertical de aproximadamente 5m, se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
828 547	9 241 120	948 msnm

En la siguiente figura se puede apreciar litológicamente que está conformado en la base por un nivel B constituido por conglomerados que presentan un espesor entre 10 a 60 cm, conformado por clastos entre 1 a 5 cm de diámetro, son subangulosos de mediana esfericidad; el conglomerado es polimíctico (75% sedimentario, 20% ígnea y 5% metamórfico).

En cuanto a su clasificación es polimodal (varios tamaños); matriz-soportado, la matriz es de limolita con arenas color gris amarillento, pobremente seleccionada. El nivel C está conformado por arenas de granulometría fina a gruesa con espesor máximo de 40 cm, matriz de arcillas gris amarillenta, presenta laminación entrecruzada planar con presencia de algunos clastos, seguido repitiéndose intercaladamente el nivel de conglomerados y el nivel de arenas, seguido de un nivel A constituido por arenas de granulometría fina a gruesa con espesor máximo de 50 cm, matriz de arcillas gris amarillenta, presenta laminación entrecruzada planar con diferentes espesores.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de limo arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena de grano muy fino a media (Sp), con laminación entrecruzada planar.
- Arena fina a gruesa (Sm), masiva o pobremente laminada.

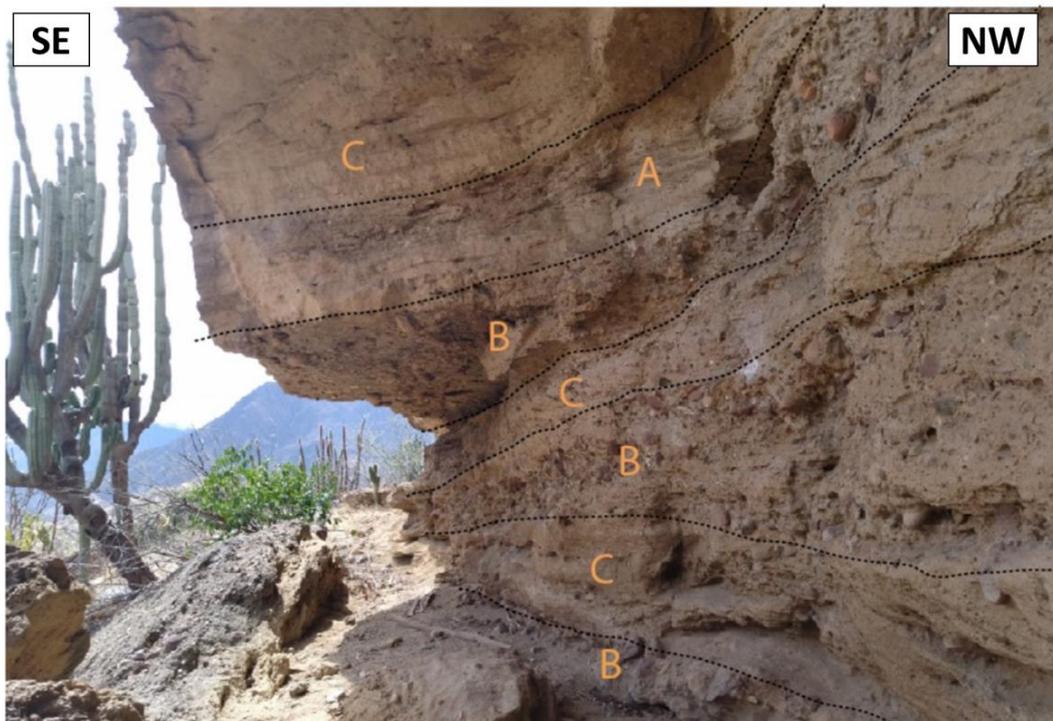


Figura N° 37: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 06. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel B, facies de arena (Sp y Sm) nivel A y B.

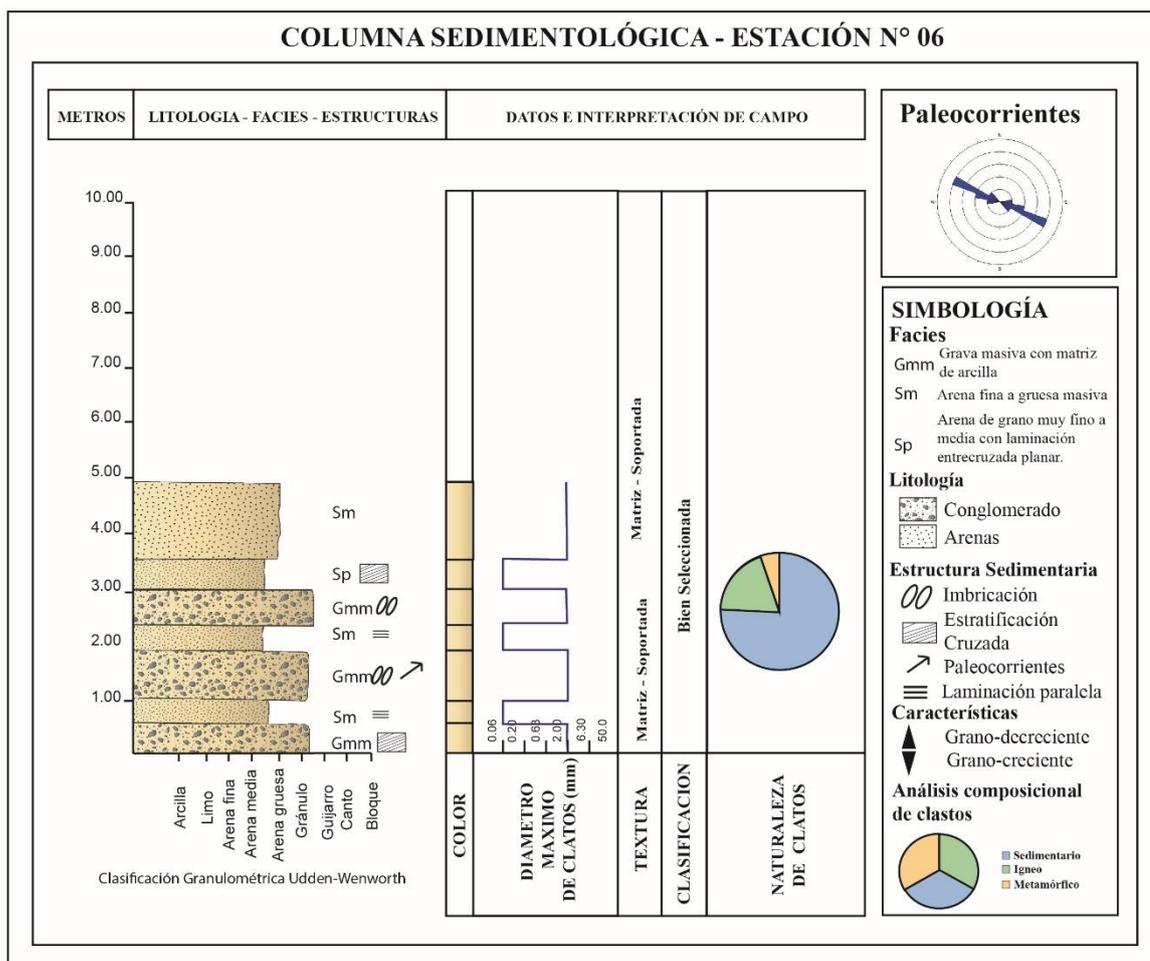


Figura N° 38: Columna sedimentológica de la estación N° 06.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

3.6.1.7. Estación Sedimentológica N° 07

El afloramiento presenta un espesor vertical de aproximadamente 6 m, se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
828 641	9 241 159	955 msnm

Litológicamente está conformado en la base conglomerados A, su espesor máximo de 1.2 m, constituidos por clastos entre 1 a 5 cm de diámetro, clastos redondeados de alta esfericidad. El conglomerado es polimíctico (75% sedimentario, 20% ígnea y 5% metamórfico). En cuanto a su clasificación es polimodal (varios tamaños), matriz-soportado, la matriz es de limo arcillita con arenas color gris amarillento, bien seleccionada.

En la zona superior B presenta arenas, su espesor máximo de 50 cm, constituido por granulometría de medio a grueso, matriz de arcillas gris amarillenta, presenta oquedades. En la parte superior un nivel C constituido por arenas de granulometría fina a gruesa con espesor máximo de 2 m, matriz de arcillas gris amarillenta, presenta laminación entrecruzada planar

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de limo arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena de grano muy fino a media (Sp), con laminación entrecruzada planar.
- Arena fina a gruesa (Ss), con bases erosivas.

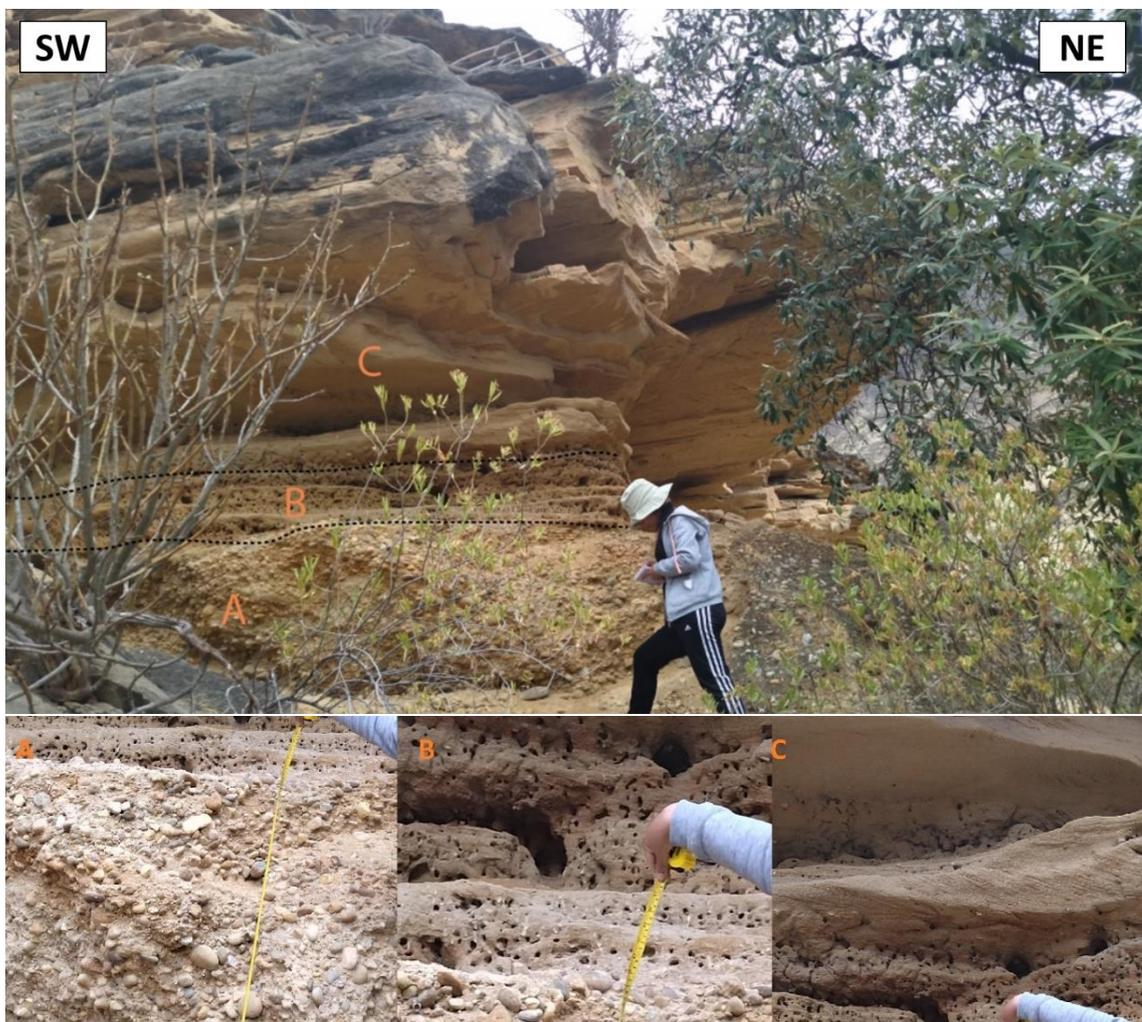


Figura N° 39: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 07. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel A, facies de arena (Sp y Ss) nivel B y C.

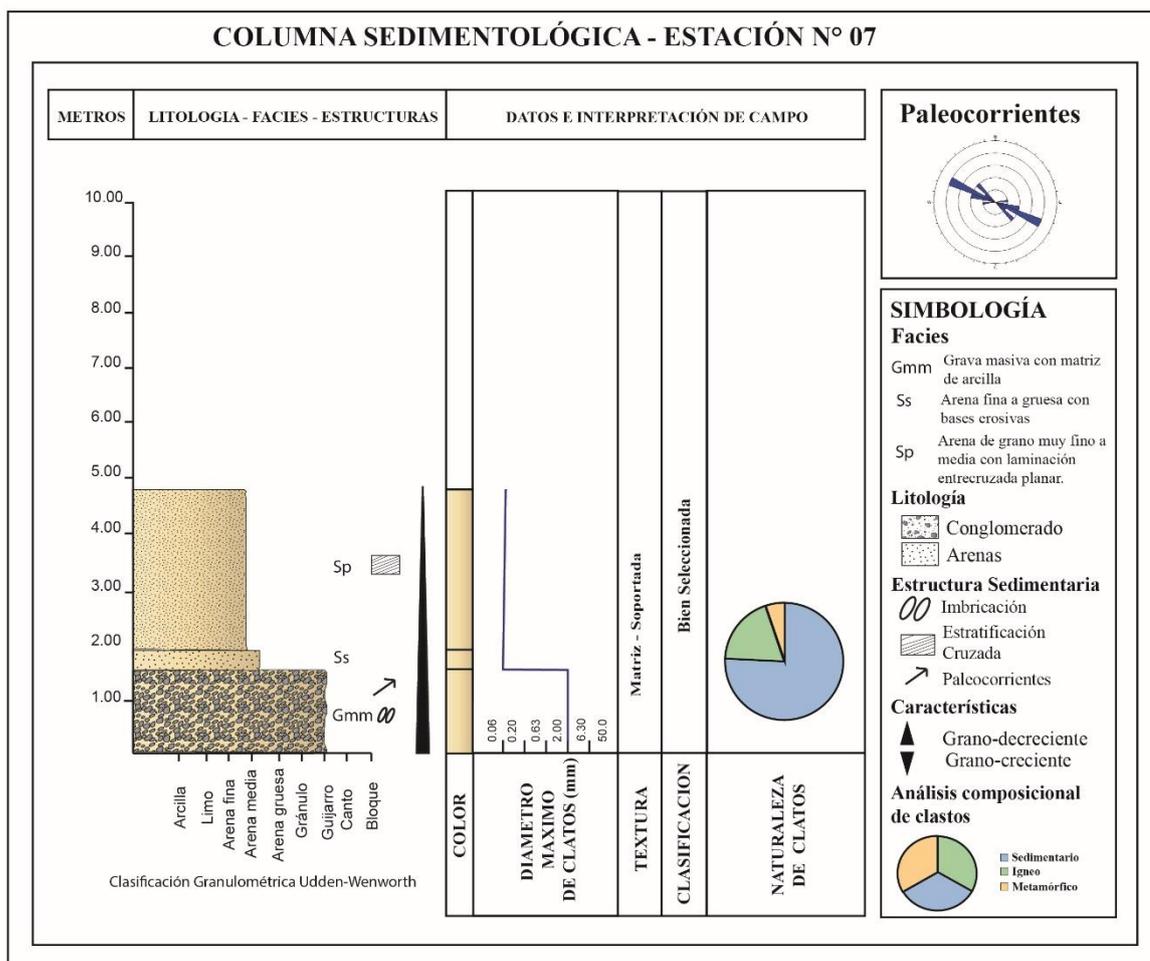


Figura N° 40: Columna sedimentológica de la estación N° 07.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

3.6.1.8. Estación Sedimentológica N° 08

El afloramiento presenta un espesor vertical de aproximadamente 5m, se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
828 354	9 241 207	960 msnm

Litológicamente está conformado en la base conglomerados A, su espesor máximo de 50 cm, constituidos por clastos entre 1 a 5 cm de diámetro, clastos redondeados. El conglomerado es polimíctico (80% sedimentario, 23% ígnea y 2% metamórfico). En cuanto a su clasificación es polimodal (varios tamaños), matriz-soportado, la matriz es de limo arcillita con arenas color gris amarillento, bien seleccionada.

En la zona superior B presenta arenas, su espesor máximo de 50 cm, constituido por granulometría de medio a grueso, matriz de arcillas gris amarillenta, estratificación masiva poco planar. En el nivel C está constituido por arenas de granulometría fina a gruesa con espesor máximo de 30 cm, matriz de arcillas gris amarillenta, presenta laminación entrecruzada planar. Los niveles se repiten en la parte superior intercaladamente.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de limo arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena de grano muy fino a media (Sp), con laminación entrecruzada planar.
- Arena fina a gruesa (Sm), masiva o pobremente laminada.

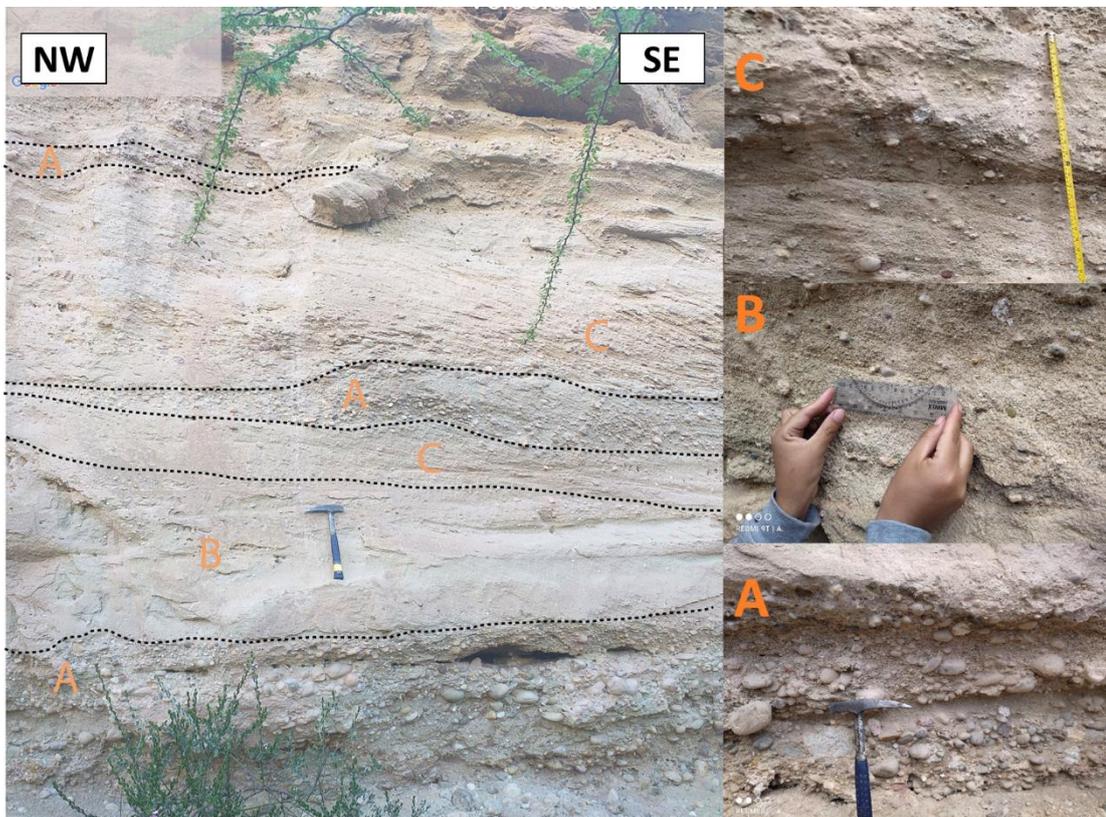


Figura N° 41: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 08. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel A, facies de arena (Sp y Sm) nivel B y C.

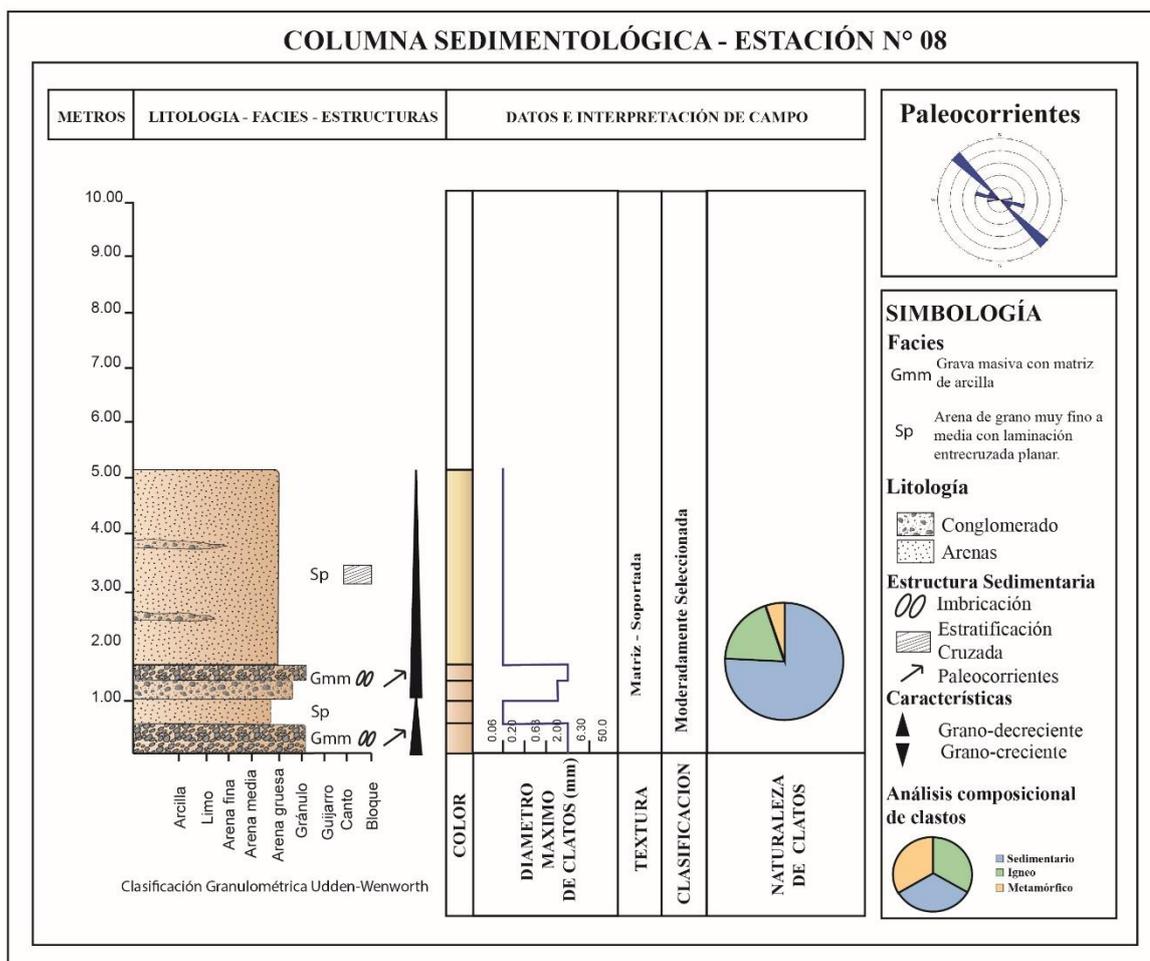


Figura N° 42: Columna sedimentológica de la estación N° 08.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

3.6.1.9. Estación Sedimentológica N° 09

El afloramiento está ubicado en el nivel de terrazas a nivel del cauce del río Marañón, se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
831 053	9 240 845	890 msnm

Litológicamente está conformado por una base de arena fina a grueso gris con tonalidad blanquecina. Un segundo nivel de conglomerados polimíctico que superpone al nivel de arenas; constituidos por clastos entre 1 a 5 cm de largo son redondeados, matriz-soportado, la matriz es de limo arcillita con arenas color gris amarillento, bien seleccionada.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de limo arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena fina a gruesa (Sm), masiva o pobremente laminada.



Figura N° 43: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 09. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel B, facies de arena (Sm) nivel A.

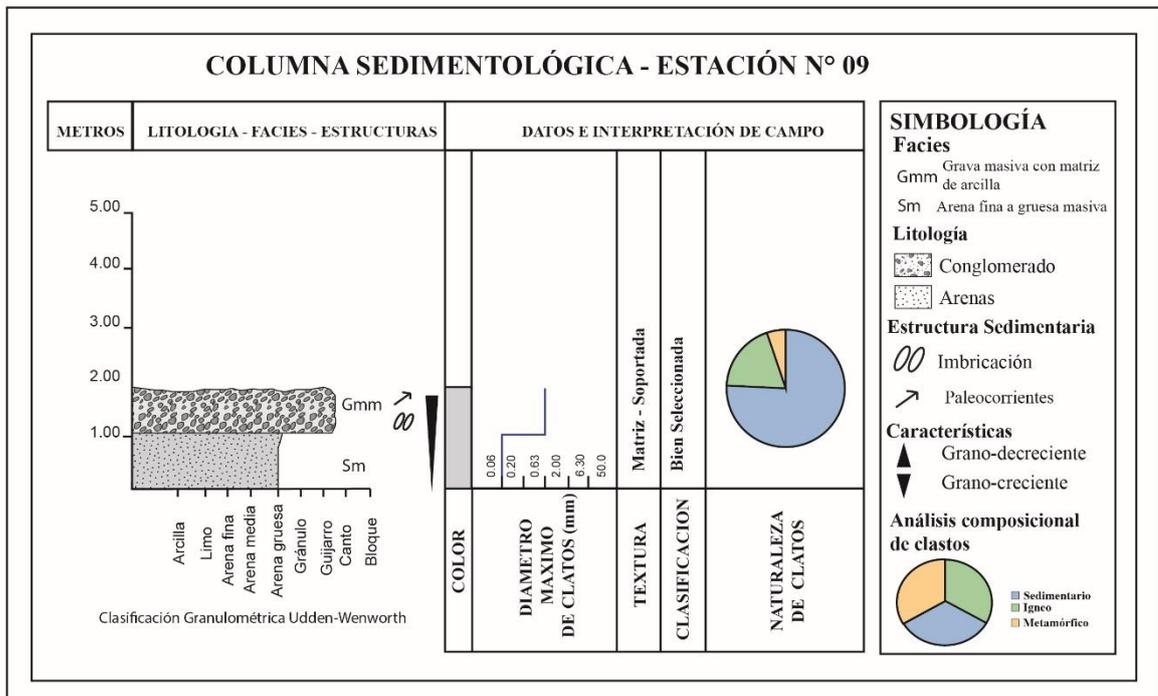


Figura N° 44: Columna sedimentológica de la estación N° 09.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

3.6.1.10. Estación Sedimentológica N° 10

El afloramiento está ubicado en el nivel de terrazas a nivel del cauce del río Marañón, se ubica en las siguientes coordenadas:

Este	Norte	Cota
829 890	9 241 595	895 msnm

Litológicamente está conformado por una base de arena fina a grueso gris con tonalidad blanquecina. Un segundo nivel de conglomerados polimíctico que superpone al nivel de arenas; constituidos por clastos entre 1 a 5 cm de largo son redondeados, matriz-soportado, la matriz es de limo arcillita con arenas color gris amarillento, bien seleccionada.

En este afloramiento se reconocieron las siguientes litofacies:

- Grava masiva con matriz de limo arcilla (Gmm), con gradación débil sin estructura sedimentaria.
- Arena fina a gruesa (Sm), masiva o pobremente laminada.

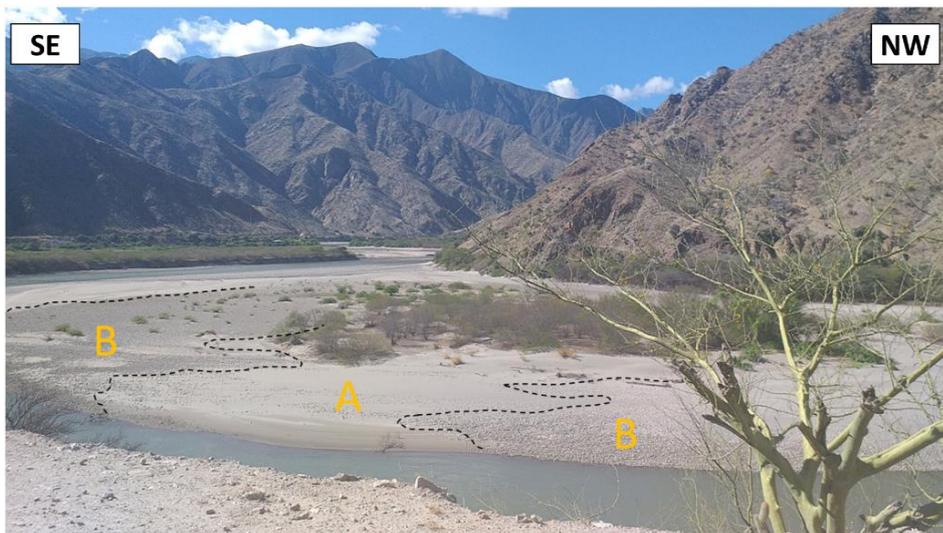


Figura N° 45: Vista del afloramiento de la estación sedimentológica N° 10. Conformados por facies de conglomerados masivos (Gmm) nivel B, facies de arena (Sm) nivel A.

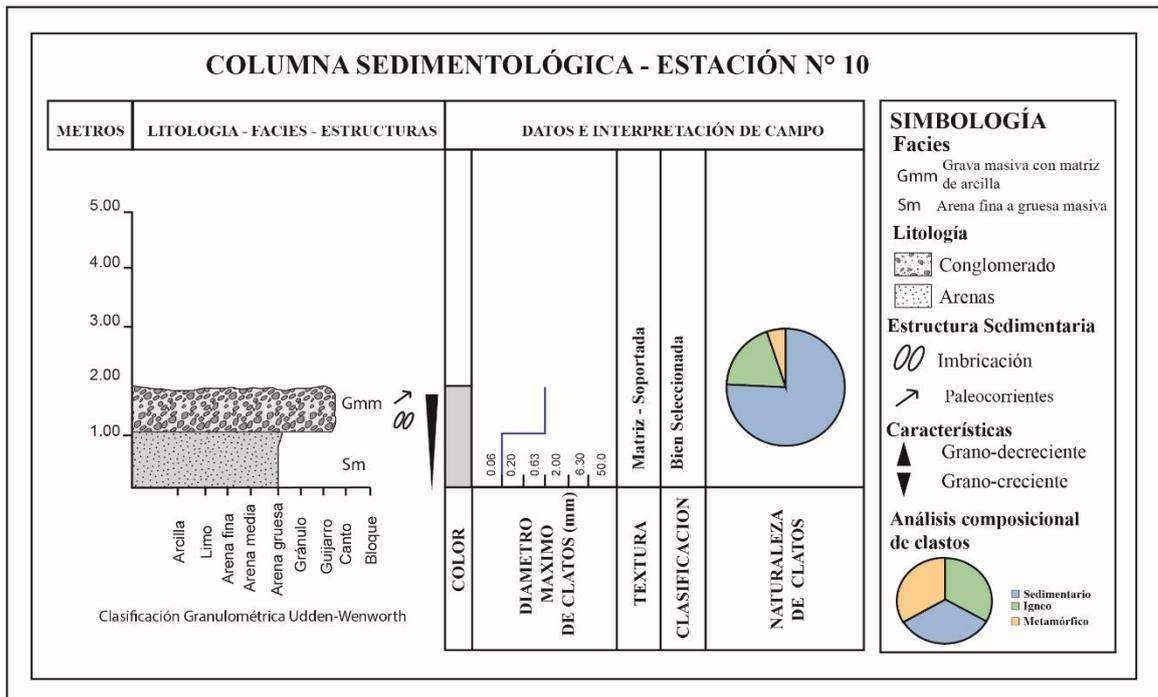


Figura N° 46: Columna sedimentológica de la estación N° 10.

Fuente: Clasificación de litofacies Miall, (1996); clasificación granulométrica de Wentworth, (1922).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis de facies se realizó a partir de la descripción detallada de las sucesiones sedimentarias observadas en los afloramientos, tomando como base el estudio de textura, selección y distribución granulométrica de cada facies. Como resultado del análisis de facies se definieron 6 facies sedimentarias en su mayoría silicoclasticas; para su clasificación se siguió los modelos clásicos de facies sedimentarias (Modificado de Miall, 2006), se procedió a la confección de un código de facies para las rocas de las unidades de los depósitos cuaternarios en las márgenes del Rio Marañón en los distritos de Utco y Balsas, el cual se compone de una letra mayúscula correspondiente al tamaño de grano y una letra minúscula que indica la estructura sedimentaria primaria.

4.1. FACIES SEDIMENTARIAS

4.1.1. Grava Masiva con Matriz de Limolita (Gmm).

Descripción: Conglomerados masivo con matriz soportado. Clastos sub redondeados a redondeados con matriz limo arcilla color gris amarillento.

Interpretación: Esta facies presenta imbricación en los clastos lo cual nos indican el transporte por corrientes de tracción (carga de fondo). Probablemente esta facies se depositó en canales fluviales con energía que migraron contralados por un transporte de carga de fondo. Se podría decir que en los periodos de más baja energía de corrientes de agua, fueron infiltrándose arenas entre los intersticios de los clastos como resultado de una selección río abajo.

La imbricación nos estaría indicando la dirección de flujo NW. En cuanto a su base erosiva de los clastos y geometría cóncava hacia arriba se interpretan como originados por canales erosivos.

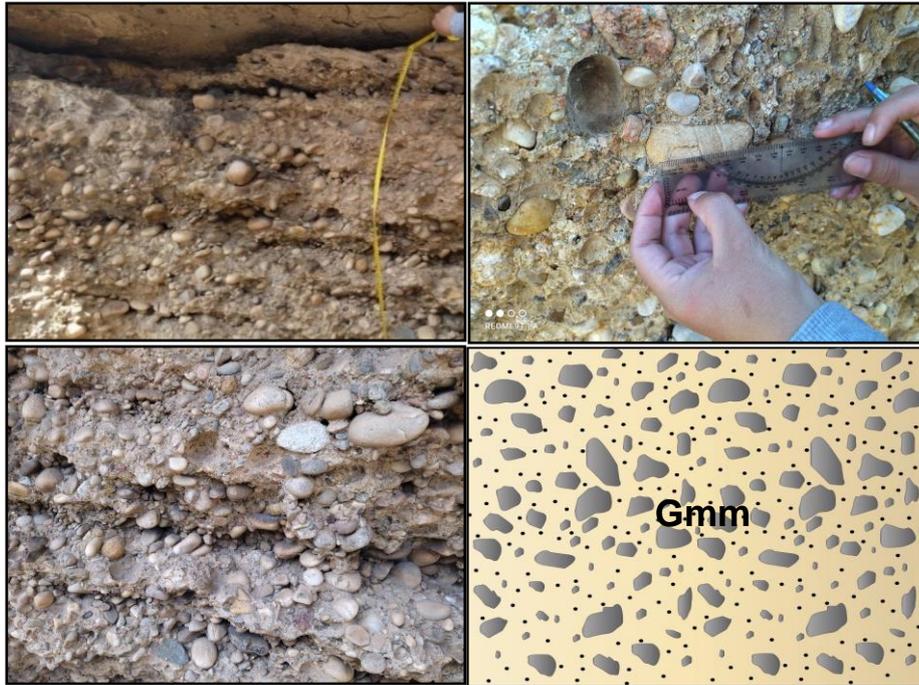


Figura N° 47: Facies de gravas masivas (Gmm).

4.1.2. Arena de Grano Muy Fino a Medio con Laminación Horizontal (Sh)

Descripción: Son cuerpos pequeños de areniscas gris amarillentas con estratificación horizontal. Compuesta principalmente por líticos sedimentarios. La superficie de laminación es no erosiva, es planar y su relación con otras capas es paralela.

Interpretación: Este depósito corresponde a un ambiente fluvial de un régimen de bajo flujo, teniendo en consideración la laminación horizontal que presenta. Se origina por velocidades de flujo bajo y baja profundidad.

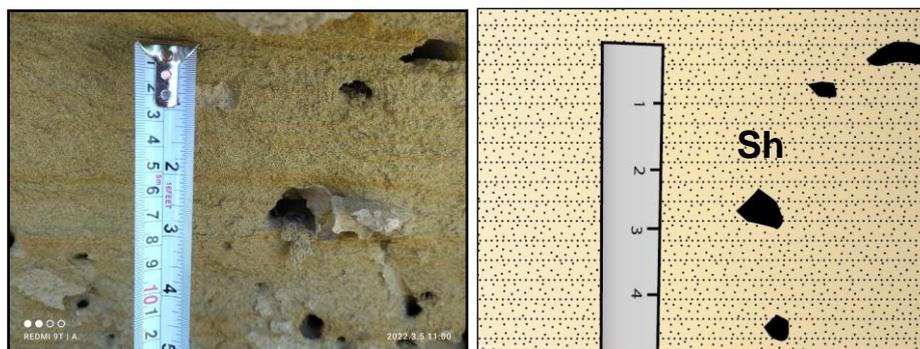


Figura N° 48: Facies de arena fina a media con laminación horizontal (Sh).

4.1.3. Arena de Grano muy Fino a Medio con Laminación Entrecruzada Planar (Sp)

Descripción: Arena de grano muy fino a medio con estructura entrecruzada planar, color gris amarillento.

Interpretación: Esta facies se forma por migración de dunas donde la arena es transportada por tracción y suspensión que corresponden a bedforms formados producto de estadios de flujos bajos.

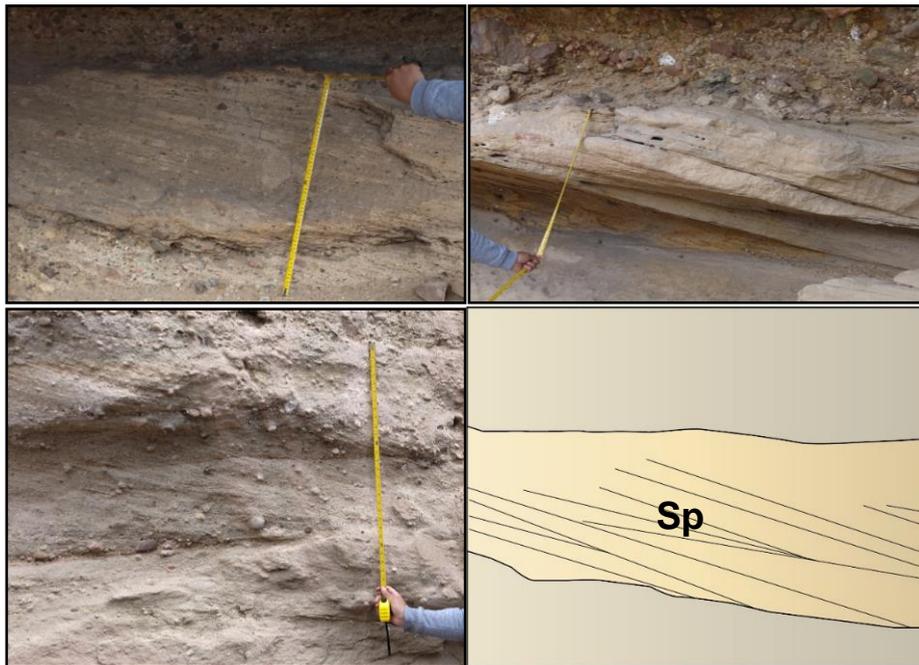


Figura N° 49: Facies de grano medio muy fino a grueso con laminación entrecruzada planar (Sp).

4.1.4. Arena Fina a Gruesa Masiva (Sm)

Descripción: Esta compuesta por arena fina a muy grueso, con matriz arcillosa. Se presenta de manera masiva, o bien con laminación horizontal difusa.

Interpretación: Esta facies corresponde a depósitos de flujo de gravedad. Son producto de la depositación de flujos no canalizados. La gradación inversa se origina por movimientos de granos más gruesos a zonas donde la fricción es baja. (Miall, 1990).

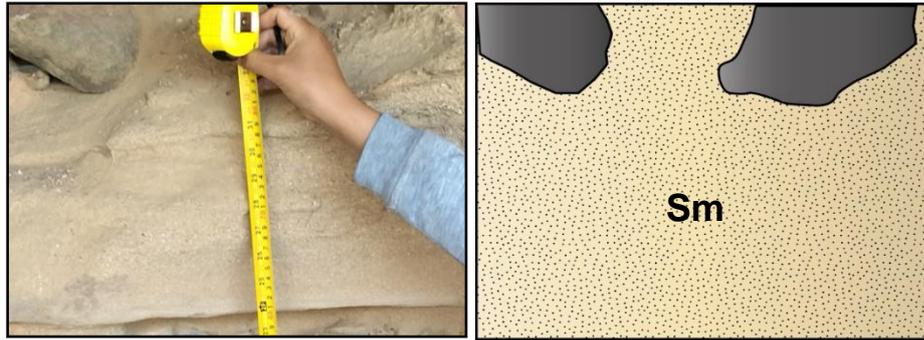


Figura N° 50: Facies de arena media a gruesa con estructura masiva (Sm).

4.1.5. Arena Fina a muy Gruesa a veces con Cantos. (Ss).

Descripción: Esta facies se presenta en niveles gris amarillentos, intercalado a las facies Gmm. Presentan cantos de diámetros 2 cm.

Interpretación: estas facies son interpretadas como canales de erosión y relleno, donde los sedimentos son transportados por corrientes de tracción. La erosión puede deberse a la avulsión del canal principal durante estadios de flujo alto o por disección de barras en condiciones de descenso de agua (Miall, 1990).

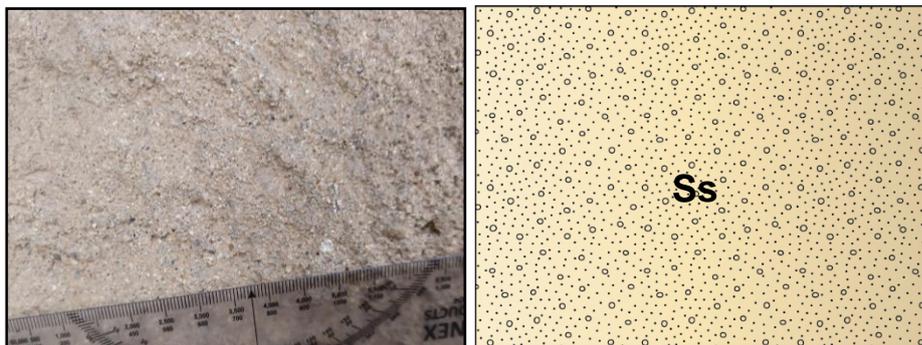


Figura N° 51: Facies de arena media a gruesa con cantos (Ss).

4.1.6. Limo, Arcilla Masiva. (Fsm).

Descripción: Esta facies se presenta en niveles gris amarillentos. Se presentan intercalados con facies arenosas y no presentan estructuras primarias.

Interpretación: estas facies se originan durante estadios de flujos bajos en canales abandonados. Se forman en áreas de planicie de inundación. Estos depósitos son transportados en suspensión y ocasionalmente en corrientes de tracción (bedload).



Figura N° 52: Facies de limo, arcilla (Fsm).

Las litofacies identificadas en campo fueron registradas con cierta ocurrencia, referente a su ubicación. Esta información permitió formar un gráfico; y así poder visualizar la frecuencia de ocurrencia dependiendo de la ubicación donde fueron encontradas. Para este gráfico no se consideró la litofacies Fsm, debido a que representa la llanura de inundación.

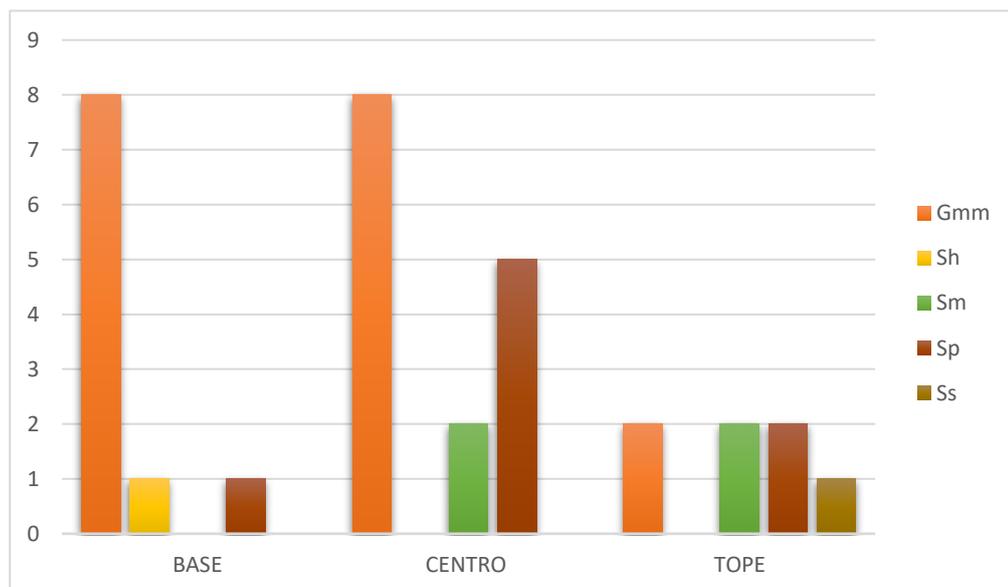


Gráfico N° 1: Histograma de frecuencia, para las diferentes facies encontradas y su ubicación.

En la base de los depósitos objeto de estudio se presenta principalmente facies de granulometrías gruesas, representadas principalmente por facies Gmm, que corresponde a gravas masivas; presentándose, pero con menor porcentaje las facies arenosas Sh y Sp. La presencia de granulometría gruesa nos permite inferir un alto nivel de energía en esta zona. También se observa estructuras sedimentarias como estratificación planar (Sh), laminación entrecruzada (Sp) y gradación débil (Gmm).

En la parte centro se presenta una frecuencia equilibrada de litofacies con granulometría gruesa representadas principalmente por facies Gmm y Sp, que corresponde a gravas masivas y arenas. Las litofacies Sm que presentan en un menor porcentaje, tiene una granulometría entre gruesa a fina. El descenso leve de granulometrías indicaría un descenso de energía. En esta zona las estructuras sedimentarias que se presentan son: laminación cruzada (Sp) y gradación débil (Gmm).

En el tope se observa litofacies con granulometrías más finas con presencia de laminación paralela, lo que se puede relacionar a flujos planares y niveles de energía bajos.

4.2. ASOCIACIÓN DE FACIES FLUVIALES

La descripción detallada de las secciones sedimentológicas realizadas nos permitió definir 6 litofacies, diferenciándose por su geometría externa y organización interna. Las litofacies se muestran en las columnas sedimentológicas de esta investigación; las cuales permiten visualizar como fue la variación vertical de los medios depositacionales. La asociación de facies se realizó utilizando la metodología de elementos arquitecturales.

Tabla N° 19. Asociación de facies del área de investigación.

Asociación de facies	Facies	Estructura sedimentaria
AF1	Gmm, Sp, Sm	Imbricación, Laminación entrecruzada planar, masiva.
AF2	Sp, Sm, Ss	Laminación entrecruzada planar, laminación horizontal, masiva.
AF3	Sh, Ssm	Laminación horizontal.
AF4	Ss, Gmm	Matriz soportada, gradación normal.
AF5	Fsm	Laminación paralela

4.2.1. Elementos Arquitecturales Fluviales

El estudio de los elementos arquitecturales nos permite interpretar en tres dimensiones y definir la evolución de los depósitos sedimentarios, proponiendo un modelo temporal de sedimentación. Para la reconstrucción se realizó el mapeo de los afloramientos representados en las columnas sedimentarias levantadas. Se identificaron los siguientes elementos arquitecturales:

4.2.1.1. Canales (CH)

Los canales están representados por facies Gmm, Sp, Sm y eventualmente por facies Fsm, el elemento CH se caracteriza por ser erosivo y de relleno sedimentario, conforman canales menores dentro de un canal principal. El límite inferior esta caracterizado por tener una superficie irregular, en la base del canal se puede observar clastos sub redondeados (Gmm) y en tope arenas finas a gruesas (Sp, Sm) lo que indica que la energía del cauce fluvial disminuye permitiendo la sedimentación de facies de arenas, cuando la energía del transporte fluvial sigue disminuyendo permite que la cantidad de carga suspendida (arcillas y limos) se deposité las facies Fsm sobre las facies ya descritas. Estos canales se encuentran en contacto y erosionando lateralmente con el elemento SB (barras arenosas).

De acuerdo con la clasificación de superficies limitantes, en este elemento de canal se han identificado superficies de segundo orden (C) que corresponde a microformas de laminación entrecruzada planar dentro de la facies Sp. Superficie de cuarto orden (A) limitando facies y quinto orden (B) limitando la base del canal con elementos de barra gravosas y arenosas.

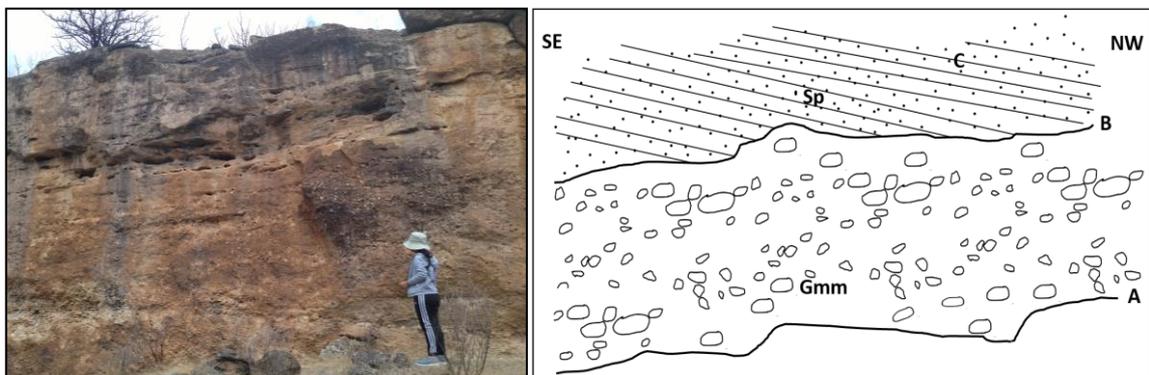


Figura N° 53: El límite de la superficie principal está indicado por la letra mayúscula (A, B y C), el elemento CH: canal mayor.

4.2.1.2. Barras Arenosas (SB)

Los elementos de barras de arena están representados por facies Sp, Sh, Ss y eventualmente por facies Sm, el elemento SB se caracteriza por ser erosivos en canales secundarios, de forma tabular o lenticular. Las barras se forman por la acción de las corrientes fluviales presenta arenas de finas a gruesas con laminación entrecruzada planar y masiva.

Se han identificado tres jerarquías de límites de superficies de primer orden (A), sets de límites de superficie de estratificación cruzada; segundo orden (B), límite entre facies Sp y Sm, indicando cambios en las condiciones de flujo.

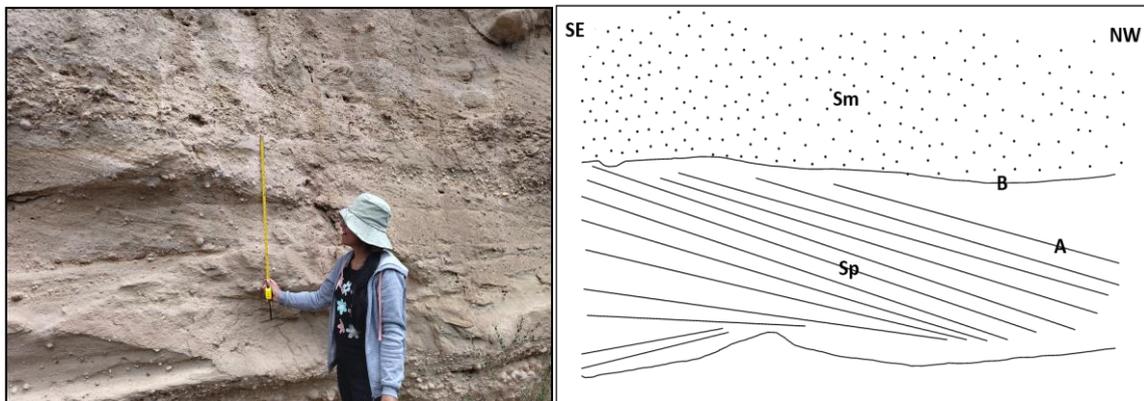


Figura N° 54: El límite de la superficie principal está indicado por la letra mayúscula.

4.2.1.3. Capas de Arenas Laminadas (SL).

El elemento de arena laminada está representado por facies Ss y Sh, el elemento SL presenta superficies de cero órdenes se forman en pocos segundos, por procesos de corrientes de tracción formando laminación en lentes arenosos. Esta caracterizado por arenas de grano fino a medio, su geometría es tabular – lenticular.

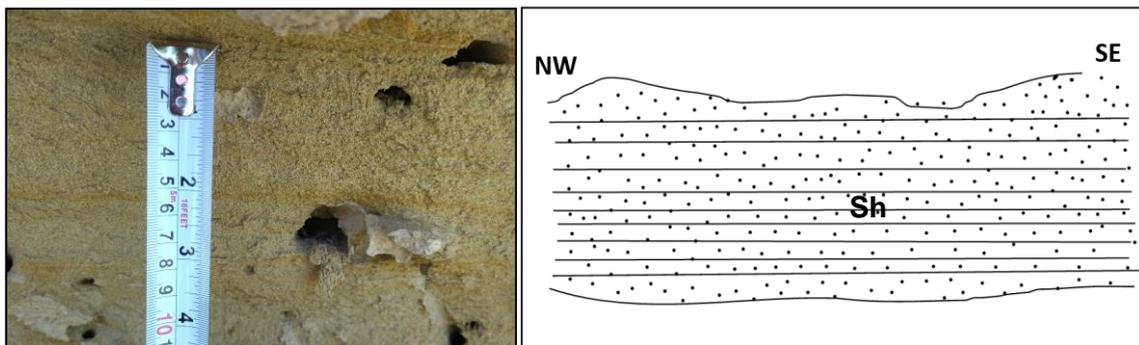


Figura N° 55: Elemento arquitectural SL.

4.2.1.4. Sedimentos de Flujo de Gravedad (SG).

El elemento flujos de gravedad de sedimentos está representado por la asociación de facies Ss y Gmm, con gravas macizas soportadas por matriz, sus bases son erosivas y afiladas; sub yacientes lechos de arena y grava, y ocurren dentro de los depósitos de canales. Los depósitos de sedimentos de flujo por gravedad indican que no son cohesivos. Su presencia en los rellenos del canal probablemente registra la estabilidad y el hundimiento del banco del canal. Se han identificado límite de superficies de segundo orden (A).



Figura N° 56: Elemento de Sedimentos de flujo de gravedad.

4.2.1.5. Planicies de Inundación (FF)

Los elementos de planicie de inundación están representados por facies Fsm, el elemento FF se llega a observar cómo lentes de lutita con algunos granos de arena; con espesores en centímetros. Se interpretan como producto de inundaciones dentro de condiciones de regímenes de alto flujo, lo que se evidencia por si intercalación con gravas y arenas. La presencia de grietas de desecación indica más tiempo de término de secado de la llanura aluvial.

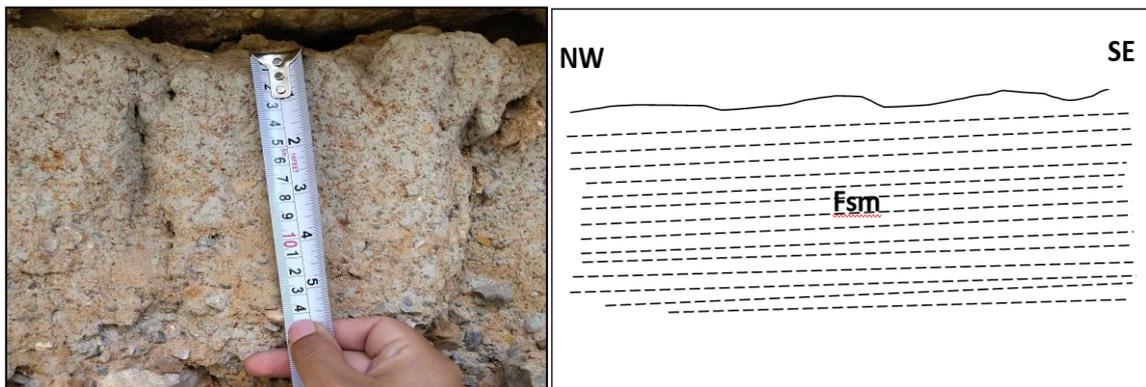


Figura N° 57: Elemento arquitectural planicie de inundación.

Las litofacies identificadas en los registros estratigráficos permitieron analizar las secuencias de formación y ambientes sedimentarios, definiendo así una arquitectura estratigráfica para los depósitos cuaternarios en el área de investigación. Para la reconstrucción se aplicó la técnica de levantamiento de secciones y mapeo.

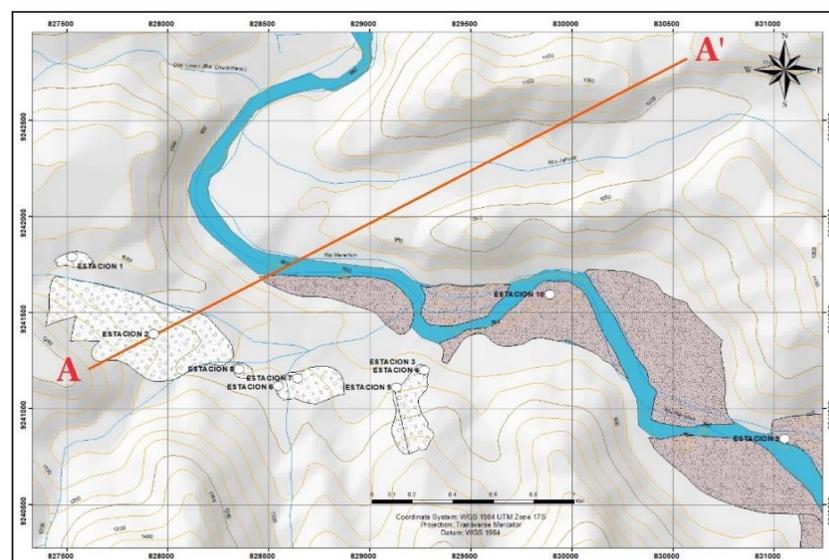
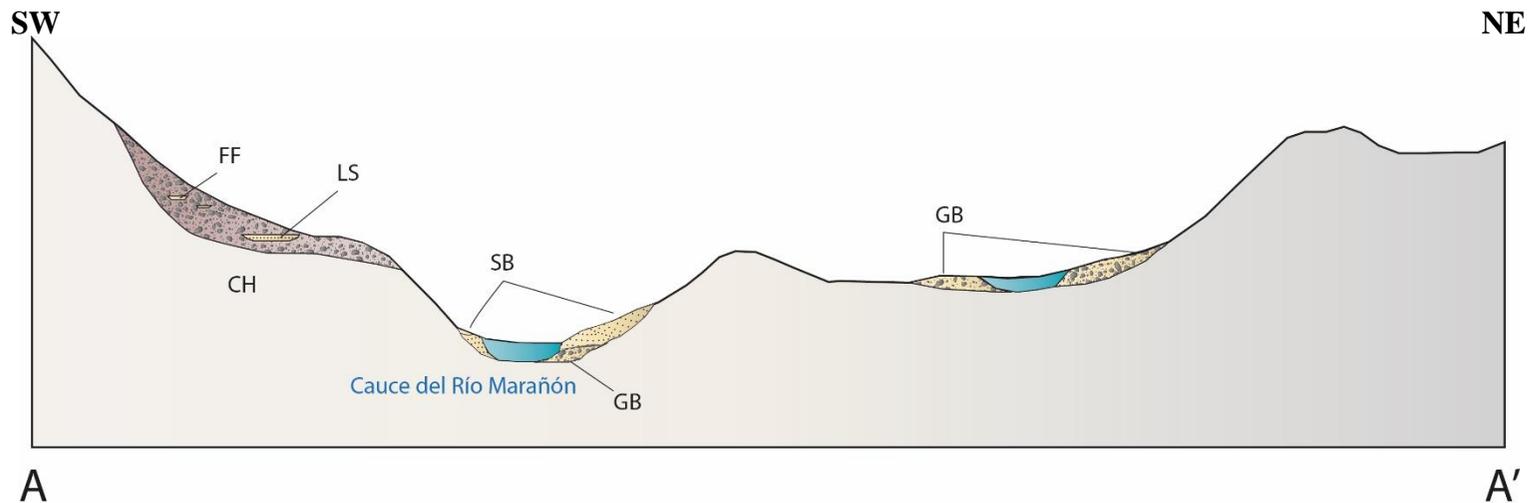
Las unidades estratigrafías aflorantes en el área de investigación están constituidas por depósitos conglomeráticos del sistema fluvial. Estos estadios conglomeráticos están superpuestos verticalmente por capas de areniscas de grano fino a medio con laminación entrecruzada y laminar.

Los elementos arquitecturales que lo conforman son CH, SB, SG, SL, FF. Los depósitos sedimentarios estudiados corresponden principalmente a una arquitectura de canales y barras arenosas como gravosas, donde se relacionan el arrastre del sedimento y la forma del canal. Estas secuencias expuestas se encuentran en la margen izquierda aguas abajo del Río Marañón cercano al centro poblado de Chacanto y se extienden lateralmente cientos de metros, donde su base se desconoce.

Se realizaron cortes de secciones donde se esquematiza los elementos arquitecturales identificados en el área de investigación. En las secciones A-A' y B-B' se observa un modelo arquitectural para ríos trenzados gravosos, arenosos con niveles de topográficos bien definidos. Para la sección A-A' los elementos arquitecturales FF (Planicies de inundación); SL (Capas de arenas laminadas), se encuentran en la zona más distal al cauce del río indicando llanuras de inundación y zonas con bajo flujo de energía.

En ambas secciones se observa los elementos arquitecturales SB (Barras arenosas); CH (Canales); GB (Barras Gravasas) que corresponde a zonas cercanas a cauce principal del río. Estos elementos se encuentran en ambos niveles de terrazas; los elementos SG (Flujos de grava) y SB (Barras arenosas) tienen mayor predominancia en el primer nivel de terraza perteneciente al actual nivel de cauce del Río Marañón.

SECCIÓN A – A



SIMBOLOGÍA

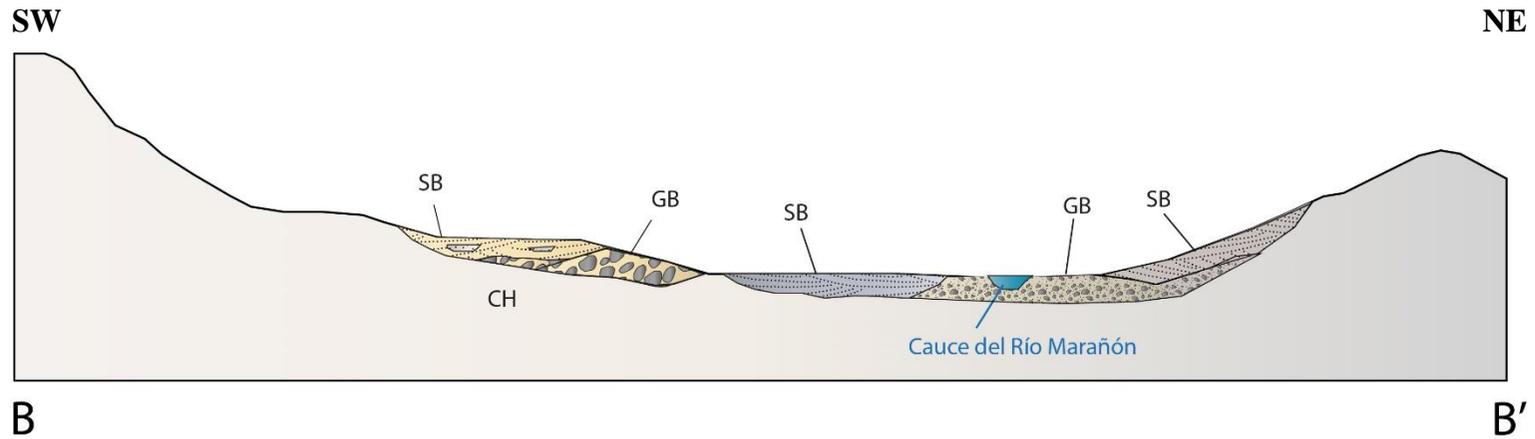
- Área de Investigación
- ~ Drenaje
- Curvas de Nivel**
- ~ Curva Nivel Menor
- ~ Curva Nivel Mayor
- Cauce del Río Marañón

Nivel de Terrazas

- Nivel 1
- Nivel 2

Figura N° 58: Sección transversal A – A'.

SECCIÓN B – B



B

B'

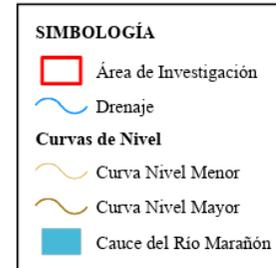
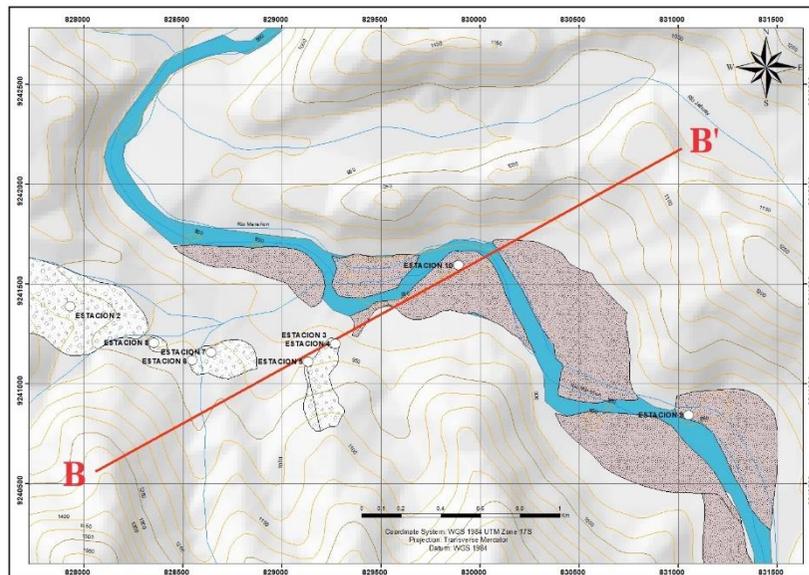


Figura N° 59: Sección transversal B – B'.

4.3. MODELO DE FACIES FLUVIALES

Según el modelo de facies y estilos fluviales realizadas por Miall (1985). Se define el modelo de facies para los depósitos cuaternarios.

Con los datos obtenidos se puede afirmar que el sistema sedimentario del área de estudio corresponde a un modelo fluvial de tipo entrelazado, de acuerdo con los datos de paleocorrientes la dirección de avance sureste a Noroeste. El sistema sedimentario está dominado por depósitos gravosos en su mayoría y niveles de arenas.

Una de las características de este estilo fluvial es que los depósitos de sedimentos de flujos de gravedad se encuentran intercalados con los depósitos de ríos de alta energía facies gravosas. Los depósitos de facies arenosas y depósitos de facies de grano fino, estas dos últimas facies representan sedimentación en regímenes de flujos bajos y en planicies de inundación.

En los afloramientos descritos se reconocieron canales principales y menores, superficies de barras y planicies de inundación. Se pueden identificar tres niveles:

- a. El primer nivel topográficamente más bajo esta constituido principalmente por canales gravosos y representados por Facies Gmm; que corresponde al elemento arquitectural SG, CH.
- b. Un segundo nivel constituido principalmente por canales y barras de arena, representados por Facies Sm, Sh, Ss, Sp; que corresponden los elementos arquitecturales SB, SL.
- c. Un tercer nivel formado por estadios de inundación representados por depósitos de Facies arcillas (Fsm), que corresponden al elemento arquitectural FF.

Los niveles topográficos referentes a cada elemento arquitectural nos indica la migración lateral, donde las facies finas que predominan hacia arriba en los depósitos de canal y los sedimentos gravosos en la base del canal, indicando una disminución ascendente de flujo, el cual es una característica muy notable en el sistema fluvial.

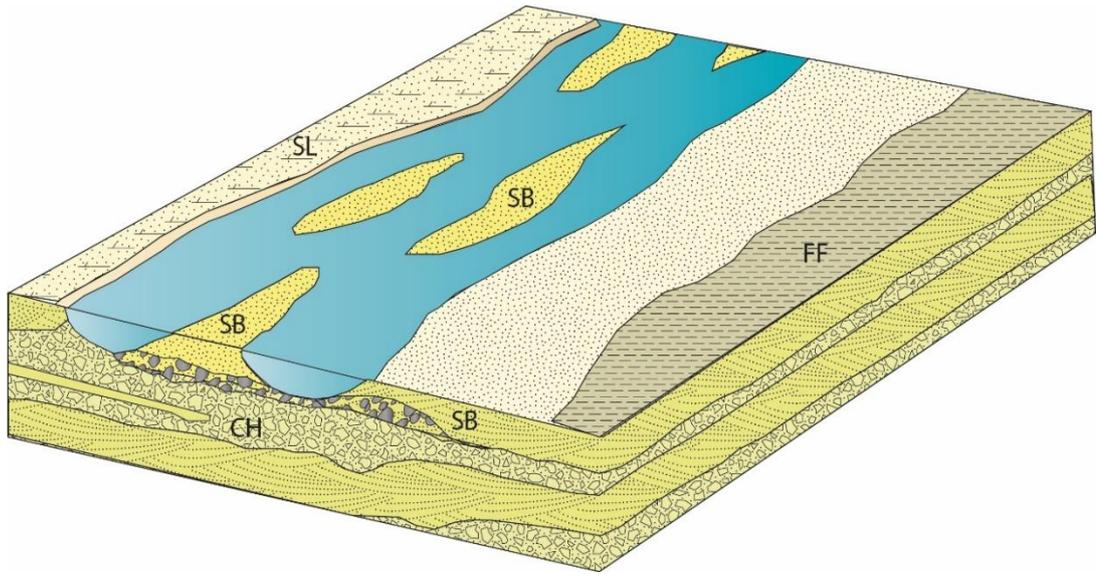


Figura N° 60: En la figura del block diagrama se observa el Modelo Arquitectural para ríos trezados gravosos y arenosos, con niveles topográficos definidos. SB (Barras arenosas), CH (Canales), FF (Planicies de inundación), SL (Capas de arenas laminadas).

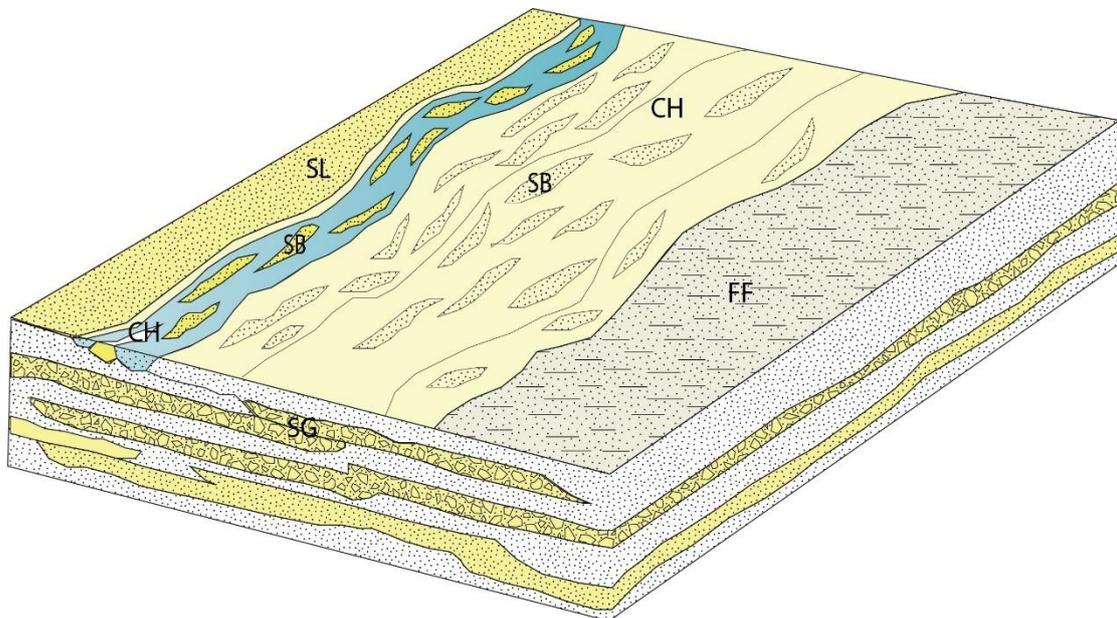


Figura N° 61: En la figura del block diagrama se observa el Modelo Arquitectural para ríos trezados, con niveles topográficos definidos. SB (Barras arenosas), CH (Canales activos y canales abandonados), FF (Planicies de inundación), SL (Capas de arenas laminadas), SG (Sedimentos de flujos de gravedad).

Los depósitos de flujo de gravedad en este estilo fluvial se intercalan con depósitos de alta energía. La presencia de canales abandonados nos indica proceso de avulsión de canales. El proceso de avulsión se define como un control sedimentario significativo en los ríos trenzados, reflejando sus efectos a gran y pequeña escala en la arquitectura estratigráfica. En el área de estudio se ve reflejada por los depósitos de carga de fondo y por una rápida agradación de canales y barras.

4.4. EVOLUCIÓN SEDIMENTARIA

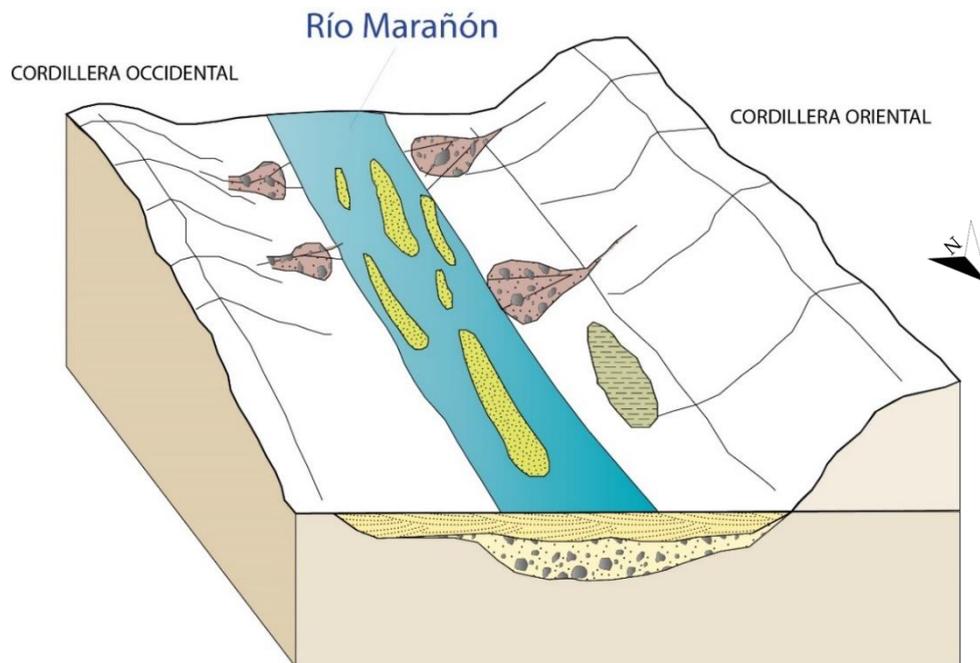
La evolución sedimentaria de los depósitos cuaternarios relacionados al sistema fluvial estuvo sujeta a procesos autogénicos, los cuales intervinieron en los cambios de forma y posición de los canales. Estos procesos corresponden a avulsión de canales, ciclos de erosión y relleno de sedimentos. Los canales gravosos y arenosos están aflorando con una gradación vertical, siendo su relleno complejo lo que refleja una multihistoria.

Los elementos arquitecturales descritos nos indican que el sistema fluvial estaría en constante migración, las facies trenzadas de mayor energía gradan a facies fluviales meandriiformes, reflejando en los niveles de terrazas que presenta; además, de las características de cada facies que se encuentran superpuestas variando de sedimentos gruesos a finos. El análisis de las columnas sedimentológicas medidas, nos permiten identificar una clara tendencia granulométrica.

La depositación inicia con la formación de canales donde los depósitos con facies Gmm y elementos arquitecturales CH (Canales) erosionaron levemente la superficie, favorecidos por las estructuras geológicas, estos canales migrarían espacialmente formando canales fluviales aislados, que gradan a potentes llanuras de inundación relacionada al elemento arquitectural FF (Planicies de inundación).

Posteriormente los sedimentos continuaron depositándose. En las temporadas de estiaje, donde el flujo es muy reducido, se originaría la infiltración de sedimento arenoso entre las gravas (matriz) y formas de lecho de arena asociado al elemento SB (Barras arenosas), cuyas facies fluviales entrenzadas representan condiciones de mayor energía mostrando una tendencia estrato y grano creciente. Los eventos de desbordamiento relacionados con elementos arquitectónicos FF y facies Sh (zonas más próximas al cauce desbordado), aunque no serían escasos, no se conservan en su mayoría debido a la gran capacidad de migración y erosión de los sistemas fluvial tipo braided.

Etapa 1



Etapa 2

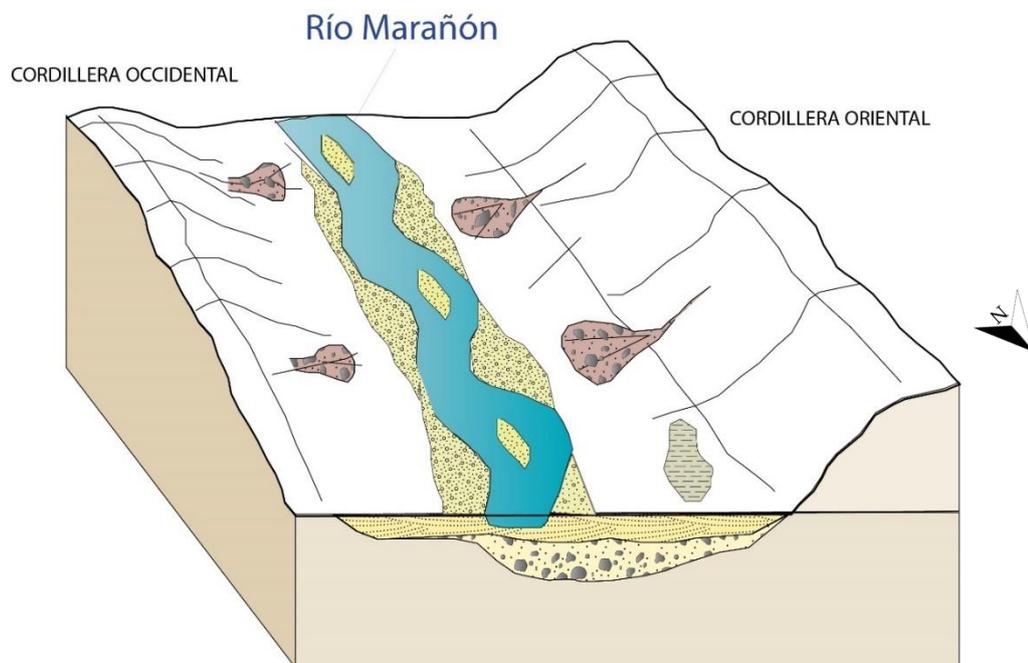


Figura N° 62: Modelo esquemático de evolución sedimentaria de los depósitos cuaternarios en el área de investigación. Etapa 1: Relleno de facies de ríos entrelazado. Etapa 2: Deposición de las facies de sistema fluvial entrelazado y meandriformes.

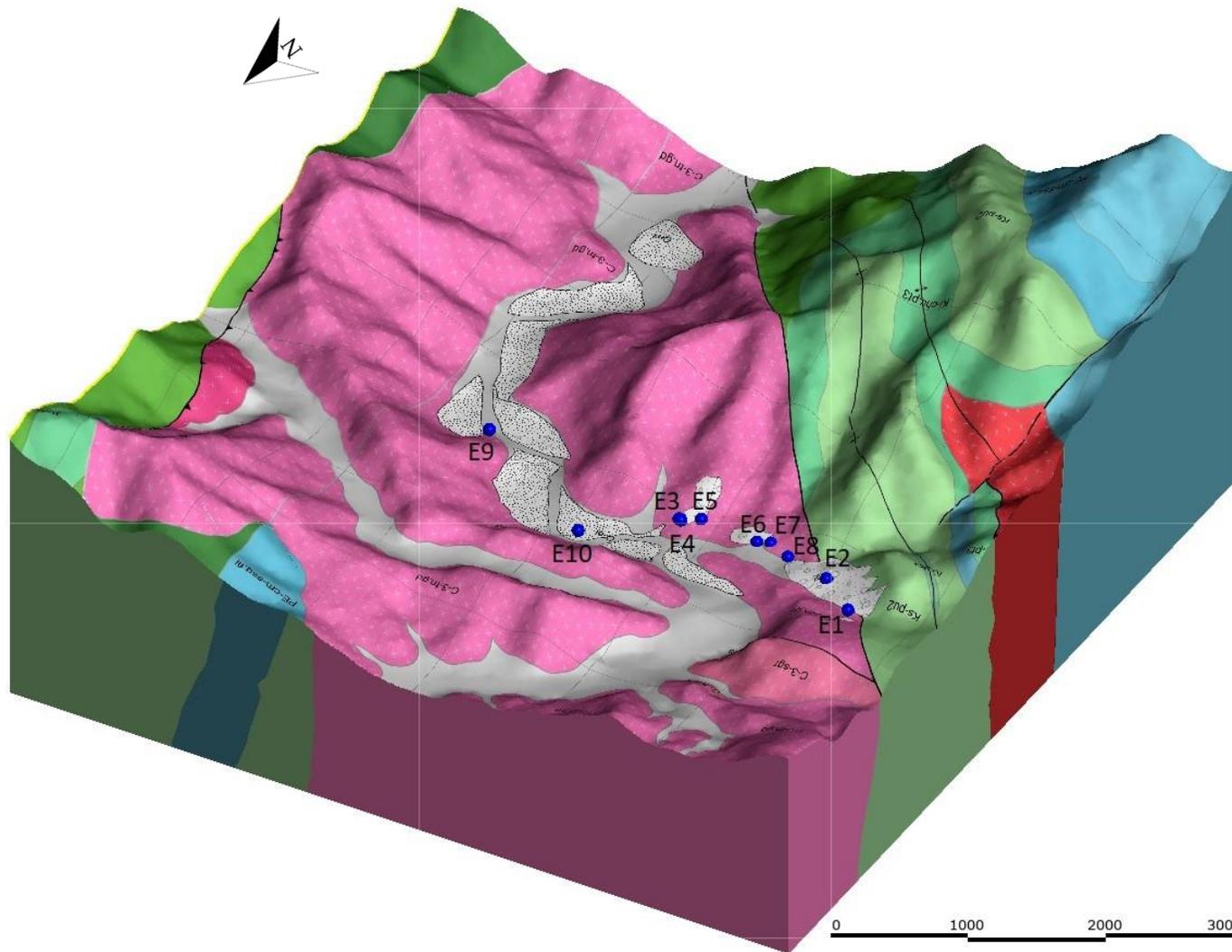


Figura N° 63: Modelo geológico actual, donde se observa la distribución actual de los Depósitos Cuaternarios en el área de investigación.

4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se corroboró con la elaboración de la investigación que la distribución de los depósitos Cuaternarios en las márgenes del Río Marañón en Utco y Balsas, está determinada por cinco asociaciones de litofacies como gravas, arenas, limos, en su mayoría granulometrías gruesas; que conforman sedimentos pertenecientes a depósitos coluvio - aluvial y fluviales, que han sido depositados por el aporte de la erosión y meteorización de los substratos sedimentarios e ígneos, acompañado por los procesos de geodinámica externa revelada por huellas asentadas en las texturas, estructuras, secuencias, elementos arquitecturales y morfología de las terrazas que evolucionaron en miles de años confirmando la hipótesis planteada en la presente investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se elaboraron diez columnas sedimentológicas de los depósitos Cuaternarios en las márgenes del río marañón en los distritos de Utco y Balsas, identificándose 6 facies sedimentarias de acuerdo a su granulometría tomando en cuenta la clasificación de Wentworth, (1922) y las características de texturas, estructuras y geometría externa de los sedimentos: grava masiva con matriz de limolita (Gmm), arena de grano muy fino a medio con laminación planar (Sh), arena de grano muy fino a media con estructura entrecruzada planar (Sp), arena fina a gruesa masiva (Sm), arena fina a muy gruesa a veces con cantos. (Ss), limo, arcilla masiva. (Fsm).

Con los datos de paleocorrientes se determinó una dirección preferente NW y NE, lo que indica una tendencia hacia el Norte, pero una dirección de corriente migrante.

Se realizó el análisis de facies sedimentarias, para ello se estableció un ordenamiento que incluyen: litofacies, elementos arquitecturales y superficies limitantes; identificando 5 asociaciones de facies conformadas por siguientes elementos arquitecturales: Canales (CH), Barras arenosas (SB), Planicies de inundación (FF), Capas de arenas laminadas (SL), Sedimentos de flujo de gravedad (SG). De acuerdo con la asociación de facies sedimentarias se determinó que el sistema fluvial corresponde al sistema tipo trenzado o braided.

La evolución sedimentaria de los depósitos Cuaternarios en las márgenes del río marañón en los distritos de Utco y Balsas consta de tres niveles sedimentarios de formación, el primer nivel estaría sujeto a facies Gmm y elementos CH y SG, el segundo nivel a depósitos de canales y barras arenosas; como tercera etapa a temporadas de estiaje a elemento FF. Lo cual corresponde a un sistema fluvial que estaría en constante migración, las facies fluviales trenzadas de mayor energía gradan a facies fluviales meandriformes.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los investigadores interesados en la rama de la sedimentología y estratigrafía, realizar estudios de microscopía, en los niveles de terrazas del Río Marañón, con la finalidad de dar a conocer el área de procedencia de los sedimentos.

Se recomienda a los tesisistas de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (EAPIG), realizar estudios de cartografiado geológico en afloramientos que pertenezcan a la cuenca de Río Marañón, para recopilar información de sedimentación y comprender el ambiente de formación a nivel de escala regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arche, A. 2010. Sedimentología del proceso físico de la cuenca sedimentaria. Madrid, España, Gráficas Blanco, S. L. 1290p.
- Ayala, L.; Hilares, C.; Medina, A. 2012. Evolución sedimentaria de los depósitos de debris flow y sheetflood en la ciudad de Huancayo, Departamento de Junín, Perú. Lima, Perú. 6p.
- Benavides, V. 1956. Cretaceous system in northern Peru (Doctoral Thesis, Faculty of Pure Science, Columbia University). Bulletin American Museum of Natural History, 108(4): 353-494.
- Cheel, R. 2005. Introduction to Clastic Sedimentology. Department of Earth Sciences Brock University. Ontario, Canadá. 134p.
- Compton, R. 1962., Manual of Field Geology, Nova York.
- Cuevas, O. 2017. Análisis de los depósitos sedimentarios terciarios - cuaternarios en el área de Quintero-Placilla (~33°s) y sus implicancias paleogeográficas. Memoria para optar al título de geólogo. Santiago de Chile, Universidad de Chile. Chile.138p.
- Dávila, J. 2011. Diccionario geológico. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima, Perú. 901p.
- Einsele, G. 2000. Sedimentary basins evolution, facies and sediment. New York, Estados Unidos, Budget. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 795p.
- Giroux, M. 2019. Estratigrafía de los depósitos Neógenos - Cuaternarios y su relación con la evolución de la Cordillera de la costa, en la zona comprendida entre Valdivia y La Unión, entre los 39°51's y los 40°21's, región de los Ríos, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Concepción, Chile, Universidad de Concepción. 66p.
- Gressly, A. 1838. Observations géologiques sur le Jura soleurois: Nouveaux mémoires de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, Neuchâtel, v. 2, 349 p
- Miall, A., 1977. A review of the braided river depositional environment: Earth-Science Reviews, v. 13, p. 1-62.

- Miall, A. 1985. Architectural - Element Analysis: A new Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. *Earth-Science Reviews*, 22, 261-30p
- Miall, A. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Berlin: Springer Verlag.
- Miall, A. 2006. *The Geology of Fluvial Deposits, Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer. 575p
- Miall, A. 2014. *The Fluvial Depositacional Systems*. Springer. 634p
- Middleton, G. 1973. Johannes Walter's Law of Correlation of Facies. *Geol. Soc. Am. Bull.* (84), 979-988
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Second edition, Willey Blackwell. Reino Unido. 432p.
- Pettijohn, F., Potter, P., & Siever, R. 1973. *Sand and Sandstones*. Springer-Verlag. Berlín, v. 275, 607- 608p.
- Pettijohn, J. 1975. *Sedimentary rocks*. New York: Harper. Mange, M., & Maurer, H. 1992. *Heavy Mineral in Colour*. New York: Chapman & Hall-First edition. 631p.
- Powers, M. 1953. A New Roundness Scale for Sedimentary Particles. *Journal of sedimentay petrology*, VOL. 23, No. 2, Pp. 117 119
- Puy, M. 2006. *Caracterización de Facies, Ambientes sedimentarios y procesos de depósito de la sucesión volcanosedimentaria el Coyote, Baja California Sur, México*. La Paz: Instituto Politécnico Nacional. México. 253p.
- Reading, H. 1996. *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Wiley Blackwell, 704p.
- Reineck, H.; Wunderlich, F. 1968. Classification and Origin of Flaser and Lenticular Bedding. *Sedimentology*, 11(1-2), 99-104.
- Reineck, H. Singh, I. B. 1973. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag. 439 p.

- Rodríguez, R. 2016. Método de Investigación Geológico-Geotécnico para el Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos. Zona Ronquillo-Corisorgona. Cajamarca-Perú. Lima, Perú. Tesis de Maestría en Geología-Mención Geotecnia. UNMSM.
- Rust, B. 1978: A classification of alluvial channel systems. En A.D. Miall (ed.), *Fluvial Sedimentology*. Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5, 187-19
- Schumm, S; Khan, H. 1972. Experimental study of channel patterns. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83, 1755-1770.
- Sánchez, A. 1995. Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 56, 287 p.
- Sánchez, A. 2006. Las rocas graníticas y la mineralización aurífera asociada, en la Cordillera Oriental del norte del Perú, 6° 30' - 7° 30'. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 9, N° 17, 19-2. 11p.*
- Selley, R. 1970. *Ancient Sedimentary Environments*. Chapman Hall. In: Arche, A. 2010. *Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid, España: Gráficas Blanco, S.L.
- SENAMHI, 2021. *Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática del Perú*. 70p.
- Tafur, I. 1950. Nota preliminar de la geología del valle de Cajamarca, Perú (una contribución a la geología peruana). Tesis doctoral, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 56 p.
- Tafur, L. 2022. Petrografía de la Formación Chota en el Tramo de la Carretera PE-3N1+413km a 1+410km del Distrito de Chota. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Geólogo de la Universidad Nacional de Cajamarca. 127 p.
- Tucker, M. 2003. *Sedimentary Rocks in the Field*. 3ra ed., Issue. John Wiley & Sons Ltd.

- Viveen, W.; Sanjurjo, J.; Baby, P. et al., 2021 An assessment of competing factors for fluvial incision: An example of the late Quaternary exorheic Moyobamba basin, Peruvian Subandes, *Global and Planetary Change*. *Global and Planetary Change* <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103476>.
- Wentworth, C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*. 30, 377,392p.
- Wilson, J.; Reyes, L. 1964. Geología del cuadrángulo de Pataz (Hoja 16-h). Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín 9, 91p.
- Wilson, J. 1984. Geología - Cuadrángulo de Jayanca – Incahuasi – Cutervo Chiclayo – Chongoyape – Chota – Celendín - Paca. Serie A: Carta Geológica Nacional - Boletín A 38. INGENMET. Perú, Lima. 121p.

ANEXOS

A. PLANOS

Plano 01: Plano de Ubicación del Área de Investigación.

Plano 02: Modelo Digital de Elevaciones.

Plano 03: Plano de Unidades Morfogenéticas.

Plano 04: Plano Geológico.

Plano 05: Plano de Estaciones Sedimentológicas.