

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE CUENCA SEDIMENTARIA DE LA
FORMACIÓN CASAPALCA, ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUITUCANCHA Y
USIBAMBA – JUNIN**

PRESENTADO POR:

Br. HUACHACA CHIPANE, CLEBER

Br. MAMANI QUISPE, ELIZABETH

ROSARIO

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

ASESOR:

MGT. ING. JOSE CARLOS RAMIREZ PRADA

CUSCO - PER—

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD
(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación/tesis titulado: ESTUDIO DE LA EVOLUCION DE CUENCA SEDIMENTARIA DE LA FORMACION CASAPALCA ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUTUCANCHA Y USIBAMBA - JUNIN presentado por: CLEBER HUDCHACA CHIDANE con Nro. de DNI: 48366507, y: ELIZABETH ROSARIO MAMANI QUISPE con Nro. de DNI: 75452464, para optar el título profesional/grado de INGENIERO GEOLOSO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6º del reglamento para uso de sistema Antiplagio de la UNSAAC y de la evolución de originalidad se tiene un porcentaje de 8%

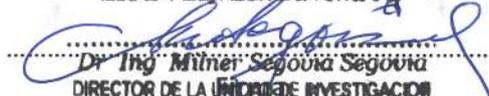
Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del Sistema Anti plagio.

Cusco, 24 de SETIEMBRE del 2024

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA
MINAS Y METALÚRGICA UNSAAC


Dr. Ing. Milner Segovia Segovia
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION

Post firma MILNER SEGOVIA SEGOVIA

Nro. De DNI 23815063

ORCID del Asesor 0000-0002-2281-748X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio oid: 27259: 384803650

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE CUENCA
SEDIMENTARIA DE LA FORMACIÓN CAS
APALCA, ENTRE LAS LOCALIDADES DE
S**

AUTOR

ELIZABETH MAMANI

RECUENTO DE PALABRAS

44760 Words

RECUENTO DE CARACTERES

254590 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

151 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

40.8MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 24, 2024 10:18 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 24, 2024 10:20 AM GMT-5

● 8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente



AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento a:

*La Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), nuestra alma mater.
A la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por todas las experiencias y conocimientos de calidad brindados.*

Al Ingeniero José Carlos Ramírez Prada, nuestro asesor de tesis, y por su apoyo en la elaboración y corrección del mismo.

Al Ingeniero Rildo Rodríguez por su asesoría durante la revisión y corrección de esta tesis, así como al Ingeniero Javier Jacay, por sus aportes y observaciones.

A amigos y colegas del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Dante Soberón, Luis Coba, Jovita Soaña, Briant García e Ingrid Orosco, por su apoyo, por las discusiones y aportes académicos.

A la Doctora María Mayssa Vega Guzmán por su apoyo y correcciones durante la elaboración de las interpretaciones de la tesis.

En fin, a todas las personas y amigos que aportaron en el proceso de elaboración de esta tesis, a todos... ¡Muchas Gracias!

Cleber y Elizabeth



DEDICATORIAS

A mis padres Crispín y Silveria por su entrega absoluta y apoyo incondicional durante mi formación profesional, y por sus recomendaciones y palabras de aliento en cada momento complicado. A mis tres hermanos y mis cuatro hermanas, por el cariño inmenso y apoyo constante que me brindan en todo tiempo. A mi esposa Noemí, por ser mi amiga y fiel compañera, y por su amor sincero e incondicional.

Cleber

Dedicar la presente tesis a mis queridos padres Eduardo y Rosalía, hermanas Yessica y Yussara y sobrino Yuberly, por ser el principal motor en mi vida; por acompañarme y orientarme en todo momento, por invertir en mi profesión y por apostar por mí. A mis pequeños preciosos, por estar conmigo incondicionalmente, alegrando mis días con sus ocurrencias.

Elizabeth



INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS	II
RESUMEN	V
ABSTRAC.....	VI

INTRODUCCION.....	1
-------------------	---

CAPITULO I

1 ASPECTOS GENERALES	2
1.1 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN	3
1.2 ACCESIBILIDAD	3
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA	6
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.6 OBJETIVOS	7
1.7 ANTECEDENTES	8
1.8 HIPÓTESIS.....	10
1.9 VARIABLES DE LA INVESTIGACION	11
1.9.1 Variables independientes	11
1.9.2 Variables dependientes	11
1.10 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	11
1.10.1 Metodología de Investigación	11
1.10.2 Procedimientos y Técnicas.....	12

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	14
2.1 MARCO GEOMORFOLOGICO.....	15
2.1.1 Generalidades.....	15
2.1.2 Unidades geomorfológicas	15
2.1.3 Clima	27
2.1.4 Vegetación	28
2.1.5 Hidrografía.....	29
2.2 MARCO GEOTECTONICO	32
2.2.1 Generalidades.....	32
2.2.2 Dominios geotectónicos	32
2.3 MARCO GEOLOGICO REGIONAL.....	35
2.3.1 GENERALIDADES.....	35
2.3.2 ESTRATIGRAFÍA.....	35
2.3.3 ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCANICOS	56
2.4 MARCO ESTRUCTURAL	60
2.4.1 GENERALIDADES.....	60
2.4.2 DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS POR SUBDOMINIOS	60

CAPITULO III

3 ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO.....	67
3.1 GENERALIDADES.....	68



3.2	ANÁLISIS DE FACIES Y ELEMENTOS ARQUITECTURALES	68
3.2.1	DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES FACIES	70
3.3	ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN CASAPALCA	79
3.3.1	FORMACIÓN CASAPALCA - MIEMBRO INFERIOR	82
3.3.2	FORMACIÓN CASAPALCA - MIEMBRO MEDIO	87
3.3.3	FORMACIÓN CASAPALCA - MIEMBRO SUPERIOR	95
3.4	INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS	102
3.4.1	MIEMBRO INFERIOR: INICIO Y DESARROLLO DE LA SEDIMENTACIÓN CONTINENTAL ASOCIADO A ABANICOS ALUVIALES ..	102
3.4.2	MIEMBRO MEDIO: PRIMER CRECIMIENTO	103
3.4.3	MIEMBRO SUPERIOR: SEGUNDO CRECIMIENTO	104

CAPITULO IV

4	ANALISIS ESTRUCTURAL Y TECTONICO	106
4.1	GENERALIDADES	107
4.2	DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES	107
4.2.1	SECCIÓN ESTRUCTURAL A-A´	107
4.2.2	SECCIÓN ESTRUCTURAL B-B´	107
4.2.3	SECCIÓN ESTRUCTURAL C-C´	108
4.2.4	SECCIÓN ESTRUCTURAL D-D´	108
4.2.5	SECCIÓN ESTRUCTURAL E-E´	110
4.3	ANALISIS DEL CONTEXTO TECTÓNICO DEL AREA DE ESTUDIO	110
4.4	CONTROL ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DE LA FORMACIÓN CASAPALCA	113

CAPITULO V

5	DISCUSIONES	115
5.1	GENERALIDADES	116
5.2	MODELO DE EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA Y GEODINÁMICA DE LA CUENCA	116
5.2.1	ETAPA DE INICIO Y DESARROLLO DE LA SEDIMENTACIÓN ALUVIAL	116
5.2.2	PRIMER CRECIMIENTO	118
5.2.3	SEGUNDO CRECIMIENTO	120
5.3	CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA REGIONAL	122

CONCLUSIONES	126
RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFIA	130
INDICE DE FIGURAS	137
INDICE DE TABLAS	141

ANEXOS	142
Anexo 1. Matriz de consistencia.	143
Anexo 2. Cronograma de proyecto de investigación de tesis	144



RESUMEN

La presente tesis está enmarcada entre los 11°18′-12°21′ latitud Sur y entre los 76°15′-75°12′ longitud Oeste; principalmente entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba, en la región de Junín. Enmarcada en el dominio de las altiplanicies centrales, entre las Cordilleras Oriental y Occidental del centro del Perú.

El objetivo principal es analizar el inicio y la evolución de cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca presente en el área de estudio, considerando que el periodo de desarrollo se ubicó entre el Cretácico superior – Paleógeno, estos debieron estar asociados por diversos eventos tectónicos compresivos (Inca 1 e Inca 2) que se dan en este periodo de tiempo y que son evidenciadas en el registro sedimentológico y estratigráfico dentro de la sucesión sedimentaria.

Para ello analizamos y describimos, las facies sedimentológicas y el control estructural asociado a los sistemas de fallas, al suroeste por el sistema de fallas Huancavelica - Azulcocha (SFHA), y al noreste por el sistema de fallas La Oroya (SFLO). Análisis que fue dividido en cuatro subdominios en base a características litológicas y estructurales (Subdominio Azulcocha, Cochas, La Oroya – Cerro de Pasco y Jauja), dentro de estos subdominios la Formación Casapalca tiene mayor incidencia en el subdominio Cochas, por lo cual se levantaron 9 columnas estratigráficas dentro de este.

Mediante este análisis, se muestra que la apertura de la cuenca de la Formación Casapalca para la zona, con el paso progresivo y continuo entre la sedimentación carbonática de la Formación Celendín (Campaniano) a la sedimentación detrítica fina del Miembro inferior de la Formación Casapalca por influencia de la Fase peruana – en un contexto de cuenca antepaís de dirección NO-SE, los conglomerados del Miembro medio, sobreyacen en leve discordancia y corresponderían el evento tectónico Inca I (Eoceno Inferior) y por último el Miembro superior que yace en discordancia erosiva, estaría controlado por la Fase Inca I e Inca II (Eoceno terminal -Oligoceno).

Palabras clave: Formación Casapalca, Formación Calera, Fase Inca I, Fase Inca II, SuitucanCHA, Usibamba



ABSTRAC

This thesis is framed between 11°18'-12°21' South latitude and between 76°15'- 75°12' West longitude; mainly between the towns of SuitucanCHA and Usibamba, in the Junín region. Framed in the domain of the central highlands, between the Eastern and Western Cordilleras of central Peru.

The main objective is to analyze the beginning and evolution of the sedimentary basin of the Casapalca Formation present in the study area, considering that the development period was located between the Upper Cretaceous - Paleogene, these must have been associated by various compressive tectonic events (Inca 1 and Inca 2) that occur in this period of time and that are evidenced in the sedimentological and stratigraphic record within the sedimentary succession.

To do this, we analyze and describe the sedimentological facies and the structural control associated with the fault systems, to the southwest by the Huancavelica - Azulcocha fault system (SFHA), and to the northeast by the La Oroya fault system (SFLO). Analysis that was divided into four subdomains based on lithological and structural characteristics (Azulcocha Subdomain, Cochás, La Oroya – Cerro de Pasco and Jauja), within these subdomains the Casapalca Formation has a greater incidence in the Cochás subdomain, for which 9 stratigraphic columns within it.

Through this analysis, it is shown that the opening of the Casapalca Formation basin for the area, with the progressive and continuous passage between the carbonate sedimentation of the Celendín Formation (Campanian) to the fine detrital sedimentation of the Lower Member of the Casapalca Formation by influence of the Peruvian Phase – in a foreland basin context of a NW-SE direction, the conglomerates of the middle Member, lie in slight unconformity and would correspond to the Inca I tectonic event (Lower Eocene) and finally the upper Member that lies in erosive unconformity, would be controlled by the Inca I and Inca II Phase (terminal Eocene-Oligocene).

Keywords: Casapalca Formation, Calera Formation, Inca Phase I, Inca Phase II, SuitucanCHA, Usibamba



INTRODUCCION

A finales del Cretácico superior se ha evidenciado el levantamiento marginal en el Perú Central denominado como “Fase Peruana”, que marca el fin de la sedimentación carbonática en mares someros, pasando a una sedimentación detrítica continental en cuencas de antepaís, denominadas como Capas Rojas o Formación Casapalca. Al Sur del Domo de Yauli entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba se encuentra esta unidad estratigráfica, la cual muestra evidencias del inicio de sedimentación posterior al Campaniano basal hasta el Eoceno Medio.

Para la zona de estudio no se contaba con datos que evidencien los eventos tectónicos del Paleógeno (Fase Inca 1 - 58 Ma y la Fase Inca 2 - 43 Ma) con el registro sedimentario o volcánico, por tanto, es importante la realización de estudios de investigación tectónica y sedimentológica de formaciones contemporáneas a este periodo, que aporten conocimientos en el ámbito geocientífico.

Se debe tener en cuenta también que para la zona de estudio se clasificaba a las capas rojas del Cretácico superior - Oligoceno, como un conjunto. Situación que cambió con las investigaciones en el sector de Cerro de Pasco realizada por diversos autores como Ángeles (1999); Cueva et al., (2008) y Rodríguez et al., (2011), quienes diferenciaron los tres miembros de la Formación Casapalca de los depósitos de la Formación Calera.



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES



1.1 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN

Nuestra área de estudio abarca las rocas Cenozoicas que afloran entre los centros poblados de SuitucanCHA y Usibamba; políticamente dentro de los límites de los departamentos de Junín y Lima, entre las provincias de Yauli, Tarma, Jauja, Concepción, Huancayo y Chupaca.

Geográficamente, se encuentra entre los 11°19'-12°21' latitud Sur y entre los 76°15'-75°12' longitud Oeste; entre las cordilleras Oriental y Occidental del centro del Perú. En la tabla 1.1 se muestran de manera detallada las coordenadas del polígono que encierra el área estudiada en la presente investigación (Figura 1.1).

Punto	Coordenadas UTM			Coordenadas geográficas	
	Este	Norte	Zona	Longitud	Latitud
1	426376.902	8749289.15	18 s	75° 40' 28.711" O	11° 18' 48.02" S
2	478204.934	8694187.77	18 s	75° 12' 0.273" O	11° 48' 44.482" S
3	478108.078	8634111.84	18 s	75° 12' 4.935" O	12° 21' 20.297" S
4	417142.16	8633951.31	18 s	75° 45' 43.711" O	12° 21' 21.953" S
5	362645.678	8691889.68	18 s	76° 15' 39.189" O	11° 49' 49.465" S
6	362727.203	8749175.01	18 s	76° 15' 28.159" O	11° 18' 44.881" S

Tabla 1.1 Coordenadas del área de estudio.

1.2 ACCESIBILIDAD

El área de estudio es accesible por vía terrestre, siguiendo la carretera central Lima – La Oroya – Jauja. A partir de estas ciudades encontramos diversos accesos a las zonas de interés, entre los cuales la gran mayoría son carreteras afirmadas y trochas carrozables que conectan a los poblados de SuitucanCHA, Canchayllo y Usibamba, desde los cuales se encuentran trochas poco transitadas y caminos de herradura hasta los puntos de estudio. (Tabla 1.2, Figura 1.1)

Ruta	Tramos	Tipo de Vía	Distancia	Tiempo
1	Lima-La Oroya	Asfaltada	185 km	5 h 30 min
2	La Oroya - Jauja	Asfaltada	82.6 km	1 h 25 min
3	Huari - SuitucanCHA	Afirmada	31.9 km	55 min
4	Jauja - Usibamba	Afirmada	47.7 km	1 h 30 min
5	Pachacayo - Canchayllo	Afirmada	4.7 km	09 min
6	Canchayllo -Hda. Cochas	Afirmada	24.19 km	50 min

Tabla 1.2 Rutas para accesibilidad de la zona de estudio.

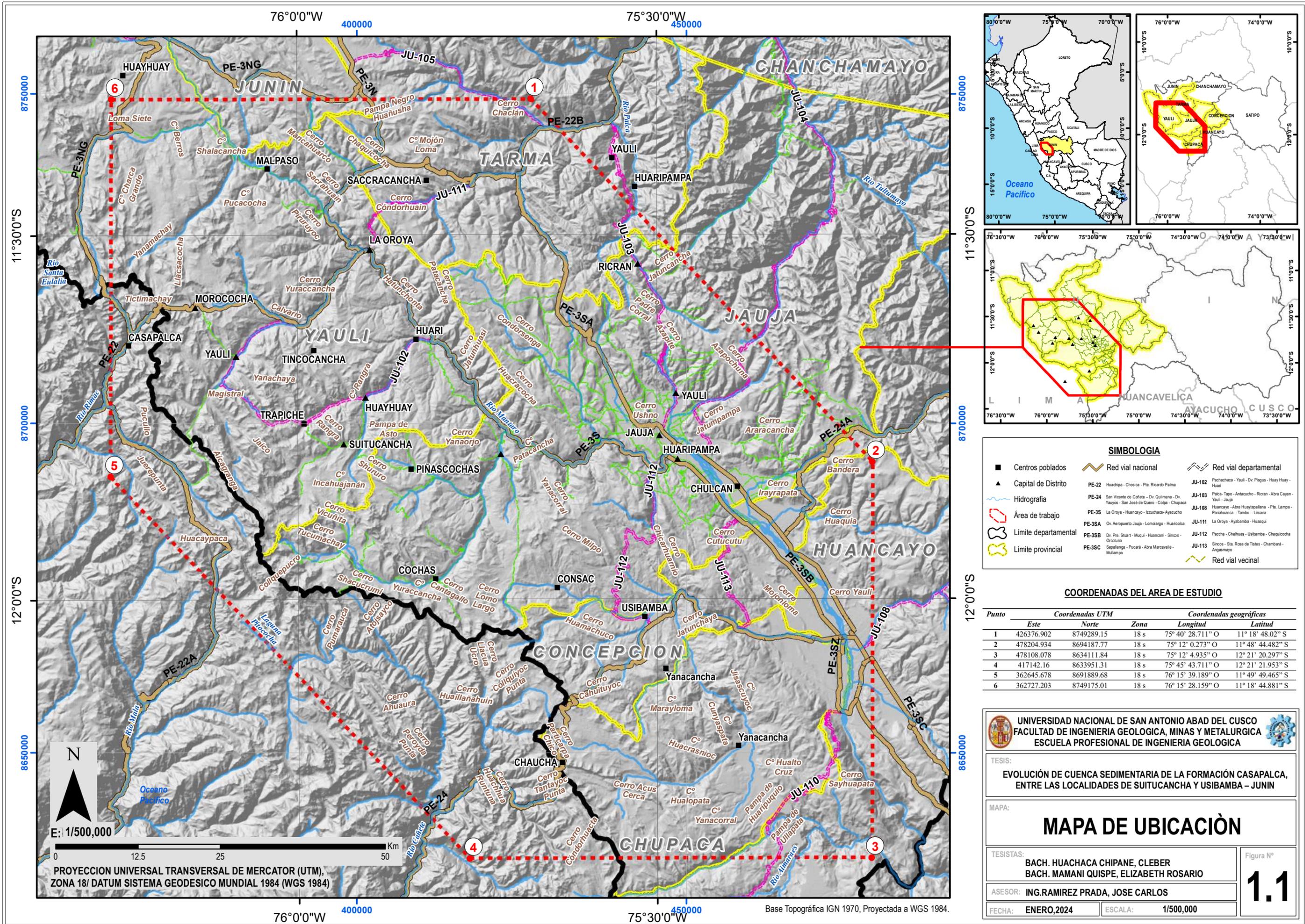


Figura 1.1 Mapa de ubicación de la zona de estudio.

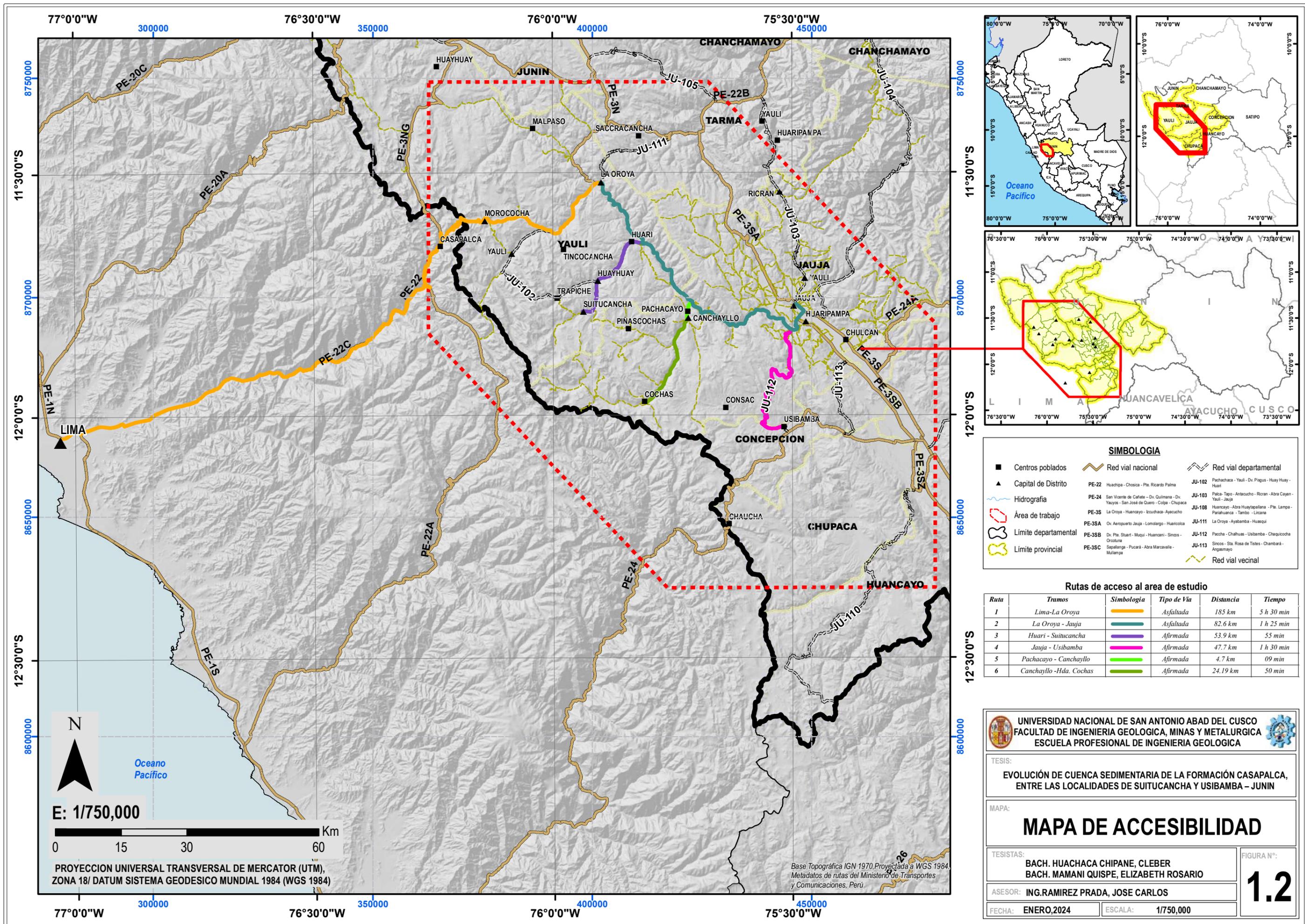


Figura 1.2 Mapa de accesibilidad a la zona de estudio.



1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Entre los límites del Cretácico superior y Eoceno en la parte central del Perú, se dieron diversos eventos tectónicos, en su mayoría compresivos, los cuales dieron origen a sistemas de fallas y pliegues importantes. En ese marco, se originó una cuenca sedimentaria detrítica subsidente, donde se depositaron sedimentos detríticos, a los que se les denomina Formación Casapalca. La cuenca está limitada al suroeste por el sistema de fallas Huancavelica - Azulcocha (SFHA), y al noreste por el Sistema de Fallas La Oroya (SFLO).

Actualmente, en la zona de estudio, entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba, no se cuentan con estudios detallados sobre los procesos de evolución de cuenca sedimentaria de las rocas cenozoicas, así como una correcta definición estratigráfica y cartográfica entre sus unidades inferiores constituyentes. Esto debido a que, dentro de la zona de estudio, la Formación Casapalca fue estudiada de manera regional a una escala de reconocimiento, en donde se englobó a todos los sedimentos o capas rojas de manera indiferenciada, incluyendo a horizontes tobáceos que podrían marcar el inicio de un nuevo evento tectónico.

1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA

Problema general

¿Cómo es la evolución sedimentaria de la cuenca de la Formación Casapalca, entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba?

Problemas específicos

- a) ¿Cómo es la litoestratigráfica de la Formación Casapalca y su posible división?
- b) ¿Cuáles son las litofacies sedimentarias y elementos arquitecturales de la Formación Casapalca?
- c) ¿Cuáles son los ambientes sedimentarios deposicionales de la Formación Casapalca y como varían?
- d) ¿Cómo es la posible paleogeografía durante la depositación de la cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca?
- e) ¿Cómo fue la evolución geodinámica de la cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca entre SuitucanCHA y Usibamba?



- f) ¿Cuál es la relación de las rocas cenozoicas de la Formación Casapalca de SuitucanCHA – Usibamba con sus similares de Casapalca y Cerro de Pasco?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El estudio de las rocas cenozoicas en los Andes Centrales Peruanos refleja diversos eventos tectónicos a través de las discordancias cambios de sedimentación, así como la procedencia de la sedimentación. En el norte del Perú, Noble et al., (1990) determinó dos eventos tectónicos para el Paleógeno, a los que denominó Fase Inca 1 (58 Ma) y la Fase Inca 2 (43 Ma). Sin embargo, Mégard et al. (1996) en la región de Tarma – La Oroya – Yauyos no ha determinado estos eventos indicando que no es aplicable (“...*debido a la excesiva duración del periodo sin registro sedimentario o volcánico que acompaña a la deformación Incaica...*” (p.179)). Por otra parte, en los sectores de Casapalca, ubicado en la Cordillera Occidental y en Cerro de Pasco, ubicado en la parte norte del Altiplano del Centro del Perú se cuentan con estudios detallados de la evolución de la sedimentación y tectónica cenozoica. Sin embargo, entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba, las rocas cenozoicas fueron atribuidas a la Formación Casapalca de manera indiferenciada, lo cual no permite realizar correlaciones con los eventos sedimentarios y tectónicos entre la Cordillera Occidental y el Altiplano. En ese sentido, es necesario contar con este estudio semidetallado que permitirá comprender la evolución de los Andes en el Centro del Perú y posteriormente aplicarlos a las diversas actividades socioeconómicas como la exploración de depósitos minerales.

1.6 OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la evolución sedimentaria de la Formación Casapalca entre las Localidades de SuitucanCHA y Usibamba del departamento de Junín

Objetivos específicos

- a) Definir la división litoestratigráfica del relleno sedimentario de la Formación Casapalca entre SuitucanCHA y Usibamba.
- b) Definir y analizar las litofacies sedimentarias y elementos arquitecturales de la Formación Casapalca.



- c) Definir una interpretación de ambientes sedimentarios de deposición, y cómo estos varían en el tiempo.
- d) Deducir la variación paleogeográfica durante el relleno del depocentro de SuitucanCHA-Usibamba.
- e) Desarrollar un modelo de evolución geodinámica, considerando la sedimentología y su posible relación tectónica.
- f) Determinar relaciones estratigráficas con unidades correspondientes a la Formación Casapalca en la zona de Casapalca y Cerro de Pasco.

1.7 ANTECEDENTES

Los estudios previos a este estudio relacionados con el relleno sedimentario cenozoico en el Centro del Perú son diversos, pero dentro de los principales podemos mencionar que, en la Cordillera Occidental:

Mc Laughlin (1924) definió a la Formación Casapalca en su localidad tipo, dividiéndola en dos miembros; una secuencia inferior que consta de areniscas y limolitas de coloración rojo intenso, y una secuencia superior que consta de conglomerados y areniscas, a la cual se le denomina como Miembro El Carmen.

Posteriormente, **Mabire (1961)** describe ampliamente la sedimentología y estratigrafía de capas rojas entre las regiones de Oyón, Antajirca y Cerro de Pasco, concluyendo que se tratarían de una sedimentación continental de ambiente desértico, y que, durante su formación, estuvo sometido a un periodo de orogénesis.

El estudio más detallado en la Codillera Occidental relacionado con la Formación Casapalca es el de:

Jacay (1994), entre las localidades de Marcapomacocha y Casapalca, concluye que el inicio de la sedimentación de las capas rojas, se debe a la fase tectónica peruana suscitada durante el cretácico superior, depositándose las limolitas rojas inferiores consideradas, por su posición estratigráfica sobreyacente a la Formación Celendín, de edad Campaniana – Maestrichtiana, a esta unidad sobryace la Formación Casapalca caracterizada principalmente por una intercalación de areniscas arcóscicas y limolitas rojas granocrecientes. Además, se infiere que la discordancia basal del Conglomerado El Carmen corresponderían a la Fase Tectónica Inca 1.



Por otro lado, en el Altiplano del centro del Perú:

Mégard et al. (1996) realiza el primer mapa geológico a escala 1:100 000 de los cuadrángulos de Tarma, La Oroya y Yauyos, en los que se hace un cartografiado general de las capas rojas, y toma como base los estudios realizados Jacay en la región de Marcapomacocha intentando de esa forma, correlacionar a las secuencias identificadas en dicho estudio. Por otro lado, en el boletín que es parte del mapa geológico, se indica que las secuencias de calizas lacustres, yeso y rocas volcánicas en estratos de coloración blanquecina, se encuentran intercaladas con las secuencias molásicas de color rojo, cuya observación se revisa en el presente trabajo, puesto que es parte de nuestra hipótesis que las secuencias de calizas, niveles volcanosedimentarios y volcánicos explosivos corresponden a un evento posterior a la Formación Casapalca.

Más al norte, en Cerro de Pasco:

Jenks (1951), en el departamento de Cerro de Pasco, ubicada al norte de nuestra zona de estudios, dividió a la Formación Pocobamba en tres miembros, el miembro inferior conformada por secuencias lacustres y fluviales, el conglomerado Shuco conformada por secuencias de piedemonte y los depósitos lacustres del miembro Calera. Asignado a la Formación Pocobamba la edad de Cretácico tardío o Terciario temprano.

Luego; **Ángeles (1999)**, también en el departamento de Cerro de Pasco, dividió a los sedimentos cenozoicos en Formación Pocobamba y Formación Calera. En la Formación Pocobamba se subdivide en el Miembro Cacuan conformada por secuencias detríticas rojas y el Miembro Shuco conformado por secuencias conglomerádicas como posible correspondiente del Miembro El Carmen en la localidad de Casapalca. A la Formación Calera se le asigna a la edad eocena superior conformada principalmente por secuencias carbonaticos y niveles volcánicos.

Más tarde; **Cueva et al. (2008)** En los alrededores de Huayllay (Cerro de Pasco), subdivide a la Formación Pocobamba en cinco unidades, considerándose de edad Eoceno inferior para los miembros A, B y C y Eoceno superior para los Miembros D y E. Además, concluyen que el aporte de sedimentos a la cuenca habría estado controlado por los sistemas de fallas Chonta y Río Mantaro que limitan el depocentro en esta zona.



Posteriormente; **Rodríguez et al. (2011)** realizó una correlación entre la zona de Colquijirca y Huayllay para determinar la correspondencia de las Formaciones Pocobamba y Calera. Finalmente, **Rodríguez et al (2021)** realizó una correlación entre la zona de la Oroya – Casapalca y Cerro de Pasco de los sedimentos cenozoicos.

1.8 HIPÓTESIS

Según las investigaciones propuestas en los antecedentes, se tiene las siguientes hipótesis:

Hipótesis general

La Formación Casapalca en nuestra zona de estudio es una secuencia estratigráfica compleja que muestra cambios en ambientes sedimentarios, desde sistemas lacustres y fluviales de baja energía hasta sistemas fluviales de alta energía, relacionada con eventos tectónicos compresivos, y sistemas de fallas, desarrollando una cuenca sedimentaria sin-orogénica.

Hipótesis específica

- a) Según el patrón de deposición de los estratos en campo, la Formación Casapalca está constituido por tres posibles miembros: miembro inferior, miembro medio y miembro superior.
- b) La Formación Casapalca presenta litofacies de sistemas fluviales y aluviales, y elementos arquitecturales de relleno de canal, barras y llanura de inundación.
- c) La Formación Casapalca presenta cambios en ambientes de sedimentación, iniciando con sistemas lacustres y fluviales de baja energía hasta transitar a sistemas fluviales de alta energía, indicando un proceso de aumento en la energía.
- d) La Formación Casapalca, durante el relleno depocentro pudo estar controlado por sistemas de fallas. Al suroeste por el sistema de fallas Huancavelica - Azulcocha (SFHA) y por el noreste el sistema de fallas La Oroya (SFLO) dando lugar al origen de una cuenca sin-orogénica, donde se suscitaron diversas estructuras geológicas a causa de la tectónica activa durante su relleno sedimentario.
- e) El inicio y la evolución de la cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca se debe a los diversos eventos tectónicos compresivos que se dan entre el Cretácico superior y Eoceno, asociados a los eventos tectónicos de la Fase Peruana, y las Fases Inca 1 e Inca 2.



- f) Al igual como ocurrió en las zonas de Cerro de Pasco, es posible diferenciarla de unidades más jóvenes como la Formación Calera, que fue incluida dentro de la Formación Casapalca en estudios anteriores.

1.9 VARIABLES DE LA INVESTIGACION

1.9.1 Variables independientes

- ✓ Geomorfología
- ✓ Estratigráfica
- ✓ Sedimentología
- ✓ Paleontología
- ✓ Cartografía
- ✓ Tectónica

1.9.2 Variables dependientes

- ✓ Evolución de cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Evolución de cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca	Geomorfología	- Unidades y sub unidades geomorfológicas	- Altura, pendientes, geoformas y litología
	Estratigráfica	- Columnas litoestratigráficas.	- Litología - Potencia de estratos
	Sedimentología	- Análisis sedimentológico	- Columnas litoestratigráficas - Ambiente sedimentario - Paleogeografía
	Paleontología	- Presencia de fósiles	- Taxonomía
	Cartografía	- Mapas temáticos (Topográfico, geológico, satelital, etc.)	- Cartografiado geológico Escala: 1/50 000
	Tectónica	- Dominios geotectónicos - Eventos tectónicos	- Subdominios: Azulcochas, Cochas, Cerro de Pasco- La Oroya, Jauja - Fase peruana, Fase Inca

Tabla 1.3 Operacionalidad de variables

1.10 METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.10.1 Metodología de Investigación

La metodología aplicada para alcanzar los objetivos de la presente investigación toma como base la “Forma de investigación pura o fundamental”, ya que “se interesa en el descubrimiento



de las leyes que rigen el comportamiento de ciertos fenómenos o eventos; intenta encontrar los principios generales que gobiernan los diversos fenómenos...”(Campbell, D.T. y Stanley, J.C. 1973), en este caso el objeto de estudio es dar aportes en el conocimiento geo científico de la evolución de la cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca.

En cuanto al diseño de investigación es no experimental y el tipo de investigación es:

- ✓ **Descriptivo.** - ya que se realiza la descripción e identificación de las características propias de las rocas, como litología, disposición estratigráfica, disposición estructural, etc.
- ✓ **Cualitativo.** - ya que se basa en el estudio de datos no numéricos o estadísticos, sino en los datos de observación y descripción de características propias de las unidades geológicas estudiadas.
- ✓ **Hipotético.** - formulación de una hipótesis y contrastación de las mismas por datos reales tomados en campo
- ✓ **Analítico.** - Se realiza un análisis a los datos, y descripciones para obtener una interpretación

1.10.2 Procedimientos y Técnicas

El procedimiento seguido en el presente estudio es como se indica a continuación, en los que se han adoptado ciertas técnicas:

ETAPA DE PRECAMPO: Reconocimiento del problema y Formulación de hipótesis

- ✓ **Ubicación y delimitación,** del área de estudio
- ✓ **Recopilación bibliográfica,** donde se realizó una extensa recopilación bibliográfica de información teórica e información de estudios previos (Boletines, tesis, publicaciones, revistas geológicas, etc.) concernientes a la estratigrafía, sedimentología, estructural, paleontología, etc. ubicadas dentro y los alrededores de la zona de estudio
- ✓ **Elaboración de mapas preliminares,** con la recopilación y revisión de mapas geológicos a diversas escalas, y la elaboración de mapas foto interpretados a escala 1:50 000, en base a imágenes satelitales de alta resolución e imágenes multiespectrales, con el fin de identificar de forma preliminar la distribución y disposición de las unidades litológicas.
- ✓ **Identificar los posibles afloramientos,** previamente con el trazado de rutas idóneas donde se pueda recopilar la mayor información posible de los datos requeridos en campo.



ETAPA DE CAMPO: Experimentación y/o control de variables

Esta etapa consigna a los trabajos realizados en campo, en el que se realizaron lo siguiente:

- ✓ **Reconocimiento**, de la zona.
- ✓ **Cartografiado geológico**, se ha realizado un mapa geológico a escala 1:50 000, en el que se consideró todas las observaciones geológicas de campo, plasmadas principalmente en datos estructurales de rumbo y buzamiento y descripciones litológicas, con los que se determinan la disposición de los estratos y sus estructuras. Esta recolección de datos de observación geológica se realizó en el software Field Move (Aplicación para tabletas, especializada en el mapeo geológico digital), para ser posteriormente procesadas en softwares especializados en el cartografiado geológica digital
- ✓ **Levantamiento columnas estratigráficas**, se realizó 9 columnas estratigráficas en diversos niveles de la Formación Casapalca, considerando los parámetros de clasificación de rocas sedimentarias de Wentworth (1922), identificando tamaño de granos, selección, forma, estructuras sedimentarias, tamaño máximo de clastos y datos de paleocorrientes.

ETAPA DE GABINETE: Análisis de datos y conclusiones

- ✓ **Administración de la Geodatabase**, se elaboró una base de datos con la información de las observaciones geológicas de campo, en el software ArcGis, en el mismo que también se elaboró los mapas geológicos digitales actualizados a escala 1:50 000.
- ✓ **Elaboración de las secciones geológicas estructurales**, usando el método Kink bands, para secciones balanceadas.
- ✓ **Interpretación de datos**: Se realizó la interpretación de las secciones estratigráficas de la Formación Casapalca, usando la nomenclatura de Miall (1978), para la identificación y descripción de facies sedimentarias y elementos arquitecturales; asimismo, los datos de paleocorrientes se han procesado en el software Stereonet.
- ✓ **Interpretación** de ambientes sedimentarios, paleogeografía y evolución de cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca.
- ✓ **Redacción de la tesis**.



CAPÍTULO II:

MARCO TEORICO CONCEPTUAL



2.1 MARCO GEOMORFOLOGICO

2.1.1 Generalidades

Entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba predominan las pendientes que varían entre 0° - 15° , correspondiendo a zonas llanas o pendientes moderadas, modelando geo formas de colinas y que van variando tanto en el flanco oeste (Cordillera Occidental) y flanco este (Cordillera Oriental) a pendientes más pronunciadas que varían entre 15° - 45° (en menor medida $>45^{\circ}$) correspondientes a zonas con pendientes fuertes a muy fuertes, conformando la zona de las montañas, hacia la zona sur este, las pendientes predominantes son de 0° - 5° correspondiendo a zonas llanas, conformando las zonas de terrazas y llanuras de la Depresión Jauja- Huancayo. En la extensión del terreno estas unidades están controlados principalmente por un carácter denudacional (erosión) y un carácter estructural.

2.1.2 Unidades geomorfológicas

Se han definido 21 subunidades geomorfológicas agrupadas dentro 04 unidades (Tabla 2.1, Figura 2.1), dichas unidades se sitúan entre los 3125 y 5685 m.s.n.m. En la extensión del terreno estas unidades están controlados por un carácter tectónico-degradacional y erosional; y un carácter depositacional o agradacional. Estas unidades están caracterizadas en base a su altura (m.s.n.m), pendientes, geo formas y litología. Para la elaboración del mapa geomorfológico se tomó como base a las unidades propuestas por INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico) (Figura 2.2).



UNIDAD	SUBUNIDAD	SIMBOLOGIA	CARACTER	
Montañas	Montaña en roca intrusiva	RM-ri	Tectónico-degradacional y erosional	
	Montaña en roca metamórfica	RM-rm		
	Montaña en roca sedimentaria	RM-rs		
	Montaña en roca volcánica	RM-rv		
	Montaña en roca volcano-sedimentaria	RM-rvs		
	Montaña estructural en roca sedimentaria	RME-rs		
Colinas	Colina en roca intrusiva	RC-ri,		
	Colina en roca sedimentaria	RC-rs,		
	Colina en roca volcánica	RC-rv,		
	Colina estructural en roca sedimentaria	RCE-rs,		
Piedemonte	Morrenas	Mo		Deposicional o agradacional
	Abanico de piedemonte	Ab		
	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	P-at		
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	V-cd		
	Vertiente coluvial de detritos	V-d		
	Vertiente glacial o de gelifracción	V-gl		
Planicies, depresiones y otros	Llanura o planicie aluvial	Pl-al		
	Llanura o planicie inundable	Pl-i,		
	Terraza aluvial	T-al		
	Valle glacial con laguna	VII-gl/l,		
	Bofedales	Bo		

Tabla 2.1 Resumen de unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio. Data base tomada de INGEMMET

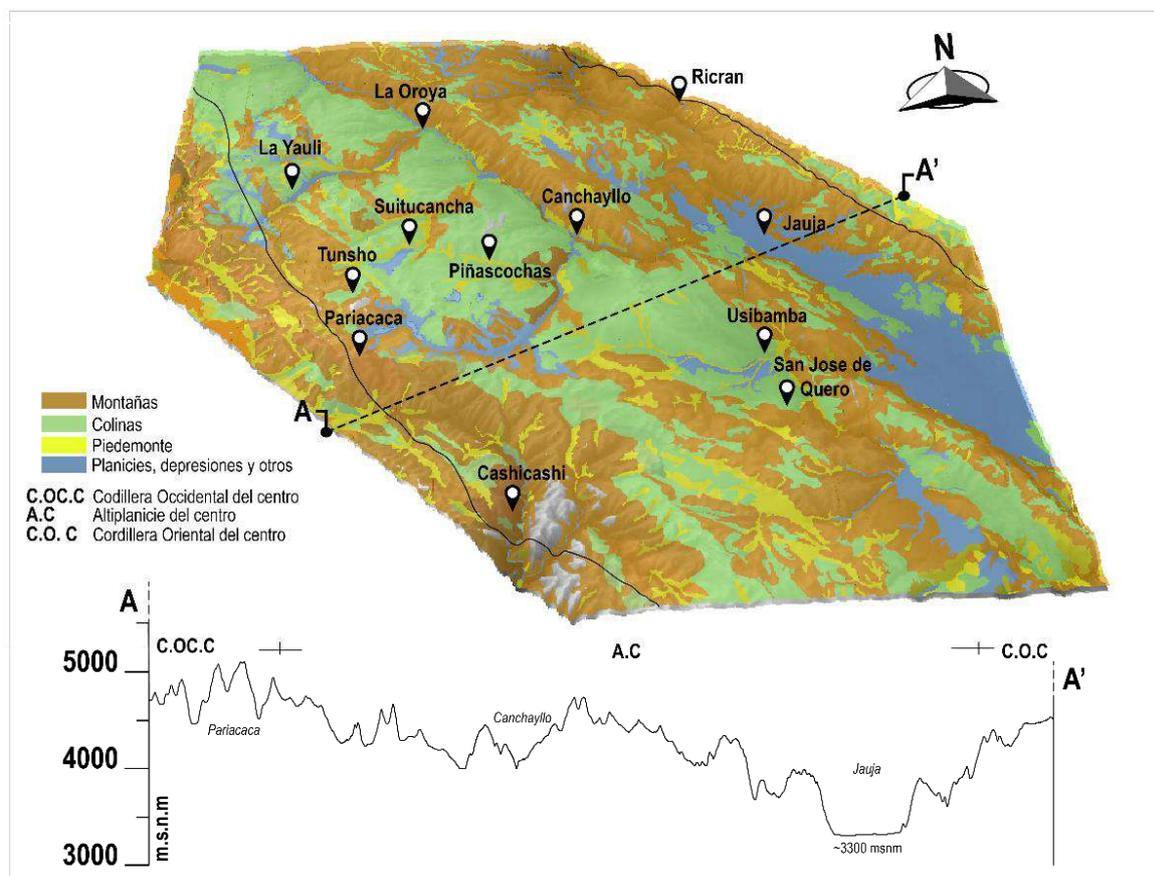
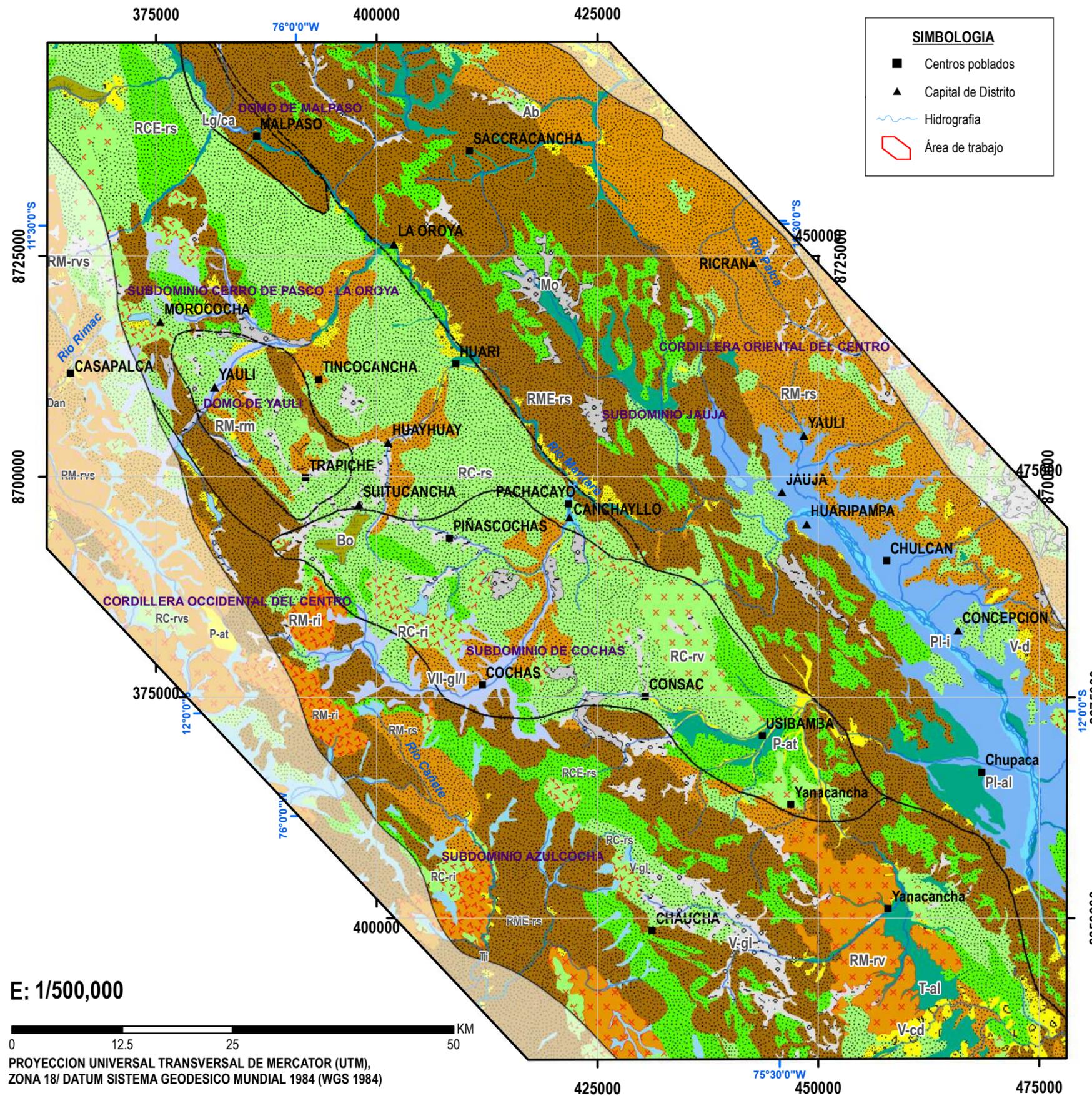
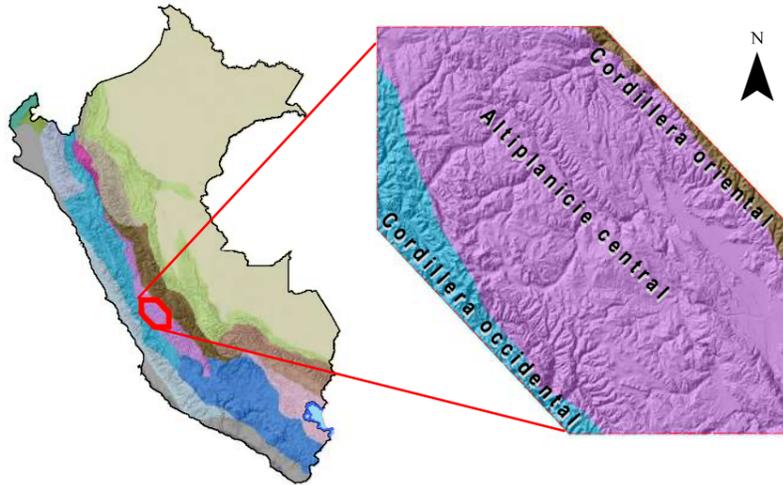


Figura 2.1 Unidades geomorfológicas. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.



SIMBOLOGIA

- Centros poblados
- ▲ Capital de Distrito
- ~ Hidrografia
- Área de trabajo



LEYENDA

DOMINIOS GEOTECTONICOS	
1. Cordillera de la costa	7. Altiplano del Sur
2. Pampas costeras	8. Altiplano de centro
3. Noreste Peruano	9. Altiplano del Norte
4. Estribaciones de la Cordillera Occidental	10. Cordillera Oriental del Sur
5. Cordillera Occidental del Sur	11. Faja Subandina
6. Cordillera Occidental del Centro	12. Llano Amazónico
6. Lancones	

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	
Ab, Abanico de piedemonte	RM-ri, Montaña en roca intrusiva
Bo, Bofedales	RM-rm, Montaña en roca metamórfica
Mo, Morrenas	RM-rs, Montaña en roca sedimentaria
P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	RM-rv, Montaña en roca volcánica
Pl-al, Llanura o planicie aluvial	RM-rvs, Montaña en roca volcano-sedimentaria
Pl-i, Llanura o planicie inundable	RME-rs, Montañas estructurales en roca sedimentaria
RC-ri, Colina en roca intrusiva	T-al, Terraza aluvial
RC-rs, Colina en roca sedimentaria	V-cd, Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
RC-rv, Colina en roca volcánica	V-d, Vertiente coluvial de detritos
RCE-rs, Colina estructural en roca sedimentaria	V-gl, Vertiente glacial o de gelifracción
	VII-g/l, Valle glacial con laguna

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS:
 EVOLUCIÓN DE CUENCA SEDIMENTARIA DE LA FORMACIÓN CASAPALCA, ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUITUCANCHA Y USIBAMBA – JUNIN

MAPA:
MAPA GEOMORFOLOGICO

TESISTAS:
 BACH. HUACHACA CHIPANE, CLEBER
 BACH. MAMANI QUISPE, ELIZABETH ROSARIO

ASESOR:
 ING. RAMIREZ PRADA, JOSE CARLOS

FECHA: ENERO, 2024 ESCALA: 1/ 500,000

FIGURA Nº:
2.2

Base geomorfológica de los metadatos de la plataforma GEOCATMIN, del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

Figura 2.2 Mapa de unidades geomorfológicas. Elaborado y modificado en base a datos proporcionados de INGEMMET.

2.1.2.1 Unidad de montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Se reconocen como cimas o cumbres agudas, subagudas, semiredondeada, redondeada o tubular y estibaciones, producto de las deformaciones sufridas por procesos morfodinámicos exógenos como la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (procesos tectodinámicos endógenos, glaciación, clima, etc.) (Villota, 2005)

Esta unidad presenta pendientes muy fuertes (25° - 45°) a escarpadas ($>45^{\circ}$), ubicadas en la Cordillera Oriental y Cordillera Occidental con dirección NO-SE. (Figura 2.3)

Se han reconocido 6 sub unidades, cada una diferenciada según la litología que contiene dicha unidad, y que se describen a continuación:

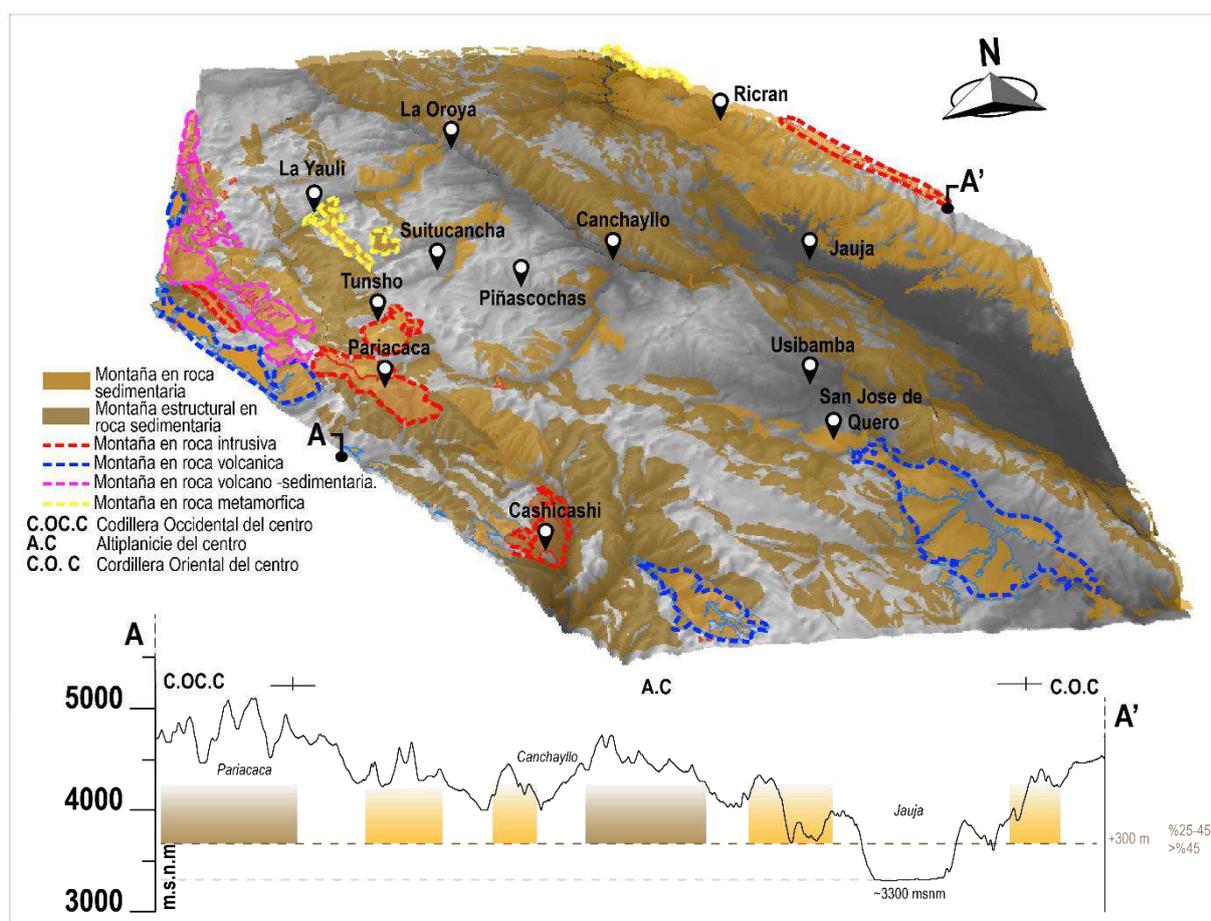


Figura 2.3 Sub unidades geomorfológicas de la unidad de montañas. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.

Sub unidad montaña en roca intrusiva (RM-ri)

Constituido por plutones de tonalita del paleógeno y dioritas del cretáceo superior modelado por procesos tectónicos y morfo-climático, con pendientes escarpadas ($>45^\circ$), como se puede observar en la Cordillera Occidental con las intrusiones de los plutones Tunshu y Pariacaca. (Figura 2.4, 2.10 -B)

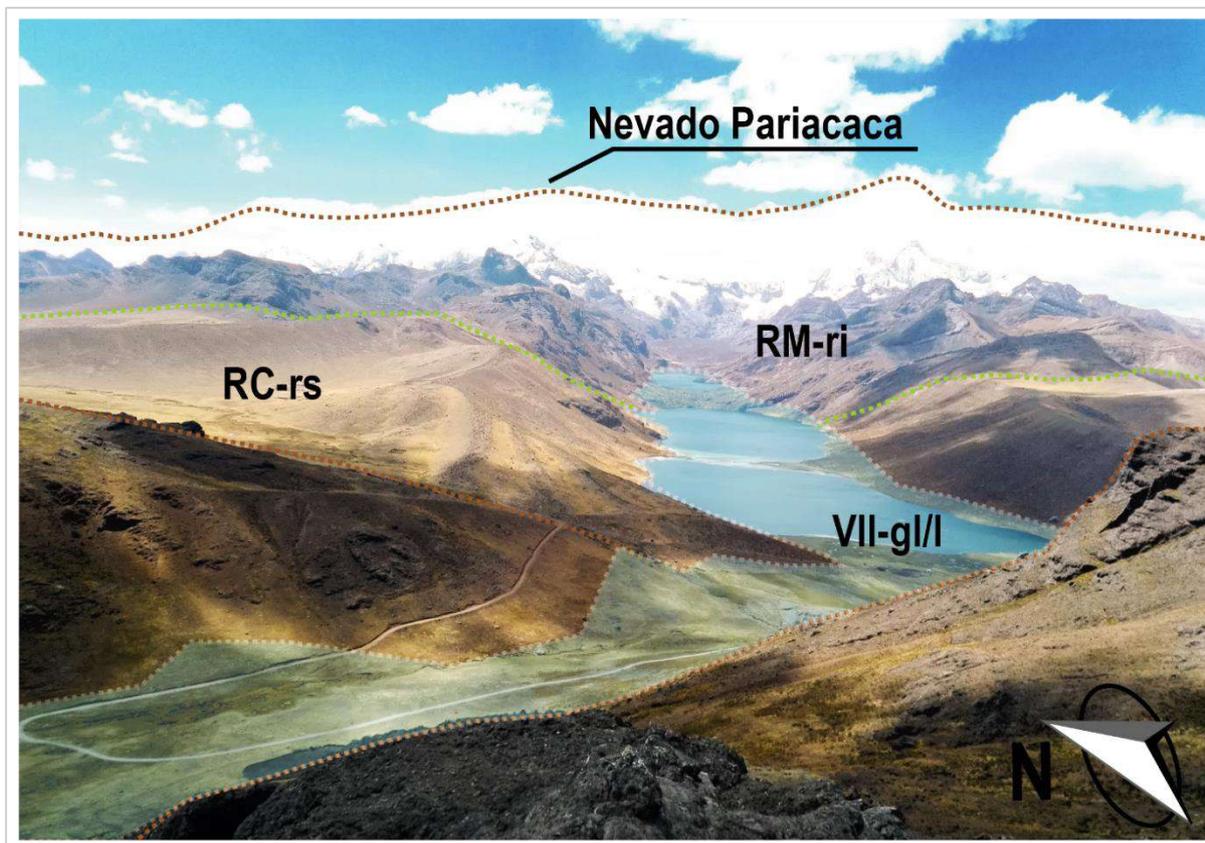


Figura 2.4 Identificación de unidades geomorfológicas. Sub unidad de valle glacial con laguna y sub unidad de colina en rocas sedimentarias (RC-rs) del cretácico (Grupo Goyllarisquiza). Al fondo Montañas en roca intrusiva (RM-ri) del nevado Pariacaca, conformada por afloramientos de granodiorita cretácica. Fotografía tomada con vista hacia el NE.

Sub unidad montaña en roca metamórfica (RM-rm)

Conformado por los meta sedimentarios del Grupo Excélsior del Devónico en el sector del Domo de Yauli, donde la acción erosiva ha modelado pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°), con ligero alineamiento NO-SE.

Sub unidad montaña en roca sedimentaria (RM-rs)

En la zona de la Cordillera Oriental corresponde a montañas modeladas en la plataforma carbonatada del Grupo Pucará del Triásico Jurásico y en la Cordillera Occidental a los clásticos marinos no continentales de Cretácico inferior (Figura 2.10 - A), y calizas marinas de las

Formaciones Celendín y Jumasha donde se han modelado pendientes fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°).

Sub unidad montaña en roca volcánica (RM-rv)

Ubicada en la parte sur de San José de Quero, corresponde a los volcánicos de las Formaciones Yanacancha e Incahuasi.

Sub unidad montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs)

Ubicada en la parte norte de la Cordillera Occidental, correspondiente a los volcano-sedimentarios del Paleógeno (Formaciones Carlos Francisco y Castrovirreyna).

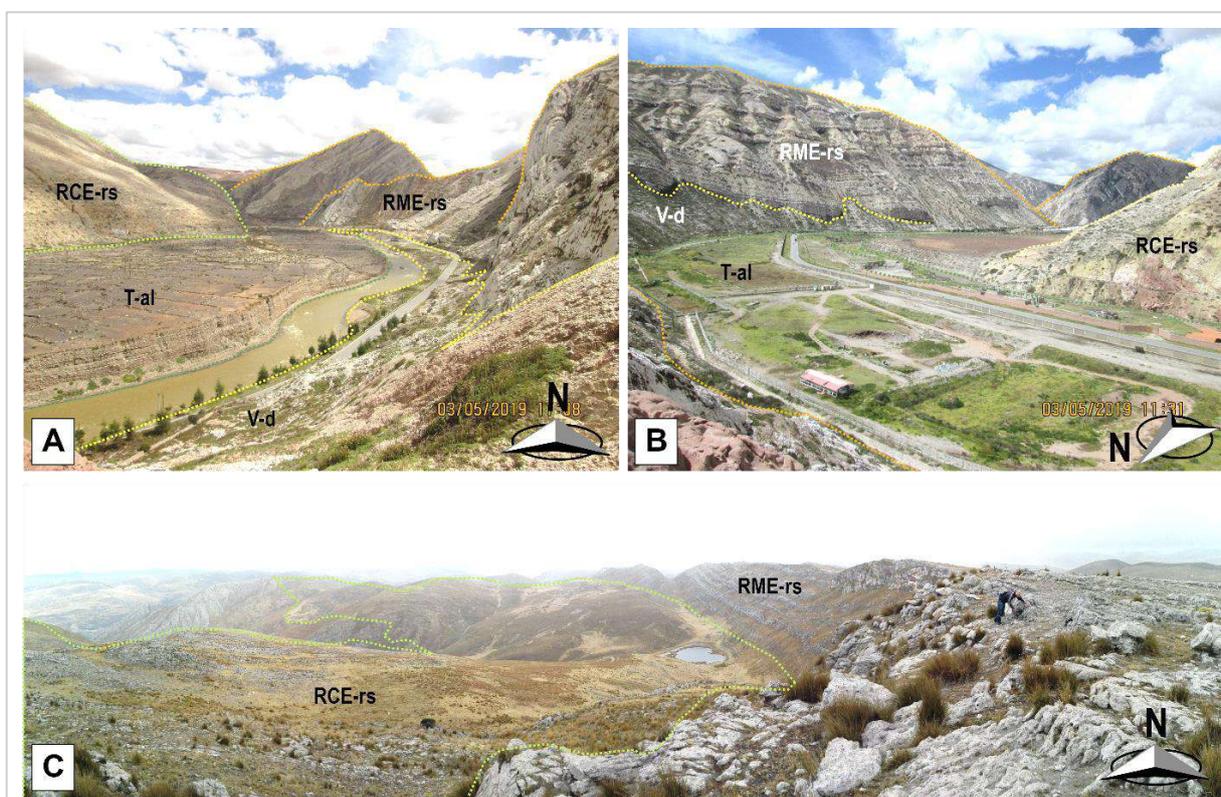


Figura 2.5 Identificación de unidades geomorfológicas. **A-B.** SE del poblado de La Oroya, sub unidad de Vertiente de detritos (V-d) de depósitos coluviales, sub unidad de terrazas aluviales (T-al), sub unidad de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs) de la Fm. Chúlec (areniscas calcáreas y calizas arenosas) y Colinas estructurales (RCE-rs) de la Fm. Goyllarisquiza. **C.** Oeste del Sector Pomacancha y Cachicachi, sub unidad de montañas y colinas estructurales (RME-rs/RCE-rs) en el Grupo Pucará.

Montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs)

Poseen las mismas características que la sub unidad de montaña en roca sedimentaria, con la particularidad de poseer estructuras y estratificación mucho más conservadas, lo que facilita la toma de datos como rumbo y buzamiento. Podemos encontrar estas unidades al este del río

Mantaro o en el sector de la laguna Pomacocha y San Cristóbal en depósitos del Grupo Pucará (Figura 2.5-C) y depósitos del Cretácico como las Formaciones Jumasha, Chúlec y Goyllarisquizga (Figura 2.5- A, B y C)

2.1.2.2 Colinas y lomadas

Las colinas y lomadas son de menor altura que las montañas, generalmente no superan los 300 m desde la base hasta la cima (Figura 2.6), aunque puede distinguirse colinas altas, medias y bajas dependiendo el nivel de base local; presentan diferentes grados de disección, la inclinación de sus laderas en promedio es superiores a los 9.16° , sus colinas presentan cimas muy estrechas, mientras que las lomadas poseen cimas más amplias, redondeadas y alargadas con pendientes un poco menores de $4.57^\circ - 9.16^\circ$. (Villota, 2005)

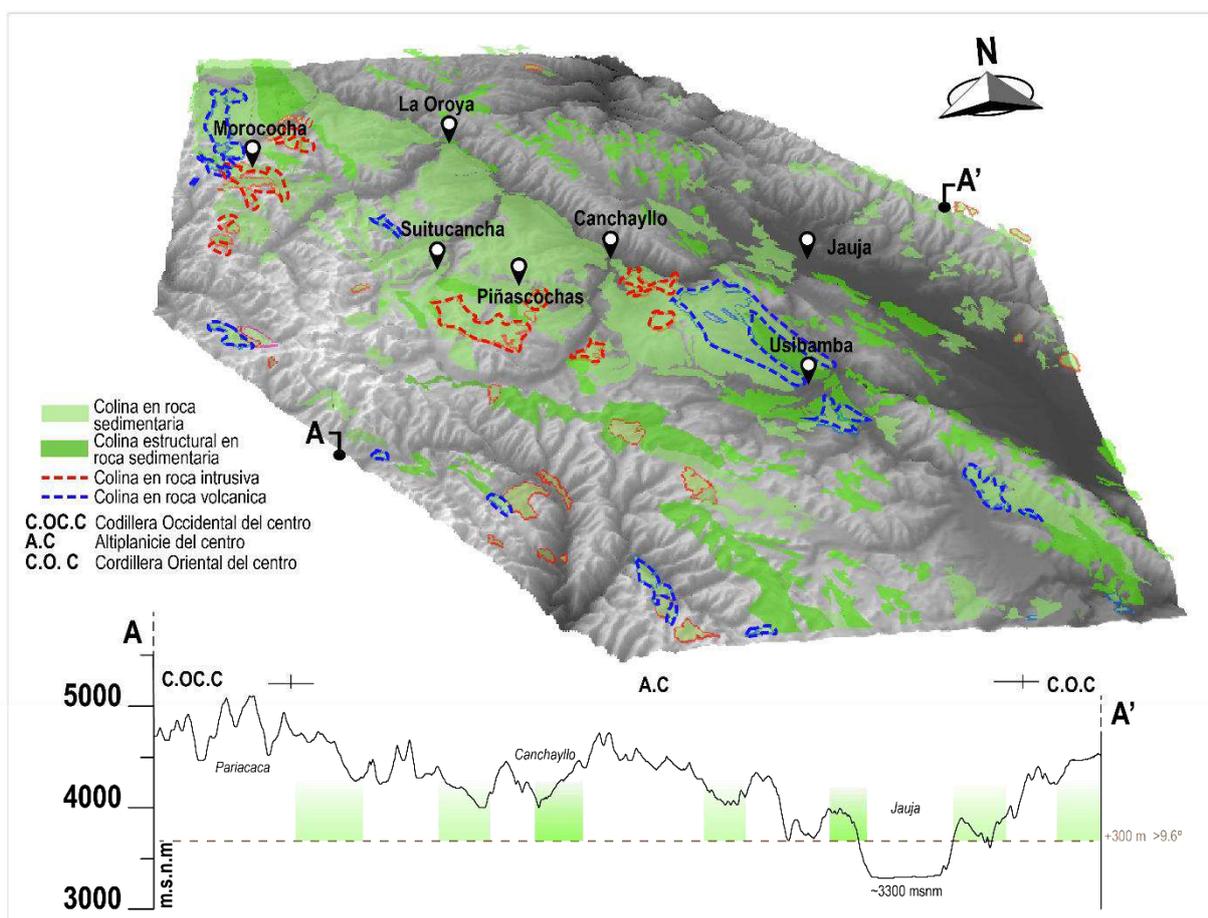


Figura 2.6 Sub unidades geomorfológicas de la unidad de colinas. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.

Colina en roca intrusiva (RC-ri)

Esta unidad corresponde a los pórfidos y subvolcánicos dacítico del Neógeno, expuesto a una considerable erosión glaciaria que dio al macizo rocoso la forma de colina, evidencia de ello

son las morrenas remanentes que se encuentran a los alrededores. Esta sub unidad se halla en los sectores de Consac (Figura 2.7), Morococha y al sur de Piñascochas.

Colina en roca sedimentaria (RC-rs)

Presentan pendientes suaves (1° - 5°) a moderadas (5° - 15°), debido a agentes erosivos principalmente erosión glaciar, que afectan a areniscas y conglomerados de la Formación Casapalca (Figura 2.7) y secuencias carbonatadas de las Formaciones Celendín, Jumasha, Pariahuanca y Chúlec (Figura 2.10 - B), así mismo, areniscas del Grupo Goyllarisquizga (Figura 2.4), calizas del Grupo Pucará, y secuencias sedimentarias del Grupo Mitu. Todas ellas ubicadas principalmente entre Morococha, SuitucanCHA y Usibamba.

Colina en roca volcánica (RC-rv)

Corresponde a las andesitas, tobas, brechas, domos andesíticos porfídicos y conglomerados de la Fm. Yanacancha del Neógeno en las localidades de Usibamba y Morococha.

Colina estructural en roca sedimentaria (RCE-rs),

Asociado generalmente a la sub unidad de montañas estructurales, y al igual que estas presentan un alineamiento NO-SE (Figura 2.5 – A, B y C, 2.10 - C). Las rocas que componen pertenecen a las formaciones Casapalca, Celendín, Jumasha, Pariahuanca, Chúlec y Goyllarisquizga, presentándose cerca de SuitucanCHA, Usibamba y Morococha.

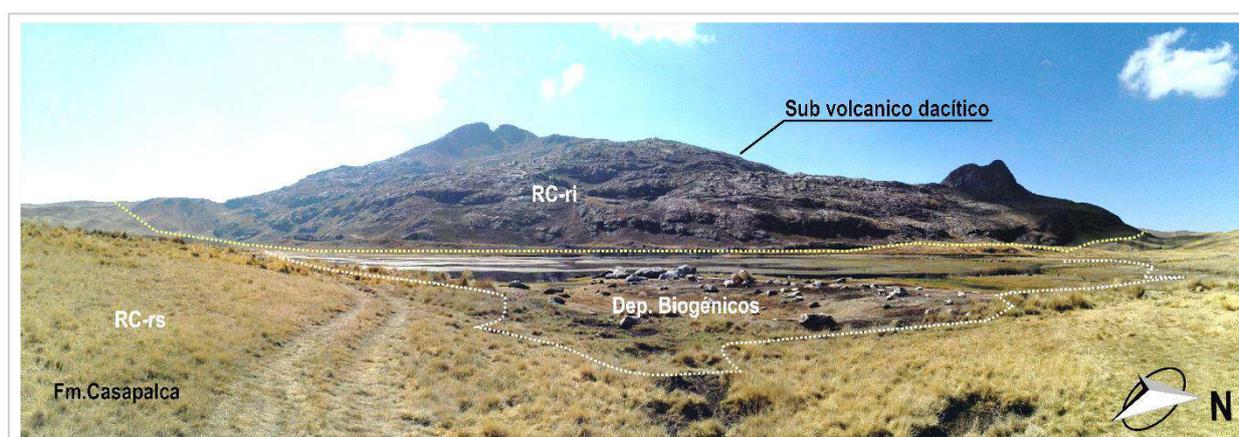


Figura 2.7 Identificación de unidades geomorfológicas. Sector Consac, Sub unidad de colina en roca intrusiva (RC-ri), correspondiente a la intrusión subvolcánica dacítica, en contacto con la sub unidad de colina en roca sedimentaria (RC-rs) de la Fm. Casapalca.

2.1.2.3 Unidad de piedemonte

El piedemonte se caracteriza por una topografía variada y una mezcla de elementos geológicos de las montañas y las llanuras. Por lo general, presenta pendientes suaves y onduladas, a veces con colinas o lomas dispersas. También puede incluir valles, terrazas y depósitos de sedimentos que han sido transportados por los ríos provenientes de las montañas (Figura 2.8). Dentro de esta unidad podemos encontrar:

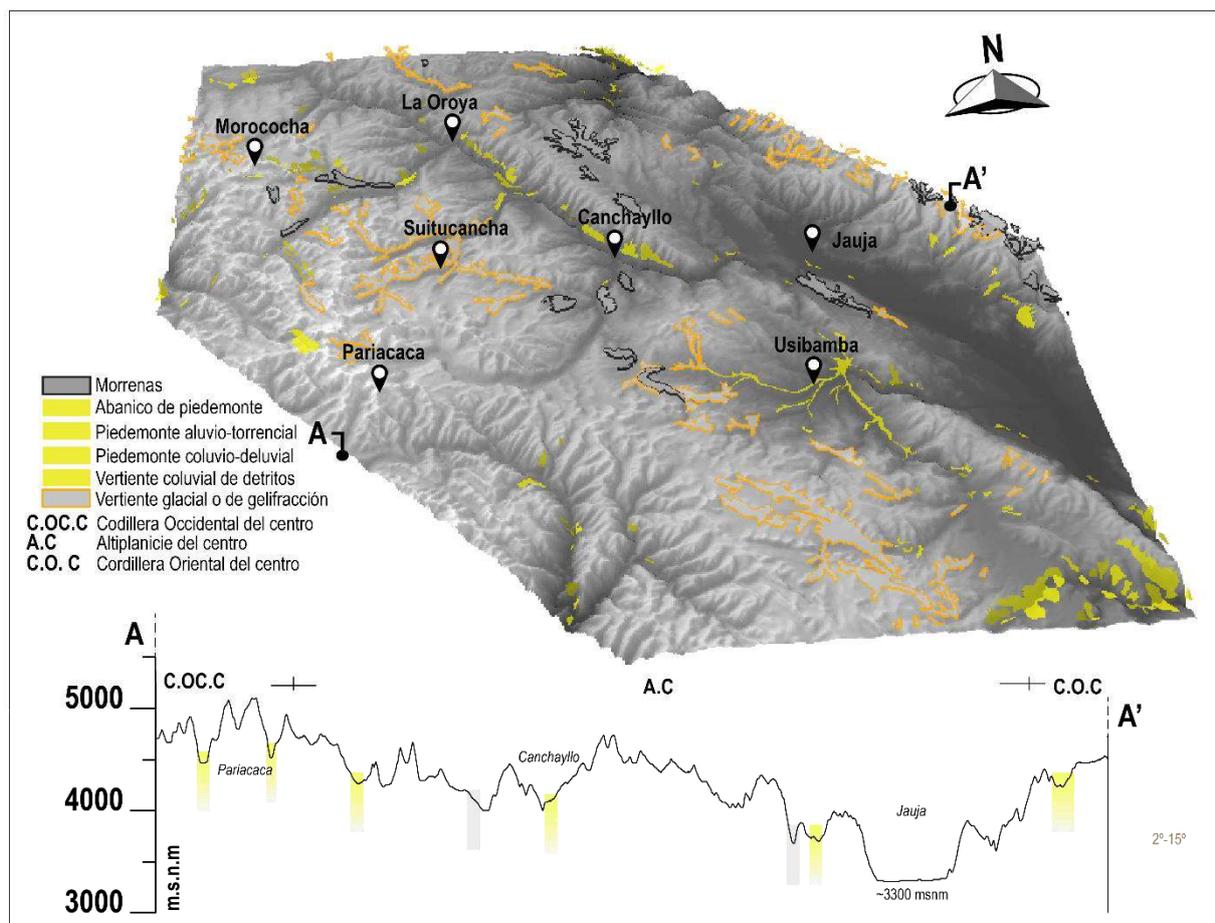


Figura 2.8 Sub unidades geomorfológicas de la unidad de piedemonte. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.

Morrenas (Mo)

Las morrenas son geformas convexas suaves y alargadas que se formaron durante el Pleistoceno-Holoceno debido a la acumulación de materiales de diferentes tamaños, como gravas con formas angulosas, bloques, guijarros y arena, depositados por la acción glacial. Estos materiales se encuentran dispuestos sin estratificación dentro de una matriz abundante de limo y arcilla. (Gómez & Pari, 2020) Se encuentran continuos a los valles glaciarios de la zona altiplánica y en la Cordillera Oriental.



Abanico de piedemonte (Ab)

Se refiere a la presencia de conoides o abanicos de pendiente baja hacia el valle, con ángulos de inclinación que oscilan entre 2° y 15°. Según Gómez & Pari (2020), estos conoides se forman debido a la acumulación de material transportado desde una cadena montañosa, principalmente debido a eventos de flujo excepcionales en la desembocadura de arroyos y ríos afluentes.

Vertiente o piedemonte aluvio - torrencial (P-at)

Esta sub unidad se encuentra asociada a los depósitos dejados por los flujos de detritos y de lodo de tipo excepcional (Sosa & Lara, 2019). Se encuentra en el sector de Usibamba, con pendientes regulares generados por el régimen de flujo.

Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial (V-cd)

Según Sosa & Astete (2019), esta unidad está formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulaciones por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material de pie de laderas. depositados por flujos de agua que lavan materiales sueltos de las laderas)

Son acumulaciones puntuales que se ubican en las laderas de la sub unidad de montañas y colinas, generalmente los depósitos coluviales presentan pendientes más abruptas, mientras que los depósitos deluviales pendientes suaves a moderadas.

Vertiente coluvial de detritos (V-d)

Son depósitos inconsolidados que se dan principalmente en las laderas de la sub unidad montaña y columna estructural, que descienden hasta el valle principal del Mantaro, por la acción de agentes erosivos (Figura 2.5 - A y B).

Vertiente glacial o de gelifracción (V-gl)

Se refiere a una subunidad geomorfológica que se forma mediante la acumulación de detritos debido a la acción gravitacional al pie de las paredes de un valle glacial o en laderas montañosas afectadas por el retroceso glacial. Estos detritos son el resultado de la meteorización mecánica, específicamente la gelifracción, que se produce en el sustrato rocoso que forma las paredes del valle (Gómez & Pari, 2020). La pendiente de esta subunidad es muy variada desde 1° a 45° (Figura 2.10 - B).

2.1.2.4 Unidad de planicies, depresiones y otros

Engloba una variedad de características geográficas con topografía plana o ligeramente inclinada, como planicies, terrazas, valles y bofedales. Cada una de estas sub unidades tiene su propia génesis y características (Figura 2.9).

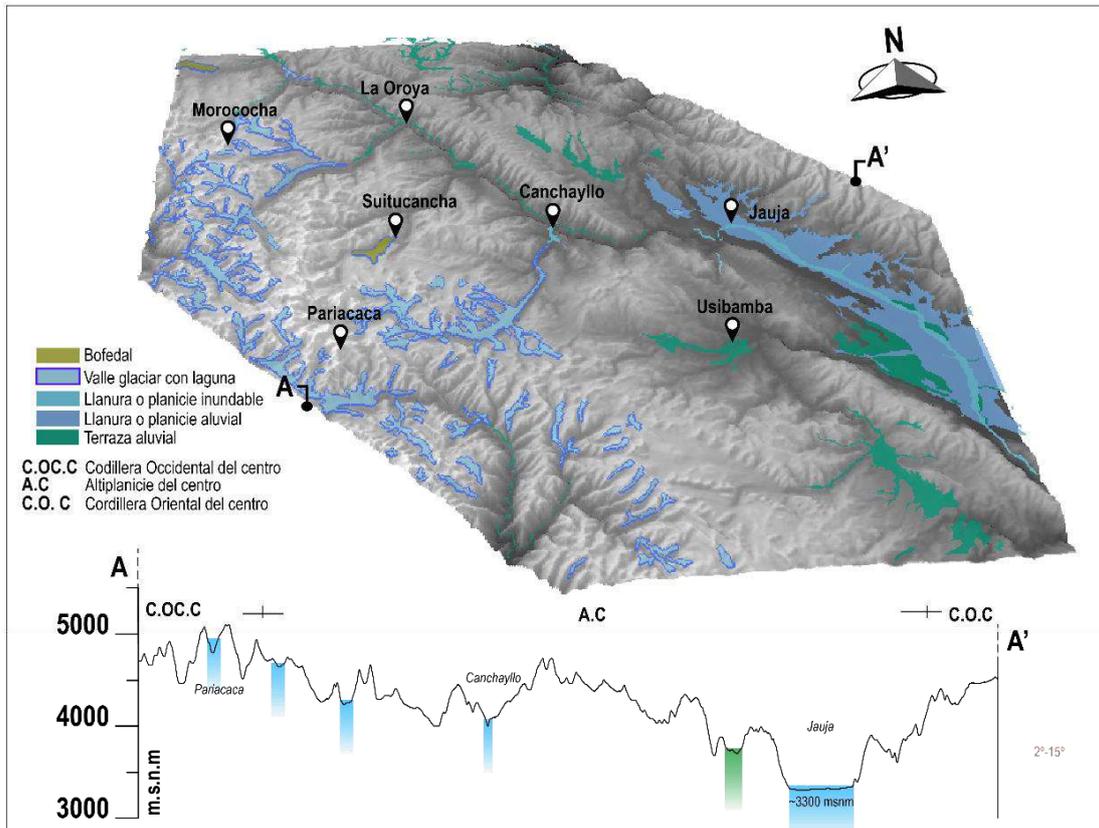


Figura 2.9 Sub unidades geomorfológicas de la unidad de planicies y depresiones. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.

Sub unidad llanura o planicie aluvial (PI-al)

Conforma la depresión Jauja – Huancayo, con pendientes que varían de llanos a inclinados con suaves pendientes, y en ocasiones moderadas.

Llanura o planicie inundable (PI-i)

Corresponde básicamente al lecho del río Mantaro, que puede ser ocupada cuando el cauce del río rebalse en situaciones extraordinarias como las lluvias intensas.

Terraza aluvial (T-al)

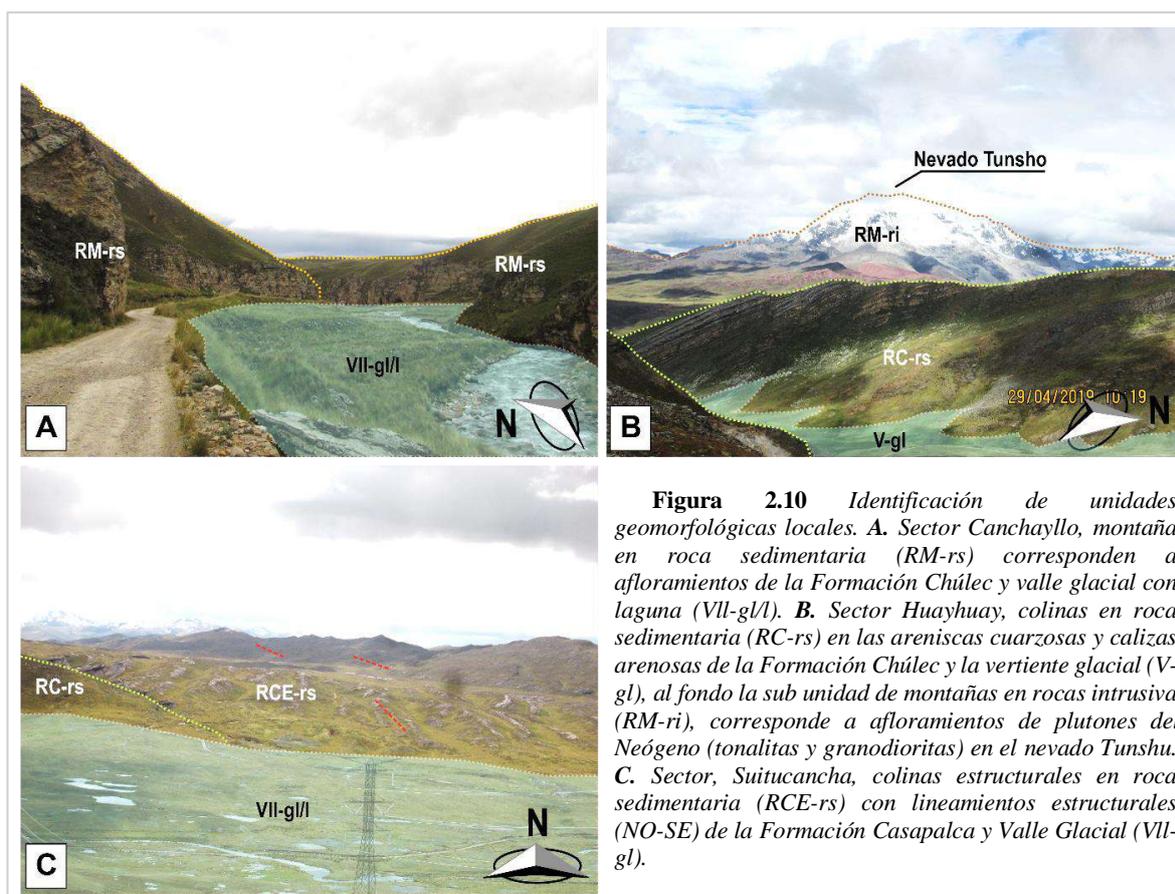
Son porciones de terreno plano que se encuentran dispuestos a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río, con altura relativamente marcada (Figura 2.5 - A y

B). La altura a la que se encuentran estas terrazas representa niveles antiguos de sedimentación fluvial, donde las terrazas más antiguas están a mayor altura (Gómez & Pari, 2020, p-96).

Presentan pendientes suaves a llanas y están compuestos principalmente por depósitos continentales del Cuaternario – Holoceno, principalmente en la zona que se denomina depresión Jauja- Huancayo.

Valle glacial con laguna (VII-gl/l)

Entre los diferentes niveles de terrazas dejados por el avance y retroceso de un glaciar se forman cuencas, donde se pueden encontrar cuerpos de agua que ocupan estas concavidades y forman lagunas (Figura 2.4, 2.10 – A y C). Las lagunas pueden originarse debido al represamiento de un valle glacial, así como por la presencia de deslizamientos, avalanchas de rocas o grandes acumulaciones de detritos que se desprenden de las paredes del valle (Gómez & Pari, 2020)



Bofedales (Bo)

Ubicada en la localidad de SuitucanCHA a 4500 m.s.n.m., es una planicie permanentemente húmeda, que almacena agua del deshielo de glaciares, lluvias y aguas subterráneas.

2.1.3 Clima

El Clima para la zona de la Cordillera Occidental, presenta un clima Lluvioso semifrígido (de tundra), se caracteriza por presentar precipitaciones anuales, en promedio de 700 mm, temperaturas medias anuales de 7° C (Figura 2.11) y nieves perpetuas en la alta montaña. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con heladas moderadas.

Mientras que para la zona del valle del Mantaro y la Cordillera Oriental, presenta un clima Lluvioso Frio, presenta precipitaciones anuales promedio de 700 mm, y sus temperaturas

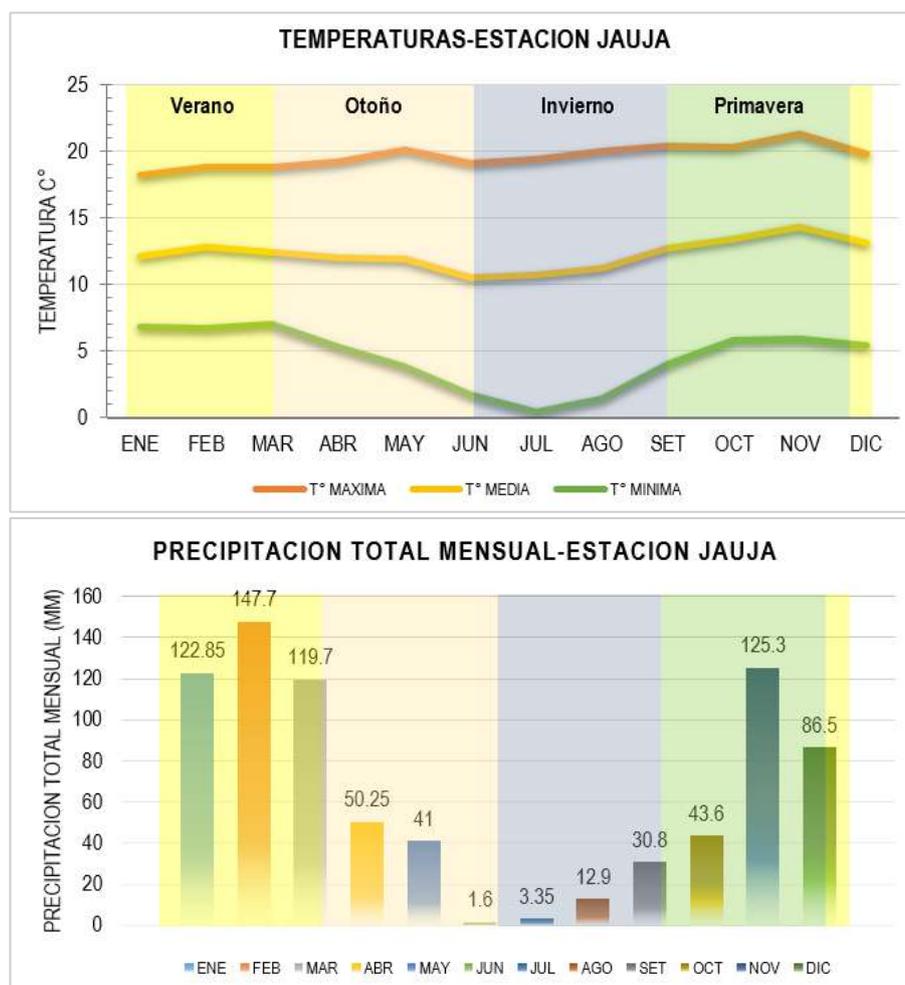


Figura 2.11 Arriba, datos analizados de Temperatura (°C) de la Estación Jauja. Abajo, datos analizados de la precipitación total mensual (mm) de la Estación Jauja. Fuente: SENAMHI, 2017-2018.

medias anuales de 12°C. Presenta Veranos lluviosos e inviernos y otoños secos con fuertes heladas. (SENAMHI, 2020).

En los gráficos de la figura 2.11, se muestran datos de la estación meteorológica de Jauja (000503/DZ-11, Latitud 11°47’ “S” Longitud 75° 29’ “W”), que muestra condiciones climáticas representativas para la zona de estudio. Dichos datos fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), en los años 2017-2018.

2.1.4 Vegetación

La existencia de una alta diversidad de hábitats y especies en el mencionado ecosistema se le atribuye a la diversidad de formas de tierra y suelos que existen, quedando en un segundo plano la influencia del clima debido a su reducida gradiente altitudinal y por ende de la temperatura (MINEM, 2015).



Figura 2.12 Vegetación tipo Herbazal. A la izquierda Ichu (*Stipa sp.*) y a la derecha Chilca (*Baccharis pentlandii*)

Dentro de la zona de estudio en el plano de vegetación (Figura 2.14), se puede observar que el mayor porcentaje de área ocupada corresponde a la Formación Vegetal Herbazal (Tabla 2.2). Está constituido por especies de hierbas anuales, entre ellas los pajonales, bofedales y gramadales de puna. Así por ejemplo se tiene al Ichu (*Stipa Ichu*) (Figura 2.12), Llantén (*Plantago major*), Trébol (*Trifolium repens*), Ortiga común (*Urtica urens*), Malva (*Malva silvestris*), Berbena (*Verbena litoralis*), Aliso (*Alnus acuminata*), Agave (*Agave Americana*), Chilca (*Baccharis pentlandii*) (Figura 2.12), Retama (*Spartium junceum*).



FORMACION VEGETAL	VEGETACION	AREA (Km2)	% APROX
Herbazal	Bofedales	107.31	1.3%
	Herbazal Erguido Altoandino Xerico de Colinas y Montañas	137.92	1.6%
	Herbazal Erguido Andino Húmedo de Planicies	375.01	4.5%
	Herbazal Erguido y Matorral Andino Húmedo de Colinas, Montañas y Planicie	2233.07	26.5%
	Herbazal Rastroero Altoandino Húmedo de Planicies	17.99	0.2%
	Herbazal Rastroero Andino Húmedo de Colinas y Montañas	2609.98	31.0%
	Herbazal Rastroero Andino Húmedo de Planicies	215.43	2.6%
Matorral	Matorral Montano Húmedo de Montañas y Planicies	20.42	0.2%
	Matorral Montano Sub Húmedo de Montañas y Colinas	412.70	4.9%
	Matorral Montano Sub Húmedo de Planicies	81.49	1.0%
Otros	Plantación Forestal	35.60	0.4%
	Suelos Desnudos	748.53	8.9%
	Cultivos	1426.38	16.9%
TOTAL		8421.82	100.0%

Tabla 2.2 Resumen de las Unidades de Vegetación identificadas en el área de estudio FUENTE: Base de datos tomada de ZEE-Junín

2.1.5 Hidrografía

La zona de estudio se encuentra dentro de la cuenca del río Mantaro, que a su vez se encuentra modelando al valle del mismo nombre que presenta una dirección predominantemente NO - SE, (Figura 2.14) dividida en dos tramos característicos.

El primero que va desde la Oroya hasta Jauja, donde sus cauces discurren con pendientes moderadas a muy fuertes. Sus principales ríos tributarios en esta zona son Yauli, Pucayacu, Iscupampa, Huari y Pachacayo; los cuales, nacen en la Cordillera Occidental, básicamente de los lagos y lagunas formadas por el retroceso glaciar de nevados como Pariacaca, Tunshu, Huallacancha y Colquepucro, siendo algunas de ellas Tunshu, Azulcocha, Antacocha, Yauricocha, Vichecocho, Pomacocha y Huallacocha bajo (Figura 2.13).

El segundo tramo corresponde a la depresión de Jauja- Huancayo, siendo el principal tributario el río Cuna (ANA, 2019).

La importancia del Río Mantaro radica en el gran aporte que da hacia la agricultura principalmente en esta zona, además de su aprovechamiento para para la generación de energía hidroeléctrica mediante varias centrales, para actividades recreativas y turismo, así como también de fuente de abastecimiento de agua para la región central de Perú.

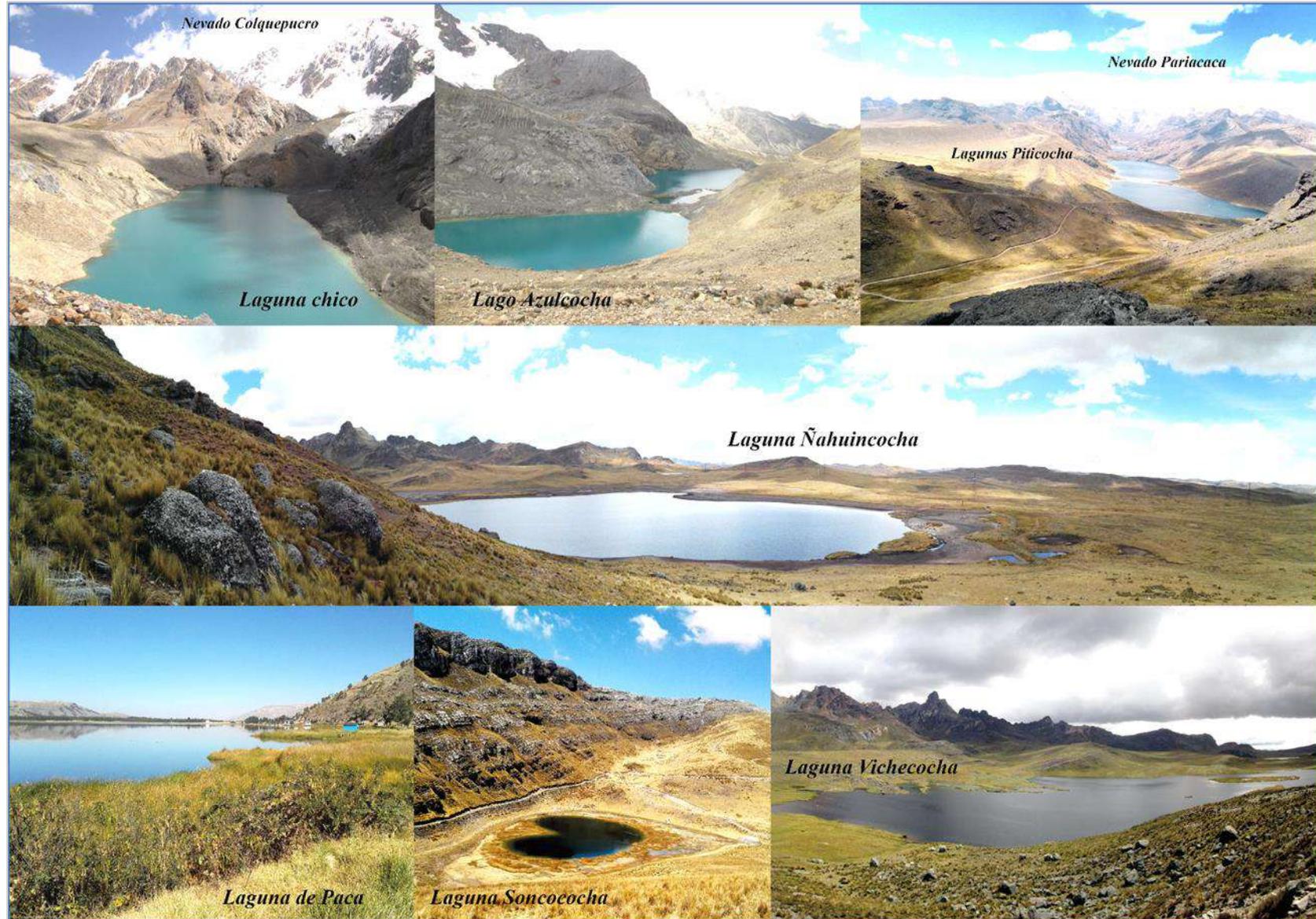
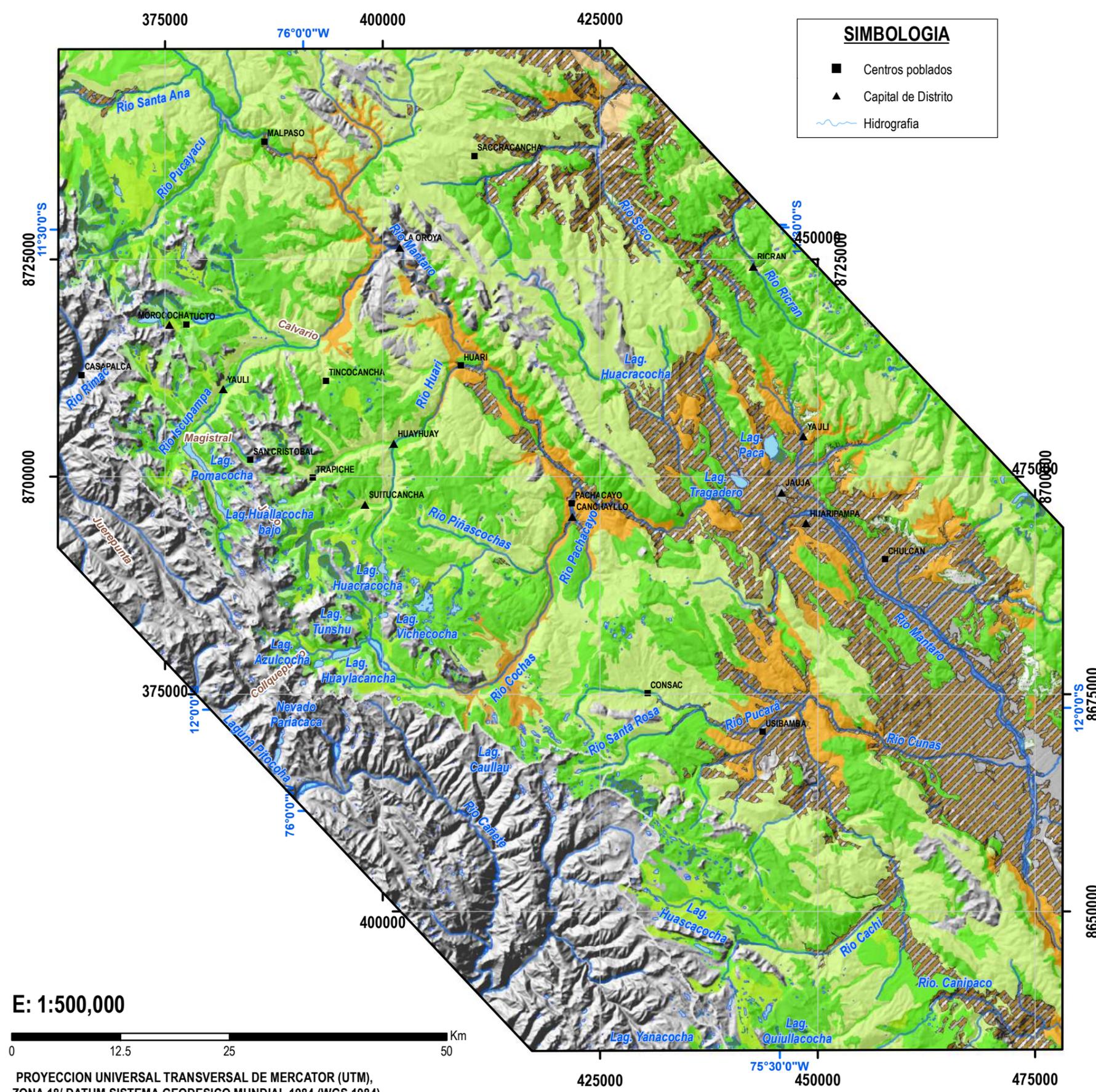


Figura 2.13 Circuito de lagunas presentes en el área de estudio, las cuales se formaron por el retroceso glaciar y son fuentes para el inicio de la red hidrográfica del Valle del Mantaro.



SIMBOLOGIA

- Centros poblados
- ▲ Capital de Distrito
- ~ Hidrografia

E: 1:500,000

0 12.5 25 50 Km

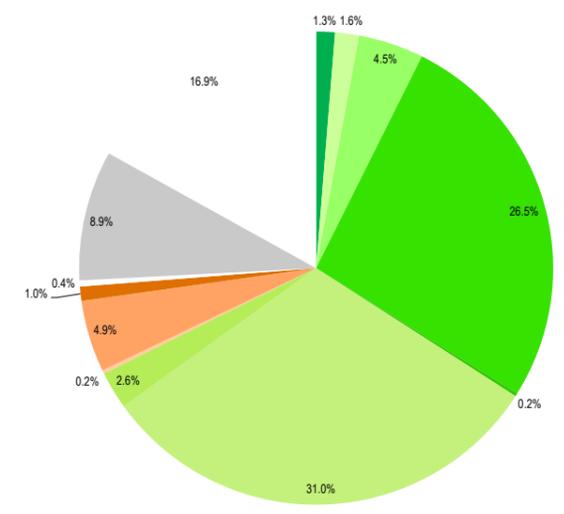
PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM), ZONA 18/ DATUM SISTEMA GEODESICO MUNDIAL 1984 (WGS 1984)

LEYENDA

Vegetacion en el área de estudio

FORMACION VEGETAL	VEGETACION	LEYENDA	AREA(Km2)	% APROX.
Herbazal	Bofedales		107.31	1.3%
	Herbazal Erguido Altoandino Xerico de Colinas y Montañas		137.92	1.6%
	Herbazal Erguido Andino Húmedo de Planicies		375.01	4.5%
	Herbazal Erguido y Matorral Andino Húmedo de Colinas, Montañas y Planicie		2233.07	26.5%
	Herbazal Rastroero Altoandino Húmedo de Colinas y Montañas		17.99	0.2%
	Herbazal Rastroero Andino Húmedo de Planicies		2609.98	31.0%
Matorral	Matorral Montano Húmedo de Montañas y Planicies		20.42	0.2%
	Matorral Montano Sub Húmedo de Montañas y Colinas		412.70	4.9%
	Matorral Montano Sub Húmedo de Planicies		81.49	1.0%
Otros	Plantación Forestal		35.60	0.4%
	Suelos Desnudos		748.53	8.9%
	Cultivos		1426.38	16.9%
TOTAL			8421.82	100.0%

Distribucion de la Vegetación en el área de estudio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS:
 EVOLUCIÓN DE CUENCA SEDIMENTARIA DE LA FORMACIÓN CASAPALCA, ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUITUCANCHA Y USIBAMBA - JUNIN

MAPA:
MAPA HIDRICO Y DE COBERTURA VEGETAL

TESISTAS:
 BACH. HUACHACA CHIPANE, CLEBER
 BACH. MAMANI QUISPE, ELIZABETH ROSARIO

ASESOR: ING. RAMIREZ PRADA, JOSE CARLOS

FECHA: ENERO, 2024 ESCALA: 1/500,000

FIGURA N°:
2.14

Modificado de ZEE Junin (2015)

Figura 2.14 Mapa hídrico y de cobertura vegetal en el área de estudio. Data tomada de la ZEE Junin (2015)



2.2 MARCO GEOTECTONICO

2.2.1 Generalidades.

Según Bellido y Montreuil (1972), desde el punto de morfológico-estructural, planteo unidades que ubicarían el área de estudio dentro de la cordillera Occidental, Valles interandinos y la Cordillera Oriental. Posteriormente y en base a esto, con el avance en la investigación geológica a nivel nacional sobre estudios de sedimentología, estratigrafía, tectónica, magmatismo, geoquímica y petrología, se plantean dominios geológicos o geotectónicos, que brindan una mejor comprensión del territorio peruano y facilitan la integración de la información geológica (Carlotto et al., 2009).

Actualmente en Rodríguez et al. (2022) se plantea nuevos dominios geotectónicos, dentro de las cuales el área de estudio ocuparía los dominios de la Cordillera Occidental del Centro, Cordillera Oriental del Centro y principalmente en la Altiplanicie del centro, que siguen el lineamiento del sistema andino NO-SE y con altitudes que varían entre 3300 y 5685 m.s.n.m (Figura 2.15)

2.2.2 Dominios geotectónicos

2.2.2.1 Cordillera Occidental del Centro del Perú

La Cordillera Occidental es la más elevada del sistema Andino, su pico más alto es el nevado Huascarán, cuya altitud llega a 6 7 68 msnm. La línea de cumbres sigue una dirección paralela al litoral Pacífico y es la divisoria continental de las aguas.

En el área de estudio, estructuralmente se encuentra limitada en el lado este, por el sistema de fallas Chonta, límite de los basamentos de la Amazonia y el basamento de Paracas. Este sistema de fallas actuó de manera normal en el Jurásico – Cretácico, cambiando a movimientos transcurrentes con componente vertical en el cenozoico (Rodríguez, 2008), Litológicamente, la Cordillera Occidental está constituida principalmente por sedimentos mesozoicos sobre un basamento paleozoico, caracterizado también por presentar una la intensa actividad volcánica en el cenozoico, la prolongación oriental del Batolito de la Costa, el Batolito de la Cordillera Blanca y por secuencias volcano-sedimentaria y volcánicas del Cenozoico. (León et al 1999; Carlotto et al., 2009).



2.2.2.2 *Altiplanicie del centro del Perú*

Se encuentra entre los dominios de la cordillera Oriental y Occidental, y es el dominio donde se desarrolla el estudio de la tesis.

Este dominio es controlado al Oeste por el sistema de fallas Chonta y al este por el sistema de fallas Cerro de Pasco -Huancavelica, que involucran al basamento cristalino proterozoico. En el mesozoico estos sistemas de fallas actuaron como fallas normales, que durante el Cenozoico presentaron una inversión y generaron estructuras en flor, lo que ha favorecido la formación de grandes cámaras magmáticas, dando lugar así a la formación de calderas que emitieron grandes volúmenes de ignimbritas (Carlotto et al., 2010).

Dentro de este dominio, es importante mencionar la división en subdominios que se realizó en base a las condiciones litológicas y estructurales, los cuales son: Azulcocha, Cochas, Cerro de Pasco- La Oroya y Jauja, y dos altos estructurales que son el Domo de Malpaso y Domo de Yauli, estructuras que serán descritas con más detalle en el ítem 2.4.

Podemos mencionar que este dominio se distingue por su relieve suavemente ondulado, compuesto por llanuras extensas, colinas y suaves cadenas montañosas con signos de una erosión glaciaria intensa, que dejó a su paso depósitos de morrena y depósitos fluvio-glaciares. Siendo modelado también por el Valle del Mantaro y sus ríos tributarios, van a desaguar en la amazonia.

2.2.2.3 *Cordillera Oriental del centro del Perú*

La Cordillera Oriental exhibe una topografía abrupta hacia el este, donde los valles muestran flancos empinados y estrechos, dividiendo la cordillera en ciertos tramos. Los cauces de los ríos descienden con pendientes pronunciadas y caídas abruptas hacia los grandes ríos de la Llanura Amazónica, mientras que en su lado oeste se encuentra modelado por la erosión glaciaria.

Este dominio corresponde a una cuenca distensiva en un contexto de trasarco, que luego evoluciona hacia un régimen compresivo en un contexto de antepaís de retroarco, que, en el área de estudio, está controlado por el sistema de fallas Cerro de Pasco - Ayacucho, que experimentó una inversión tectónica durante el ciclo andino, actuando como fallas inversas que originaron el levantamiento de la cordillera (Carlotto et al., 2010).

Las rocas predominantes son metas sedimentarias del Paleozoico que han experimentado un epi -metamorfismo. Además, han sido intruidas por plutones cuya edad se remonta al Permo-Triásico, generando una aureola de metamorfismo térmico (León et al., 1999).

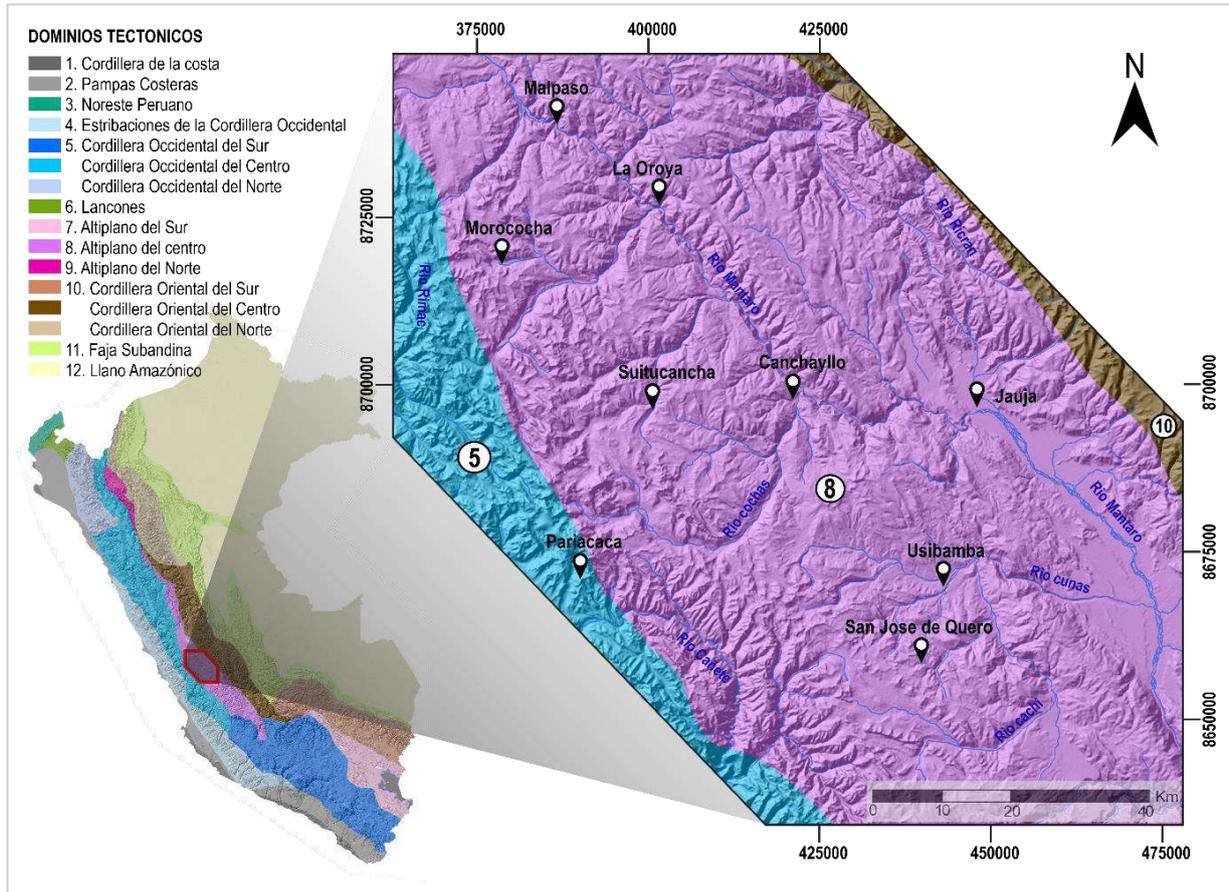


Figura 2.15 Ubicación del área de estudio dentro de los dominios geotectónicos. Tomado y modificado del INGEMMET (Rodríguez et al., 2022).



2.3 MARCO GEOLOGICO REGIONAL

2.3.1 GENERALIDADES

Para la geología regional, se tomó como referencia los estudios realizados en los Andes Centrales del Perú por Mégard (1978); del mismo modo los estudios y trabajos de cartografiado realizados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, a escala 1/50 000. Así como trabajos anteriores de Mégard et al. (1996, 1998); Cobbing et al. (1996); Salazar (1983), Valencia & Atencio (2003), Rodríguez et al (2011, 2021), y estudios de la estratigrafía y sedimentología regional para los Andes Centrales en el Mesozoico y Cenozoico por autores como Ángeles (1999); Jacay (1994); Jaillard (1982, 1987); Rosas et al. (1995,1996,2002).

2.3.2 ESTRATIGRAFÍA

La zona de estudio muestra una estratigrafía amplia, comprendida entre el Paleozoico y el Cuaternario, para el entendimiento del marco estratigráfico es necesario enfocarse en las secuencias sedimentarias y ambiente de depositación, así como en las variaciones laterales dentro del dominio de la Altiplanicie (Figuras 2.17, 2.27 y 2.28).

De forma regional, se ha enmarcado cuatro subdominios dentro del dominio de las altiplanicies centrales (Figuras 2.16), que fueron diferenciadas en base a las características litológicas y estructurales, denominándolas: Azulcocha, Cochas, Cerro de Pasco- La Oroya y Jauja, y dos domos dentro del Subdomino Cerro de Pasco – La Oroya que son el Domo de Malpaso y Domo de Yauli.



2.3.2.1 PALEOZOICO

2.3.2.1.1 Grupo Excelsior (SD-e)

Esta unidad fue definida por Mc Laughlin (1924) en el Perú Central, de edad Siluro-devoniano. Se trata de sucesiones metamórficas en la que las secuencias basales que presentan intenso replegamiento disarmónico conformando pliegues tipo chevrón y pliegues kink (Mamani et al., 2021), debido a la tectogénesis Eohercínica (Mégard et al., 1996). En el cuadrángulo de la Oroya, tanto Valencia & Atencio (2003) como Rodríguez et al. (2021), redefinieron a esta unidad como Grupo Cabanillas, incluyendo a este grupo la Formación Azapite y la Formación Concepción. Para fines prácticos, mencionaremos a estos depósitos como Grupo Excelsior, y se encuentran distribuidos en los siguientes subdominios:

Subdominio de Cerro de Pasco – La Oroya, aflora localmente como el basamento del Domo de Yauli y Domo de Malpaso. La litología está conformada por alternancia monótona de esquistos cuarzosos feldespáticos y filitas, que correspondería a los afloramientos de la Formación Azapite (Valencia & Atencio, 2003; Rodríguez et al., 2021), que presentan un grado más fuerte de deformación con micro plegamientos en chevrón en sus niveles inferiores, con espesores de más de 1000 m. Mediante análisis de litofacies Mamani et al., (2021) sugiere para la parte media superior de esta unidad ambientes sedimentarios marinos y glacio marinos, variando a ambientes mareales.

Subdominio Jauja, aflora principalmente en este subdominio, en dirección de noroeste a sureste en el centro del anticlinorio de Ricrán, identificadas inicialmente por Mégard et al. (1996), como molasas y series tipo flysh de la Formación Concepción, con muy bajo grado de metamorfismo. Litológicamente son definidas como como limo arcillitas cremas y limolitas finas en estratificación rítmica (Valencia & Atencio, 2003), que presentan intenso replegamiento tipo isoclinal, pliegues de tipo chevrón y pliegues por deslizamiento slump, y con un espesor de hasta 1800 m (Valdivia et al., 2021).

2.3.2.1.2 Grupo Tarma (Cp-t)

El grupo Tarma del Carbonífero - Pensilvaniano, sobreyace de forma discordante a las unidades del Devónico debido a la Tectogénesis eohercínica (Mégard et al., 1996), con un

estimado de 1000 m de potencia (Valencia & Atencio, 2003). Sus afloramientos se distribuyen de la siguiente manera:

Subdominio de Cerro de Pasco – La Oroya, propuesto en la zona del domo de Yauli y el domo de Malpaso por Rodríguez et al. (2021.), donde inicialmente fue cartografiado como el Grupo Mitu por Mégard et al (1996) y Valencia & Atencio (2003). Definidas como limolitas y calizas marmolizadas con secuencias en niveles superiores de material piroclástico con bloques tobáceo de color verdoso con presencia de foliación, lo que supondría ser una zona de cizalla (Rodríguez et al., 2021).

Subdominio Jauja, En este subdominio el Grupo Tarma se ubicada cerca al centro poblado de Ricrán, en el anticlinorio de Tarma – Huancayo, este grupo caracteriza por presentar secuencias carbonosas brechadas fosilíferas y secuencias detríticas de lutitas grises o negras, areniscas cuarzosas verdes / amarillentas y conglomerados polimícticos, que descansan en discordancia angular sobre el Grupo Cabanillas. (Mégard et al, 1996; Valencia & Atencio, 2003; Rodríguez et al, 2021) con un espesor promedio de 200 m. (Valdivia et al., 2021)

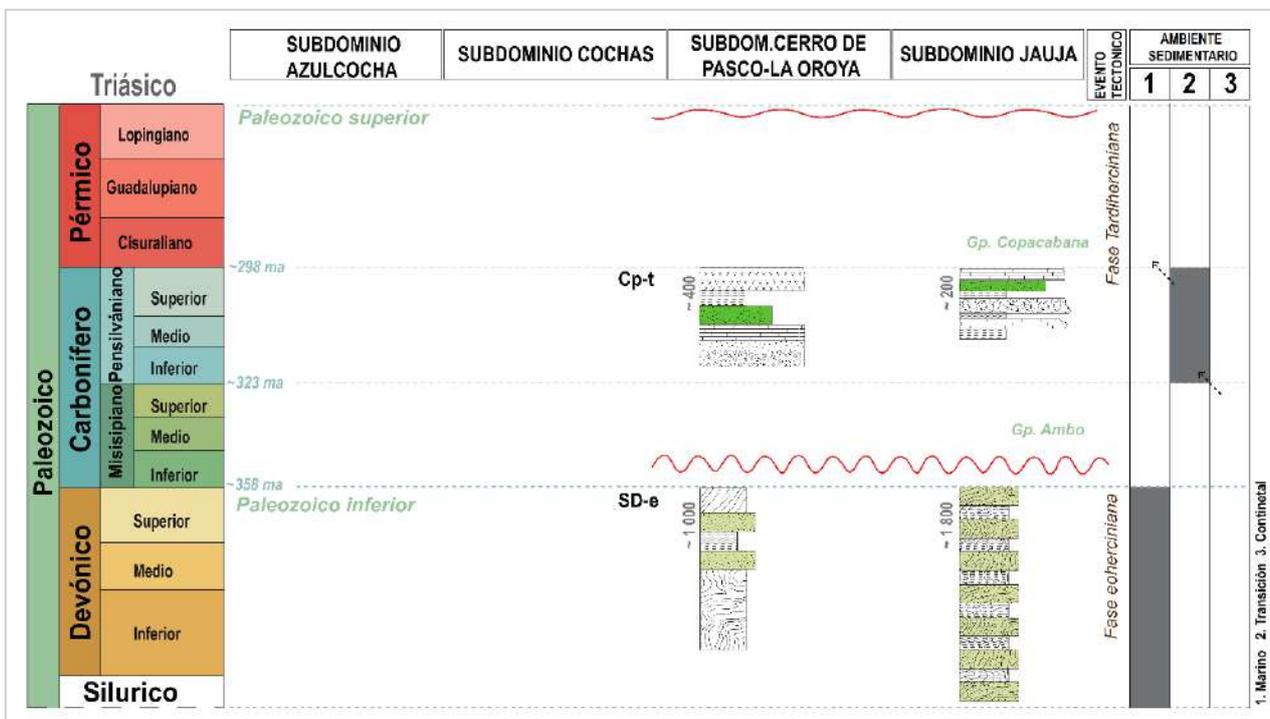


Figura 2.17 Resumen esquemático de unidades litoestratigráficas regionales del Paleozoico presentes en la zona de estudio.

2.3.2.2 MESOZOICO

2.3.2.2.1 Grupo Mitu (PET-m)

El Grupo Mitu yace concordante al Grupo Tarma y generalmente fallado en contacto con el Grupo Cabanillas, con aparentemente 1700 m de espesor. (Valencia & Atencio, 2003). En Huancayo, Campos y Mégard (1979) reportaron dataciones K/Ar que dan una edad de 260 ± 25 Ma mientras que en el sur Klink et al. (1993) obtienen una edad de 272 ± 10 Ma con el método K/Ar asignándole una edad Permo – Triásica; sin embargo, estudios recientes, sugieren que la parte inferior del grupo podría pertenecer al Triásico medio (Rodríguez et al, 2011; Rodríguez et al, 2021).



Figura 2.18 Afloramiento del Grupo Mitu. En el sector de Ricrán, correspondientes a niveles conglomeraditos con clastos volcánicos del color gris.

Se trata de depósitos continentales, sedimentados en un contexto de régimen extensional de rift continental, las que afloran en el borde oriental subdominio de las Altiplanicies (Mégard, 1978).

Aflora en el *subdominio Cerro de Pasco- La Oroya*, en el sector del Domo de Yauli, compuesto de lavas andesíticas porfíricas y tobas cristalolíticas generalmente bien alteradas, cartografiados antiguamente como Volcánicos Catalina (Mégard et al., 1996; Valencia &



Atencio, 2003), se presentan como coladas o acumulaciones de brecha, conglomerados volcanoclásticos y meta volcánicos de color gris a rojizo, con 100 a 300 m de espesor (Mamani et al., 2021), que desaparecen en extensión lateral hacia el domo de Malpaso y el Subdominio de Jauja

En el *subdominio de Jauja* aflora formando una franja de dirección NO-SE en el sector de Ricrán (Figura 2.18), litológicamente está conformado por dos series: una serie detríticas de arenisca rojiza y otra de conglomerados con clastos volcánicos de color gris y violáceos (Rodríguez et al., 2021), también presenta lavas de composición andesítica y tobas de cristales con líticos (Valdivia et al., 2021).

Según Mégard et al. (1996), los movimientos tectónicos de la fase Tardihercínica (Pérmiano) y los movimientos pre-norianos, no lograron modificar significativamente el estadio horizontal de los estratos del piso estructural del Grupo Mitu.

2.3.2.2.2 Grupo Pucará (Ts-ch/ Ji-a/ Ji-c)

El Grupo Pucará, del Triásico superior -Jurásico inferior; se encuentra aflorando en gran parte del área del subdominio de Jauja, y en menor dimensión en los subdominios colindantes. Generalmente presenta discordancia erosional o una débil discordancia angular sobre el Grupo Mitu (Mégard et al., 1996; Valencia & Atencio, 2003). Su grosor varía lateralmente, teniendo así, más de 1500 m en el subdominio de Jauja y menos de los 500 m en el subdominio de Cerro de Pasco – La Oroya.

El Grupo Pucará, está subdividido en la Formación Chambará, Aramachay y Condorsinga (Harrison, 1943; Mégard et al, 1996), su desarrollo inicia como parte de la cuenca tipo rift del grupo Mitu, en condiciones extensivas, con la transgresión noriana NO-SE (Formación Chambará), formando una plataforma carbonatada con dirección NNO –SSE, y alcanzando su máxima inundación durante el Hettangiano – Sinemuriano (Formación Aramachay) y una regresión posterior SE-NO durante el Pliensbachiano- Toarciano (Formación Condorsinga), como los describe Rosas y Fontboté (1995). Según Carlotto et al. (2009) la transgresión noriana-rhaetiana no habría pasado al sur del Perú debido al alto estructural Totos-Paras que lo separa de la cuenca Arequipa, mientras que las transgresiones del Sinemuriano y Toarciano sí (Figura 2.20); también indica que en base a las observaciones de Rosas (1994) sobre la

variación de espesores de oriente a occidente en una sección cerca del Domo de Yauli, estas cuencas corresponden a grabens y/o semigrabens (Figura 2.20).

Las variaciones litológicas por subdominios están dadas de la siguiente manera:

En el subdominio Azulcocha y subdominio Cochas, el Grupo Pucará aflora en mayor proporción en el subdominio de Azulcocha, en los sectores de la Laguna de Lircay y desde San Juan de Jarpa hasta Chonta Asa , donde fue descrita recientemente por Torres et al., 2021 y Sánchez et al.,2021, como secuencias monótonas de las calizas grises de la Formación Condorsinga, con presencia de oolitos, y fósiles de bivalvos, braquiópodos, gasterópodos y amonites (bióclastos), también presenta intenso plegamiento en el sector de San Juan de Jarpa. Para el subdominio Cochas la Formación Condorsinga aflora en la estructura dómica Chuycho, del cerro Yanaorjo al noreste de la hacienda Piñascochas,



Figura 2.19 A) Vista panorámica de los estratos de la Formación Condorsinga en el Sector de la Laguna Aricocha, al E del Valle del Mantaro. B) Secuencia monótona de calizas grises y calizas arenosas. C) Bióclastos de Amonites en el grupo Pucará.



Subdominio Cerro de Pasco- La Oroya, el Grupo Pucará aflora en los flancos del Domo de Yauli y el Domo de Malpaso, formando secuencias continuas de 150 a > 300 m de espesor entre sus 3 miembros. En el sector de la laguna Lacsacocha, la Formación Chambará está constituida por intercalaciones de calizas tabulares que van desde mudstone a greinstone, de color gris y beige con algunos fósiles de bivalvos, *Inoceramus sp.* y *Nucula* (Mamani et al, 2021) con un promedio de potencia de 25 m, seguido de la Formación Aramachay constituida por una intercalación de areniscas calcáreas y calizas mudstone grises oscuras, con nódulos de chert calcáreo y una fuerte dolomitización hacia el contacto con la Fm. Condorsinga (Rosas, 1995) con un promedio de potencia de 30 m, con abundantes restos fósiles de crinoideos, gasterópodos y amonites; e intercalaciones tobáceas verdosas que indican actividad volcánica contemporánea (Rosas y Fontboté, 1995; Mamani et al, 2021) y finalmente la Formación Condorsinga, que consta de secuencias calizas calcáreas grises con un aumento de calizas arenosas de color gris claras, restos fósiles y oolitos hacia el techo de la formación, también presenta abundante replegamiento y deformaciones sin sedimentarias tipo slump. (Valencia & Atencio, 2003; Mamani et al, 2021) con un espesor de más de 150 m. Hacia el sector de Morococha, el Grupo Pucará aumenta su potencia a más de 350 m y se intercala con rocas basálticas (Basalto Montero), que debido a sus características de rift intraplaca y las mineralizaciones estratiformes de plomo-zinc-plata, se le relaciona con la tectónica en extensión del Hettangiano - Sinemuriano (Rosas y Fontboté, 1995; Mégard et al., 1996; Carlotto et al., 2009).

Subdominio Jauja, el grupo Pucará aflora en gran proporción a lo largo de este subdominio, desde los sectores de Huaricolca, Pomacancha y Vista alegre (Figura 2.19 - a, b, c). En este subdominio la formación Chambará aparece con predominancia litológica de calizas mudstone y greinstone con más de 500 m de espesor, intercaladas con limolitas calcáreas grises, y presencia de nódulos de cherts que van aumentando hacia niveles superiores (Rodríguez et al., 2021). La Formación Aramachay se presenta como secuencias de limolitas calcáreas grises carbonosas, intercalados con areniscas calcáreas y niveles de calizas mudstone de colores grises. En el sinclinorio de Ricrán se observa a la Formación Aramachay con una secuencia de calizas negras nodulosas y tabulares en estratos finos con apenas 200 m (Valencia & Atencio, 2003). El contacto de la Formación Aramachay con la Formación Condorsinga está dado la variación de lutitas y siltitas calcáreas negras a calizas o dolomías (Rosas y Fontboté, 1995). La formación Condorsinga en este sector se caracteriza por las calizas greinstone color gris con abundancia de restos fósiles en la base, variando hacia una intercalación de calizas

mudstone y greinstone asociados a niveles con chert, y calizas oolíticas en estratos gruesos hacia la parte superior y variando a calizas arenosas (Rodríguez et al, 2021).

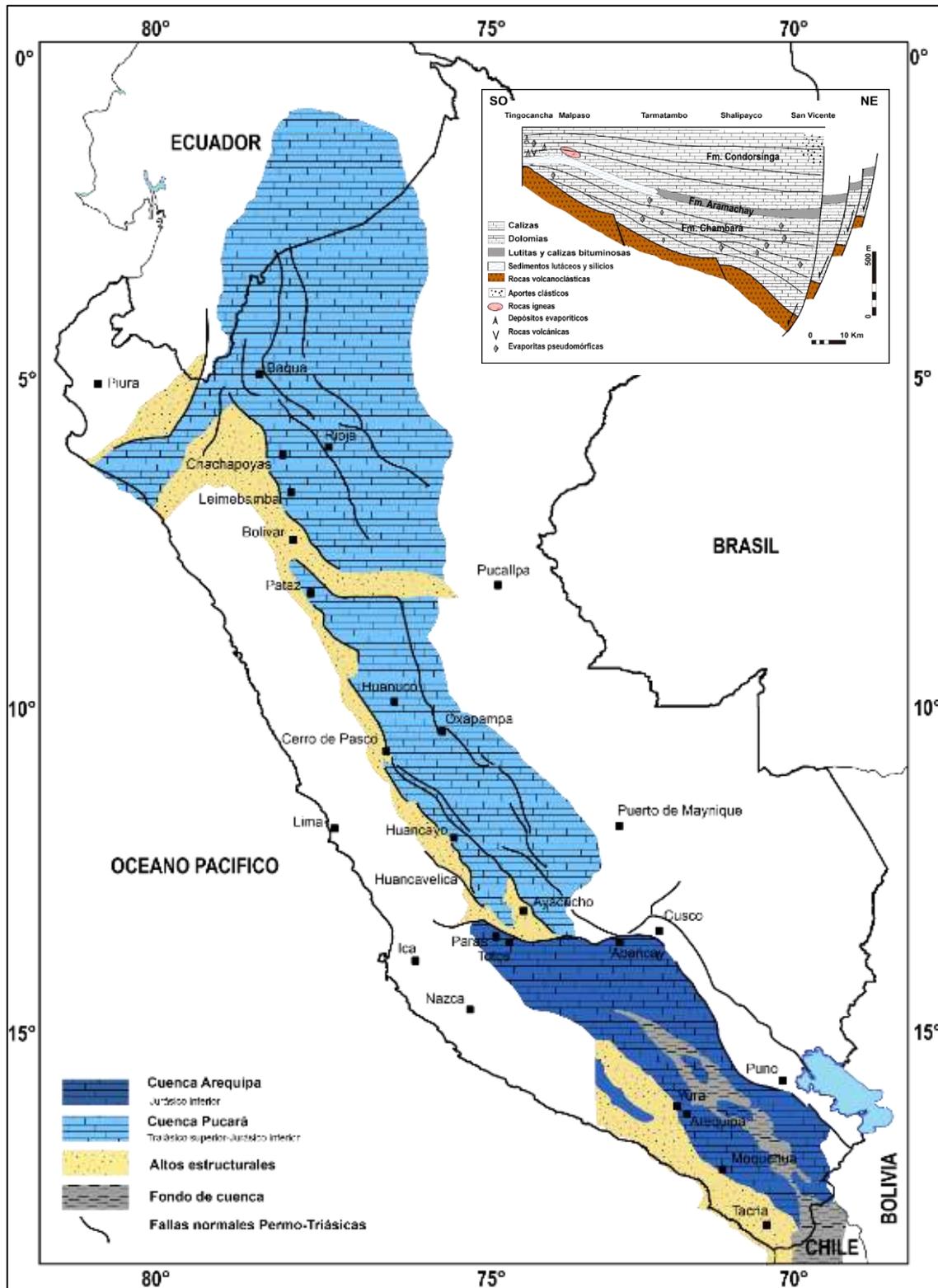


Figura 2.20 Distribución paleogeográfica del Grupo Pucará entre el Noriano y Toarciaco (Carlotto et al, 2009; Giraldo, 2010). Arriba derecha, Sección esquemática del Grupo Pucará e interpretación de modelo de cuenca tipo semigraben (Rosas, 1994)

2.3.2.2.3 Fm. Cercapuquio (Jm-c) y Fm. Chaucha (Jm-cha)

Estas formaciones aparecen solo en el subdominio Azulcocha, en desde las localidades de Chaucha y Azulcocha. al SO del Sistema de Fallas Azulcocha, con potencias de 200 m que disminuyen hacia el este y aumentando hasta unos 600 m hacia la parte sur fuera de la zona de estudio. La Formación Chaucha fue descrita inicialmente como un equivalente de la Formación Chunumayo (Moulin, 1989; Cedillo, 1990; y Rosas y Fontboté, 1990; Mégard et al., 1996), posteriormente Giraldo (2010) mediante un análisis tectono-sedimentario entre las localidades La Oroya y Totos, determinó la siguiente sucesión en el Jurásico medio y superior: 1° Formación Chunumayo (Aaleniano superior-Bathoniano) 2° Formación Cercapuquio (Caloviano-Oxfordiano) y 3° Formación Chaucha (Jurásico superior).

La formación Cercapuquio yace de manera concordante con una ligera erosión a la Formación Condorsinga, litológicamente se trata de series detríticas de areniscas cuarzosas laminadas de grano muy fino a grueso y limolitas, las cuales son interpretadas por Giraldo (2010) como es un paso progresivo de facies carbonatadas marinas; producto del descenso del nivel del mar en el Bathoniano, a facies detríticas de medios deltaicos con predominancia fluvial en el Caloviano (Figura 2.21).

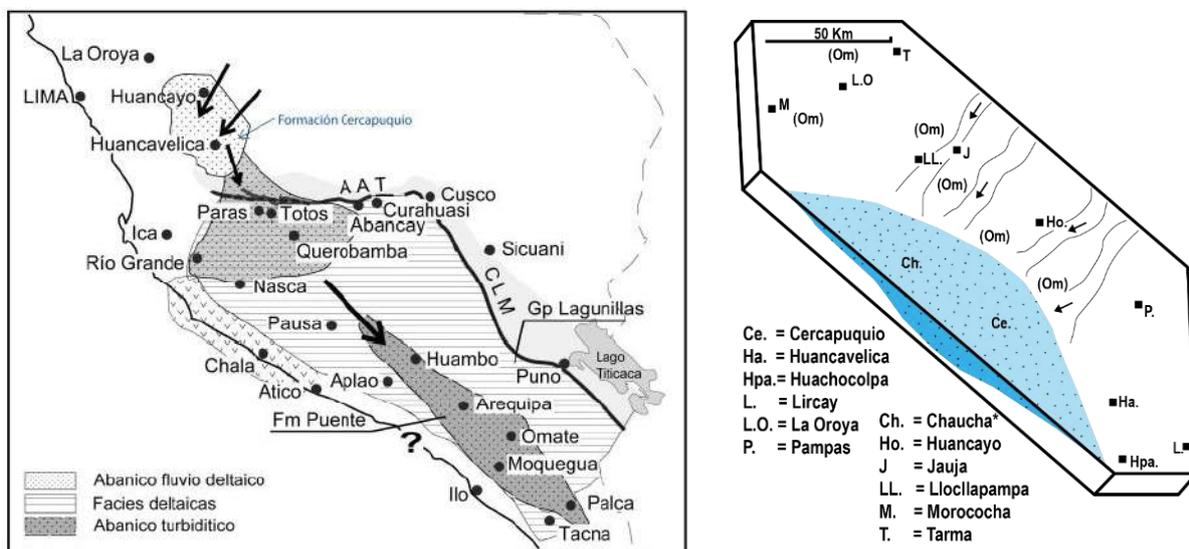


Figura 2.21 A la izquierda, esquema paleogeográfico del Bathoniano al Caloviano en la cuenca Arequipa y el Alto Totos-Paras (Carlotto et al., 2009, tomado de Giraldo, 2010). A la derecha, paleogeografía del sector Tarma- Lircay en el Aaleniano Sup. Bajociano Inf, según Moulin, 1989 (Tomado de Mégard et al, 1996)

Litológicamente la Formación Chaucha, yace de manera concordante a la Fm. Cercapuquio, siendo mayormente carbonatada, presentando dos miembros; el primero, compuesto por secuencias de calizas grises mudstone y greinstone con bioclastos de bivalvos y gasterópodos;



y el segundo, compuesta por areniscas y limo arcillitas calcáreas de colore beige; estas características indican un medio de sedimentación de depósitos carbonatados someros que corresponderían a la pequeña transgresión marina de O-E a finales del Jurásico (Kinmergiano-Tithoniano?) (Sánchez et al, 2021; Giraldo, 2010)

2.3.2.2.4 Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) y Formación Pariahuanca (Ki-ph)

El Grupo Goyllarisquizga sobreyace en leve discordancia erosional a la Fm Chaucha y Fm. Condorsinga. Litológicamente presenta sedimentación parecida en los 4 subdominios, aunque varía considerablemente de espesor, mientras que en los subdominios de Azulcocha y Jauja su espesor puede llegar a superar los 600 m, en Cerro de Pasco y Cochabambas su espesor es alrededor de los 130 m.

El Grupo Goyllarisquizga se describe como una secuencia de arenas limosas intercaladas con lutitas de coloración rojiza, seguidas de secuencias de areniscas cuarzosas de grano medio, bien redondeado y con laminación entrecruzada y hacia el techo secuencias de areniscas conglomerádicas e intercalaciones de areniscas cuarzosas con limolitas grises (Rodríguez et al., 2021; Mamani et al., 2021), interpretándose como ambientes de llanura de inundación y sistemas fluviales (Figura 2.22).

En la parte superior se encuentran una secuencia de ambientes mareales o tidales, de areniscas y limolitas calcáreas amarillentas y calcarenitas a margas de color gris amarillentos intercaladas con limolitas calcáreas de tonalidades grises y gris verdosas, seguido niveles calcáreos por calizas wackstone color gris, con niveles de areniscas calcáreas que corresponderían a la Formación Pariahuanca, esta formación aflora hacia el lado oriental, dentro del subdominio de Jauja en el tramo de la carretera Oroya-Jauja, en el subdominio Cerro de Pasco-La Oroya al NO de SuitucanCHA en la laguna de Lacsacocha y en el subdominio Azulcocha en los flancos del Anticlinal de Azulcocha y el Anticlinal de Chaucha donde anteriormente fue cartografiado como la Formación Chayllacatana; con potencias que varían de 15 – 200 m (Mamani et al., 2021; Rodríguez et al., 2021; Sánchez et al., 2021)

Mégard et al. (1996) indica para el Grupo Goyllarisquizga un ambiente de sedimentación marino continental con planicies de inundación hacia la base, recorridas por canales en trenza, con influencias marinas, barras de desembocadura y estuarios hacia el techo. En tanto para la

Formación Pariahuanca reconoció depósitos de ante playa y de playa superpuestos e indicios de ambientes restringidos poco profundos o de emersión y paleocarsts.



Figura 2.22 Grupo Goyllarisquizga, detalle secuencias de areniscas cuarzosas con laminación entrecruzada

A partir del Aptiano medio-Albiano con la depositación de la Formación Pariahuanca comienza el emplazamiento de una plataforma carbonatada (Formaciones Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín) donde el mar transgrede la zona occidental y central.

2.3.2.2.5 Formación Chúlec (Ki-chu) y Formación Pariatambo (Ki-pt)

Geocronológicamente ambas formaciones se depositaron entre el Cretácico inferior y el Albiano. La Formación Chúlec yace concordante a los infrayacentes Grupo Goyllarisquizga y a Formación Pariahuanca. describen a esta formación como calizas bioclásticas, oolíticas en packstone y greinstone, con fósiles de gasterópodos, amonites, braquiópodos, cefalópodos e icnofósiles; con secuencias de areniscas y limo arcillitas calcáreas, todas éstas en tonos gris amarillentos a gris claros (Mamani et al, 2021; Torres et al., 2021; Valencia & Atencio, 2003) en estratos medios bien estratificados (Figura 2.23). Se puede encontrar en los cuatros subdominios sin que exista mayor variación litológica entre estos, a diferencia de su espesor que varía entre 150 – 450 m, aumentado hacia la zona oriental. Forma además parte la franja de secuencias cretácicas que forman un sinclinorio entre La Oroya y Canchayllo y el sinclinal



Figura 2.23 Formación Chúlec. Detalle A, estratos bien estratificados de areniscas y limo arcillitas calcáreas. Detalle B, calizas bioclásticas.

invertido de La Oroya y Chacapalca,

En estas zonas y sobreyaciendo de manera concordante se encuentra también a la Formación Pariatambo a la cual describen como facies bituminosas de calizas micríticas nodulosas en estrato finos laminares bastante fosilíferas (Figura 2.24), con espesores que varían de 50 – 150 m.

Para la Formación Chúlec, según su litología es atribuibles un medio de sedimentación de plataforma poco profunda, en donde Mégard et al. (1996), reconoce variaciones cíclicas sinusoidales del nivel del mar, donde la tasa de sedimentación es mayor a la subsidencia, Seguido de las facies bituminosas de la Formación Pariatambo, que se depositó en un ambiente anóxico, en aguas tranquilas y relativamente profundas, en el momento más marcado de la transgresión eustática del Albiano.



Figura 2.24 A) Caliza bituminosa de la Formación Pariatambo. B) Estratos laminares de la Formación Pariatambo

2.3.2.2.6 Formación Jumasha (Ks-j) y Formación Celendín (Ks-ce)

En el cretácico superior, la Formación Jumasha se presenta de manera concordante con la infrayacente Formación Pariatambo y la suprayacente Formación Celendín. aflora ampliamente y con buen desarrollo en los subdominios Azulcocha, Cerro de Pasco - la Oroya, donde se puede observar en pliegues asimétricos, en Chevrón y en cabalgamientos de repetición tectónica sobre la Formación Casapalca. En menor medida aflora en el subdominio Jauja y Cochabambas, en las zonas entre La Oroya y Canchayllo, al NO de Pomacancha y entre Pachacayo – hacienda Cochabambas. Litológicamente se le reconocen cuatro miembros al SO del Domo de Yauli en la laguna de Lacsacocha, se compone de estratos tabulares de calizas y dolomías macizas grises (Figura 2.25), pobres en materia orgánica en la parte inferior, seguidas de una sucesión de calizas y lutitas negras como materia orgánica, niveles de calizas grises con rizaduras de corriente irregular con bioturbación, calizas amarillentas laminadas en estratos gruesos a finos hacia la parte superior (Mégard et al., 1996; Valencia & Atencio, 2003; Mamani et al., 2021), evidenciando una plataforma carbonatada tranquila poco profunda en un ambiente de alta energía pero de poca duración (Mégard et al., 1996; Mamani et al., 2021)

La formación Celendín aflora en el lado Occidental del Rio Mantaro, a lo largo de la Oroya – Canchayllo, entre Pachacayo – hacienda Cochas, y en Azulcocha con potencias de hasta 450 m. En el subdominio Jauja posiblemente fue erosionado antes de la sedimentación de las capas rojas (Mégard et al.,1996), presenta una litología de margas, calizas y limo arcillitas rojas a cremas que pasan hacia arriba a unas secuencias de calizas mudstone y wackstone amarillentas de estratos finos grises claros (Figura 2.26), depositados en un ambiente de sabka -tidal (Mamani et al., 2021), constituyendo una secuencia globalmente regresiva debido a la surrección de la margen peruana y corresponde a la Fase Peruana (Jacay, 1994).



Figura 2.25 Vista panorámica de la Formación Jumasha en inmediaciones de la localidad de Chacapalca. A) Secuencia de calizas gris claras.



Figura 2.26 Formación Celendín, detalle de calizas amarillentas wackstone y niveles delgados de margas amarillentas.

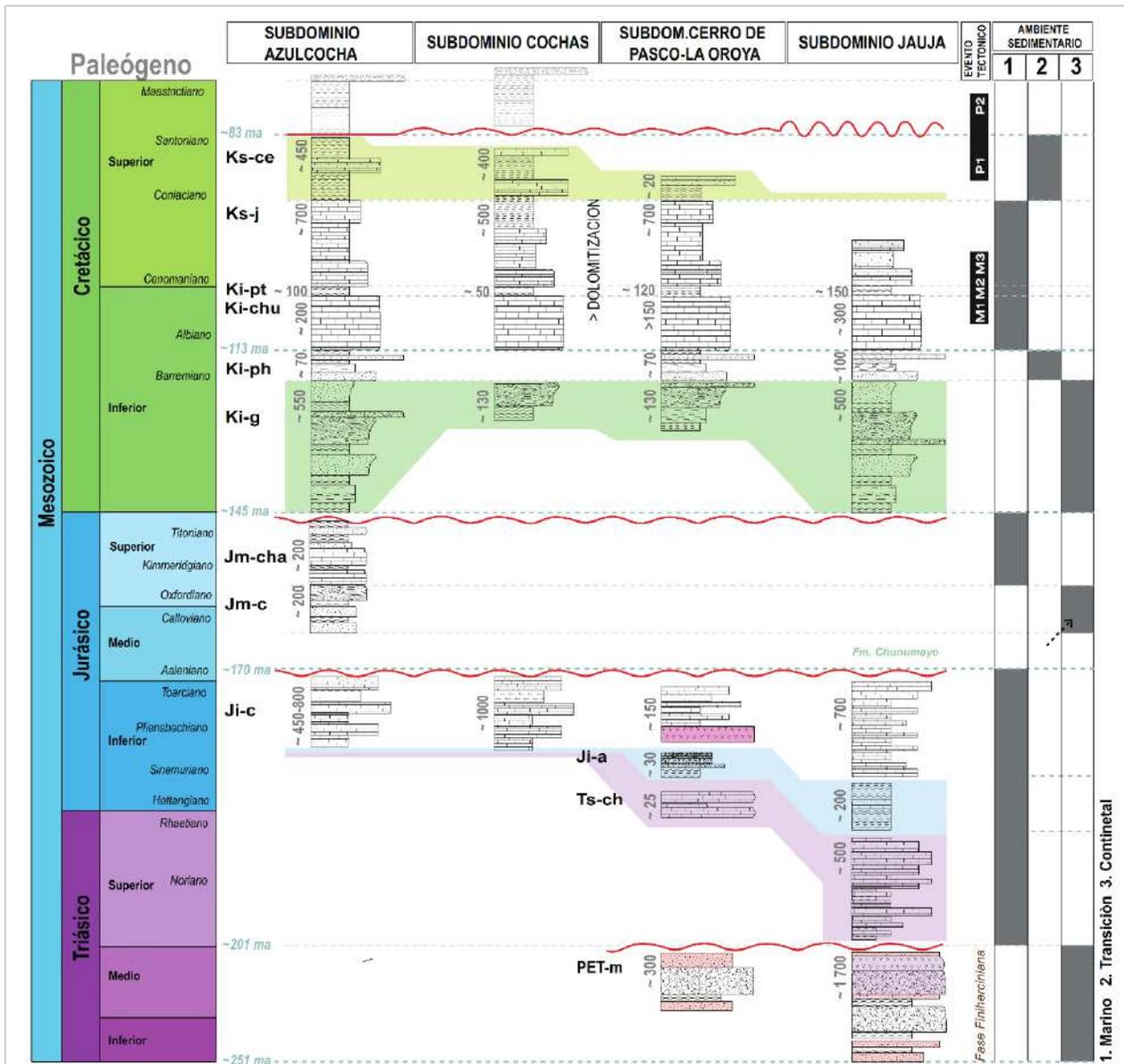


Figura 2.27 Resumen esquemático de unidades litoestratigráficas regionales del Mesozoico presentes en la zona de estudio.

2.3.2.3 CENOZOICO

2.3.2.3.1 Formación Casapalca (KsP-ca)

Fue McLaughlin (1924), quien denominó como Formación Casapalca, a los sedimentos de limo arcillitas rojas brillantes con intercalaciones de calizas y conglomerados, que afloran en la localidad tipo del mismo nombre, en los límites del subdominio Azulcocha, de edad Cretácico superior -Paleógeno. Esta unidad yace en leve discordancia erosional sobre a Formación Celendín, pero esto puede variar por el diacronismo que presenta la Formación Casapalca. Salazar (1983) divide y describe oficialmente a la Formación Casapalca, en la



localidad tipo, en dos miembros: Miembro inferior Casapalca y Miembro el Carmen. Cobbing et al. (1996) en el sector de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores, la subdivide en: Miembro inferior, Conglomerados Shuco y Miembro Calera, posteriormente en el mismo sector, Ángeles (1999), en base a Jenks (1951), sugirió la división de la Formación Casapalca o Formación Pocobamba, en dos miembros: Mb. Cacuan y Mb. Shuco, diferenciándola así de la Formación Calera, siendo esta la clasificación actual para este sector (Rodríguez et al., 2011).

Para la zona de estudio, Valencia & Atencio (2003) reconocieron tres miembros para la Formación Casapalca: Miembro Inferior. Miembro medio y Medio Superior, división que incluía a la Formación Calera. Actualmente y en base a estudios anteriores, Rodríguez et al (2021) también distinguió y separo estas formaciones. Siendo la descripción litológica, de manera sintetizada, la siguiente:

Miembro Inferior, se encuentra sobre las margas de la Formación Celendín, litológicamente se compone secuencias estratocrecientes de una intercalación de lutitas rojas y areniscas en estratos delgados, hacia el tope del miembro presenta algunos niveles delgados de conglomerados matriz soportada, con clastos subredondeados de cuarcita y calizas.

Miembro medio, yace en discordancia erosional sobre el miembro inferior, corresponde a secuencias estratodecrecientes potentes de hasta 10 m de conglomerados polimícticos clasto soportados con clastos subredondeados de caliza y cuarcitas, e intercalación de areniscas y limolitas marrones rojizas con abundancia de trazas fósiles en sus techos.

Medio Superior, inicia en discordancia erosional sobre el miembro medio, litológicamente son conglomerados polimícticos clasto soportados intercalados con secuencias estratodecrecientes de areniscas arcósicas y limolitas de tonalidades rojizas

A lo largo de la Zona Occidental, entre los límites del subdominio Azulcocha se puede apreciar un intenso plegamiento, que podría estar relacionado con Tectónica Inca, hecho que también se puede corroborar por la presencia de discordancias progresivas que presenta en el subdominio Cochabamba, evidenciando una tectónica activa (Rodríguez et al., 2021).

Jacay (1994) en Marcapomacocha (Ondores), determinó que la Formación Casapalca se sedimentó en un sistema fluvial con canales anastomosados y llanuras de inundación hacia la parte media y al tope un sistema fluvial en trenza de mayor energía con una llanura de inundación



bien desarrollada, veremos con más detalle el análisis sedimentológico de la Formación Casapalca en el Capítulo IV.

En el sector Occidental, se tiene registro de varios centros volcánicos en el Paleógeno - Neógeno, representada al SO por las Formaciones Tantarà y Sacsaquero; y al NO por las Formaciones Carlos Francisco, Rio Blanco, Bella Vista y Grupo Rímac. Eventos que continuarían en el Neógeno con las Formaciones Millotingo, Huarochiri y Pacococha. Se tratan de secuencias mayormente calco alcalinas de arcos magmáticos relacionados a ambientes de subducción (Mamani et al, 2021). Estos eventos inician por secuencias lavas y tobas andesíticas, y areniscas volcanosedimentarias de La Formación Tantara (Paleoceno), secuencias de lavas andesíticas, conglomerados y areniscas tobáceas del Grupo Rímac (Eoceno medio – Oligoceno), conglomerados volcanoclásticos, lavas andesíticas, areniscas y brechas piroclásticas de la Formación Carlos Francisco (Eoceno Superior -Oligoceno), secuencias de brechas y areniscas volcanoclásticos bien estratificadas, con deformación Slump y convoluta de la Formación Rio Blanco y Bellavista (Eoceno Superior -Oligoceno), seguido del paso progresivo de lavas andesíticas a tobas acidas de la Formación Sacsaquero (Eoceno Superior). Para culminar con los últimos eventos volcánicos del sector occidental con los derrames lávicos de la Formación Millotingo (Oligoceno superior – Mioceno inferior), depósito de tobas con niveles de lavas blanquesinas de la Formación Huarochiri (Mioceno medio-superior) y los derrames lávicos de composición andesítica basáltica de la Formación Pacococha (Mioceno superior – plioceno). (Mégard et al.,1996; Mamani et al., 2021; Sánchez et al., 2021; Trinidad et al., 2021)

2.3.2.3.2 Formación Calera (Peo-ca)

La formación calera yace en fuerte discordancia erosional sobre el miembro superior de la Formación Casapalca y otras unidades más antiguas, aflora en los 4 subdominios planteados, pero su mayor desarrollo se encuentra en el subdominio Cochas, a lo largo del sinclinal de Usibamba.

Fue definida en la localidad de Cerro de Pasco como caliza calera por McLaughlin (1924), y recategorizada como Formación Calera por McKinstry (1936) y posteriormente como miembro Calera de la Formación Pocobamba por Jenks (1951). Finalmente, Ángeles (1999) y Rodríguez et al. (2011) también la consideran como formación, donde identificaron tres miembros, sin embargo, para la zona de estudio se identificaron solo dos, según Rodríguez et al. (2021): *el Miembro 1* (Secuencias de conglomerados clasto soportados y poco consolidados, lutitas rojas y tobas) y *el Miembro 2* (Secuencias de calizas blancas, tobas, lutitas y areniscas tobáceas con niveles de restos fósiles de plantas; hacia el tope niveles de conglomerados matriz soportada intercaladas con calizas margosas y areniscas grises feldespáticas).



El análisis sedimentológico realizado en Rodríguez et al. (2011), para la zona de Colquijirca en Cerro de Pasco, interpreta a esta formación como una retrogradación de un sistema fluvial entrelazado, que provenía del noreste, erosionando un relieve volcánico activo, que luego se pasa a un ambiente lacustrino con intervención de un ambiente volcánico

Para distinguirla de la formación Casapalca, se valió de la datación radiométrica (K/Ar), realizada por Noble et al. (1979), sobre sanidina y biotita en material volcánico y volcanoclástico, que se encontraban sobre yaciendo a la formación Casapalca, al este de Usibamba ($12^{\circ}00.7' - 75^{\circ} 28.6'$ y $12^{\circ}01.2' - 75^{\circ}29.7'$), determinando una edad de 39.8 ± 1.0 Ma a 36.7 ± 1.0 Ma (Eoceno superior). Esta edad es correlacionable con la edad obtenida en los tufos la Formación Calera de Cerro de Pasco por Noble et al. (1999), que se dataron en 36 a 37 Ma.

2.3.2.3.3 Formación Yanacancha (Nm-ya)

La Formación Yanacancha aflora principalmente en el sector Sur del subdominio Cochas y Azulcocha, en dirección andina NO – SE, desde el este de Consac y hasta la zona Oeste de Chonta asa. Yace de manera discordante sobre los sedimentos del paleógeno, a manera de una gran terraza estructural, conformada de lavas andesíticas porfiríticas y afíricas con fenos de plagioclasa y piroxenos con niveles tobáceos con espesores de hasta 250 m.

Bissig et al. (2008), tienen dataciones Ar-Ar en las tobas de 31.2 ± 0.5 Ma y 32.01 ± 0.2 Ma, corroborando la idea inicial de Gilot (tomado de Mégard et al, 1996), quien lo dato de edad Oligoceno, relacionándolo también con el vulcanismo Paleógeno del Occidente.

2.3.2.3.4 Formación Incahuasi (Nm-in)

Sobre yace en discordancia erosional a la Formación Yanacancha principalmente en la zona Sur del subdominio Azulcocha y en al SO de Usibamba. La parte inferior es de origen lacustre compuesta por limo arcillitas y areniscas calcáreas de grano muy fino rica en intercalaciones tobáceas, de color blanquecino a amarillento, y una parte superior formada por travertinos beige muy resistentes a la erosión. Torres et al., (2021) en base a dataciones de Bissig et al., 2008, le asigna la edad del mioceno superior, asociándolo a los últimos eventos volcánicos de este periodo.

2.3.2.3.5 Grupo Jauja (NQ-ja)

El Grupo Jauja es la unidad resaltante del Neógeno, El Grupo Jauja está subdividido en la **Formación Ushno** (conformada por conglomerados fluviales de clastos calcáreos con areniscas y limo arcillitas) y la **Formación Mataula** (intercalación de capas lacustrinas, areniscas poco consolidadas con niveles tufáceos y conglomerados fluviales). El desarrollo de este grupo viene dado por afloramientos de la Formación Mataula los subdominios Cochas, Cerro de Pasco – La Oroya y Jauja, yace de manera discordante a la Formación Ushno, mientras que la Formación Ushno se desarrolla principalmente en el subdominio Jauja a manera de terrazas que yacen de manera discordante a las formaciones subyacentes alcanzando potencias de hasta 100 m. (Valdivia et al., 2021)

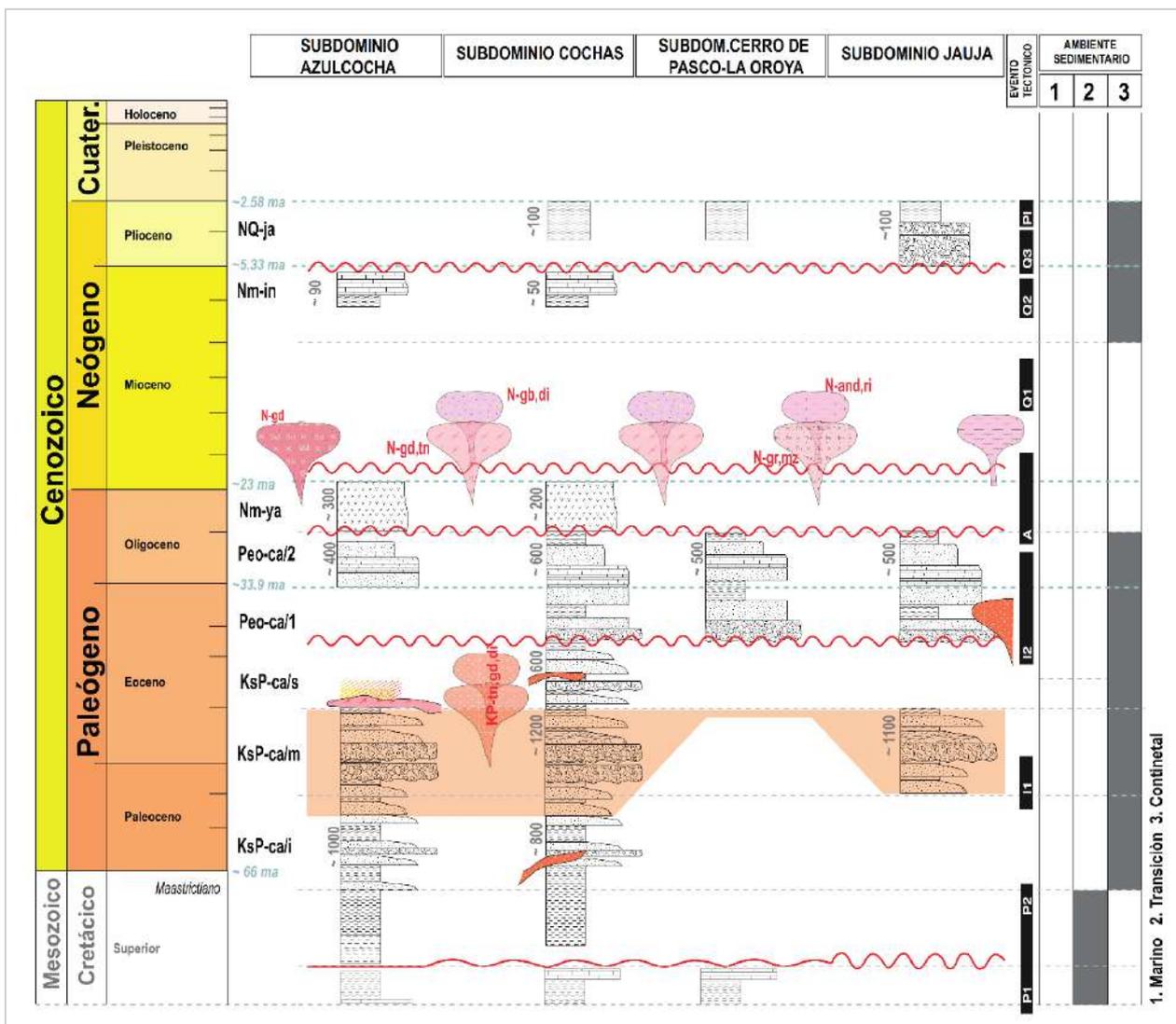


Figura 2.28 Resumen esquemático de unidades litoestratigráficas regionales del Cenozoico presentes en la zona de estudio.



2.3.2.3.6 Depósitos Cuaternarios

En la zona de estudio podemos encontrar acumulaciones recientes e inconsolidados del Cuaternario holoceno distribuidos irregularmente, en las cuales podemos diferenciar depósitos glaciares constituidos por bloques y gravas de depósitos morrénicos, depósitos aluviales depositados principalmente en las terrazas y planicies de la depresión Jauja-Huancayo, depósitos fluviales y fluvioglaciares de los valles formados por los principales tributarios del Río Mantaro y depósitos coluviales depositados en las vertientes de colinas y montañas.



2.3.3.1 CORDILLERA OCCIDENTAL Y LAS ALTIPLANICIES

2.3.3.1.1 Intrusiones del Paleógeno - Neógeno

Se ubican en la zona centro y noroccidental del area de estudio, dentro del cuerpo mas resaltante tenemos al Stock de Alcagranja que es una roca plutónica de composición cuarzomonzodiorítica y textura fanerítica granular de grano medio a grueso (Mamani et al., 2021), se encuentra cortando a la Formación Carlos Francisco de manera discordante.

2.3.3.1.2 Plutones Pariacaca del Neógeno

Se encuentran adyacentes al lado occidental del subdominio Azulcocha, Estos plutones intruyen principalmente las rocas mesozoicas en la Cordillera Occidental como es el caso del Plutón del Pariacaca que corresponden a tonalitas porfídicas de color pardo, granodiorita porfídica de textura fanerítica y monzodioritas con cuarzo con textura granular hipidiomórfica.

Mamani et al., (2021) determinó que se trata de un Plutón simple, debido a que no presenta variación en su composición, pero si presenta xenolitos de diorita. Bissig et al. (2008) dató el Plutón Pariacaca en las zonas de la Mina del Rey Salomón y el cerro Portachuelo, por método Ar/Ar en 12.41 y 13.00 Ma respectivamente, asignándole una edad miocénica.

2.3.3.1.3 Plutón Yanacancha

Se ubica en el sector de Huancaya, se caracteriza por presenta variedad litológica, Según Sánchez et al., (2021) “... se observa un cambio composicional de los plutones, en los extremos afloran de rocas intrusiva intermedia y máfica; los afloramientos de rocas más félsicas se ubican en la parte central...” (p. 40) variando de Gabros, diorita con cuarzos a un cuerpo de monzogranito con textura hipidiomórfica e inequigranular en la parte central. Bissig et al., 2008 dato este plutón con 17.02 ± 11 y 16.66 ± 01 Ma, correspondiendo al Mioceno-Eoceno.

2.3.3.1.4 Plutones Tunshu del Neógeno

La intrusión en Tunshu está formado de dos macizos separados por un tabique de capas rojas metamorfizadas (Mégard et al., 1996), el primero en el sector Tucumachay y el segundo al NE en el Cerro Vicuña dentro del subdominio de Azulcocha. En este segundo sector Rodríguez et al., (2021) determino una variación litológica mediante secciones delgadas, en tres zonas, obteniendo una tonalita porfirítica y un pórfido de granodiorita con matriz granular



hipidiomórfica, dentro del macizo vicuña y pórfido monzodiorítico con cuarzo con matriz granular hipidiomórfica en el intrusivo diorítico asociado.

Estos macizos atraviesan las formaciones cretáceas plegadas, principalmente a la Formación Casapalca. Bissig et al. (2008) dataron el plutón de Tunshu varían desde 13.67 a 14.31 Ma, comprobando que se emplazaron posteriormente a la fase Inca 2 (fines del Eoceno) y después de la fase Quechua 1 como postulo Mégard et al. (1996)

2.3.3.1.5 Plutones del Grupo Morococha

El macizo más importante se encuentra en el subdominio Cerro de Pasco- la Oroya, al NW del Domo de Yauli. Salazar (1983) lo denomina Grupo Morococha, dentro del Complejo de intrusiones menores en la zona alta de la cordillera occidental ocurridas en el terciario medio o superior, está integrada por unidades de diorita, monzonita, andesitas y traquiandesitas, que intruye rocas mesozoicas. Bissig et al. (2008) dato el plutón en el sector de Ticlio en 31.6 ± 1.3 Ma, correspondiente al eoceno-oligoceno.

2.3.3.1.6 Zona Magmática de Vichecochoa

En el subdominio Cochas se distribuyen varios cuerpos entre SuitucanCHA, Canchayllo y Consac, intruyendo a secuencias de la Formación Casapalca que originan una alteración de coloración verdosa en sus areniscas. Valencia & Atencio (2003), identificaron los siguientes cuerpos para la parte central de domino: Pórfidos dacitas (N-da) en el sector Pirhuacochoa, dacitas afíricas (N-daa) en Yahuaspuquio, Yanacorral y microtonalitas (N-tn) en el Cerro Tapacochas. En Consac sector Huacra, se trata de una dacita porfídica de color gris blanquecino y son clasificados como riolitas porfídicas (N-ri) que al emplazarse deformó las capas rojas del sinclinal de La Oroya-Consac, muy abierto en esta zona, en tal forma que se pusieron verticales en el contacto y que se plegaron en un sinclinal secundario de eje curvo (Mégard et al. 1996). A este conjunto Rodríguez et al., (2021) lo denomino como Zona Magmática de Vichecochoa. Bissig et al. (2008) dato el plutón en al SW de Canchayllo en 18.42 ± 0.15 Ma, correspondiente al Neógeno mioceno.

2.3.3.1.7 Pórfidos y subvolcánicos del Neógeno

En el sector occidental del subdominio de Cochas, constituye cuerpos elongados en dirección NO-SE, emplazados en el Sistema de fallas Chonta, Mamani et al., (2021) lo



denomino como Stock Llipina, y estaría constituido por una Pórfido dacita-rio dacita gris blanquecina con tonalidades verdosas.

En la zona sur occidental, 2 macizos intruyen secuencias detríticas y marinas del jurásico y cretácico, al SW del subdominio de Azulcocha en los cerros Inyampata y Caja Real. Mégard et al. (1996) tomo muestras correspondientes a cada macizo y lo describe como una diorita porfirítica, sin embargo, en estudios recientes lo clasifica como pórfido andesítico del eoceno-oligoceno en base a dataciones de Bissig et al. (2008) que dataron una edad de 33.09 ± 0.43 Ma.

2.3.3.2 CORDILLERA ORIENTAL

2.3.3.2.1 Porfiroides del Paleozoico

Corresponden a hipabisales que afloran en la Cordillera Oriental en el subdominio Jauja, con dirección Andina NO-SE, con una extensión de menos de 1km en Quilcas y Bañadero.

Mégard (1998) le atribuye la edad Pérmiano superior a triásica inferior debido a la intercalación que presentaban esta riolitas y dacitas con las series sedimentarias del Grupo Mitu. considerándolo como una manifestación magmática tardía de la tectogénesis neohercínica en el Perú.

2.3.3.2.2 Plutones del Cretáceo - Paleógeno

Y en la Cordillera Oriental en el subdominio Jauja denominado el Macizo de Sacsacancha - Sucllamachay por Paredes (1994), correspondientes al magmatismo andino meso-cenozoico, y que lo describe como un complejo de rocas que van desde pequeños stocks de gabros-diorita, tonalita a un cuerpo principal adamelítico, seguido de Porfiroides riolíticos terminales y basaltos, orientados longitudinalmente N 150°.

2.3.3.2.3 Intrusiones del Neógeno

Son cuerpos subvolcánicos menores que intruyen a las secuencias detríticas paleozoicas del Grupo Tarma y la Formación Concepción. Está compuesto por dacitas de 5 km² y pueden presentar una textura porfídica de color gris. Rodríguez et al., (2021) denomino a esta zona como: Zona magmática de Aras Grande que corresponden al Neógeno.



2.4 MARCO ESTRUCTURAL

2.4.1 GENERALIDADES

La cadena andina muestra estructuras en dirección Andina (NO-SE), resultado de una tectónica polifásica, cuya evolución y formación es el resultado de la superposición de las orogénias precambrianas, herciniana y andina (Bernard et al., 1988), las cuales controlaron el sistema de sedimentación del Mesozoico y Cenozoico. Estos sistemas de fallas en la zona de estudio son: SF Chonta, SF Azulcocha – Huancavelica, SF La Oroya y SF Cerro de Pasco – Ayacucho.

2.4.2 DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS POR SUBDOMINIOS

Los siguientes Subdominios que describiremos, están limitadas por formas estructurales y características litológicas, controlados por Sistemas de Fallas, mediante las fallas regionales existentes y sus ramales (Figura 2.31). La zona de estudio se ha dividido en 4 subdominios, con una configuración estructural y asociaciones de pliegues y fallas característica de cada subdominio.

2.4.2.1 SUBDOMINIO AZULCOCHA

Está controlado por el sistema de Fallas Chonta y el Sistema de Fallas Azulcocha - Huancavelica, ocupa principalmente la zona sur del área de estudio y una franja de dirección NO-SE que separa el área de estudio con la zona occidental dominada por depósitos volcano-sedimentarios. Afloran depósitos mesozoicos desde la Formación Condorsinga hasta el miembro inferior y medio de la Formación Casapalca, con presencia de cuerpos intrusivos del neógeno. Se caracteriza por ser el único subdominio donde ha existido la depositación de las Formaciones Cercapuquio y Chaucha.

2.4.2.1.1 Sistemas de Fallas Chonta

El Sistema de Fallas Chonta tiene dirección andina NO -SE, teniendo como configuración principal fuertes plegamientos y fallas inversas. Deformando los sedimentos mesozoicos desde el Grupo Goyllarisquizga hasta la Formación Casapalca y controlando la gran variedad de intrusivos presentes en la zona occidental; así como los depósitos volcano-sedimentarios del Paleógeno - Neógeno restringiéndolos a la zona Oeste.



En la zona Oeste del domo de Yauli, se tiene un juego de fallas inversas de alto ángulo de dirección NO-SE, denominadas, Falla Pancar, Falla Pabellón y Falla Huallacocha (Mamani et al., 2021), presentan un buzamiento SO, son responsables de un fuerte plegamiento en unidades cretácicas (Anticlinal de Rumicocha), así como el cabalgamiento del Grupo Pucara sobre las Formaciones Jumasha y Celendín. Mamani et al. (2021) menciona un posible control en la sedimentación Permo-triásico y Jurásico debido a la diferencia de espesor que existe en la zona con respecto al Domo de Yauli, actuando como una falla normal que se invirtió en el Eoceno.

Rodríguez (2008) determinó una reactivación en el sistema de fallas en el mioceno superior, con aperturas en zonas de debilidad a manera de estructuras romboédricas, debido a movimientos sinestrales por fuerzas compresivas E-O que dieron inicio a la mineralización por intrusión de domos andesíticos y con un posterior cierre por movimientos dextrales debido a un cambio de dirección de esfuerzos a N-S en el post mioceno. Esta reactivación corresponde a un cambio de oblicuidad en la convergencia de placas tectónicas (Wise y Noble, 2001)

En cuanto a su sistema de pliegues, tienen mayor desarrollo en unidades cretácicas, formando pliegues con dirección NO-SE, siendo mayormente pliegues paralelos (Trinidad et al., 2021) aunque hacia el Sur, en el sector de Huancaya, tienden a volverse pliegues volcados, estrechos y angulares. Forma así, el sistema de faja corrida y plegada del Marañón (Rodríguez et al., 2021).

2.4.2.1.2 Sistema de Fallas Huancavelica - Azulcocha

Este sistema Azulcocha constituye una deflexión ONO- ESE en el límite entre los subdominios Azulcocha y Cocha; y el Sistema Huancavelica, el límite entre el subdominio Azulcocha y Jauja.

El sistema Huancavelica presenta dirección Andina de NO - SE asociados a sistemas de fallas inversas y pliegues en échelon. En el sector de San Juan de Jarpa, Torres, D et al. 2021 menciona que “... muchas de estas estructuras extensionales antiguas actualmente funcionan como fallas de rumbo sinistral.... La presencia de zonas triangulares, pliegues con doble vergencia y estructuras en échelon nos indica la presencia de estructuras de tipo flor positiva”. (p. 39) (Figura 2.30)

El sistema de fallas Azulcocha, denominada por Mégard como sistema de fallas Gran breña, se originó en la fase de compresión N-S del Mioceno superior, con movimientos destrales en dirección andina y cabalgante de manera transversal, formando números pliegues de dirección E-O o desviando pliegues cercanos anteriores (Mégard, 1978), ejemplo de ello tenemos a la falla Azulcocha que controla el cabalgamiento del Grupo Pucara, Fm. Cercapuquio y Fm. Chaucha sobre los depósitos cretácicos y paleógenos (Sánchez et al., 2021)

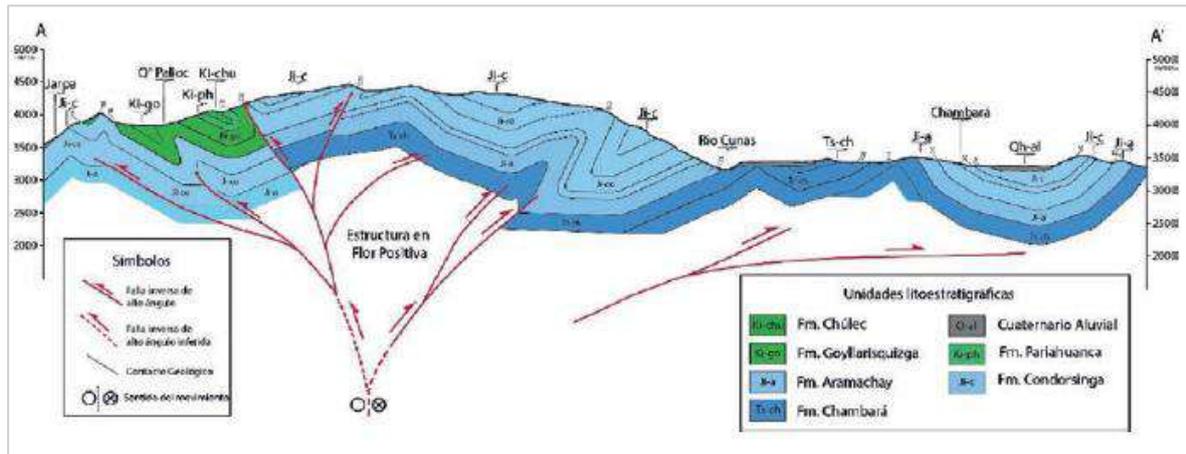


Figura 2.30. Esquema ilustrativo del tipo de deformación en flor positiva del sistema de fallas Huancavelica en la zona de San Juan de Jajpa de oeste a este. Tomado de Torres et al., 2021.

2.4.2.1.3 Sistema de deformación dúctil

El subdominio de Azulcocha se caracteriza por presentar grandes pliegues con buena continuidad que se ubican entre el SF Chonta y SF Azulcocha- Huancavelica, en su mayoría simétricos e isópacos con ángulos de buzamiento de 80 a 35 grados, disminuyendo hacia los flancos. Este sistema de pliegues deforma las formaciones mesozoicas desde el Grupo Pucara con la Formación Condorsinga, que constituye los núcleos de anticlinales; hasta la Formación Casapalca como parte del núcleo de sinclinales.

Entre las principales estructuras podemos mencionar el Anticlinal de Azulcocha y el Anticlinal de Chaucha, al NO de la localidad de Azulcocha y el NO de Chaucha respectivamente, que presenta dirección andina NO-SE y el Anticlinal de Quillcay de dirección N-S. Estos pliegues pueden estar asociados a estructuras profundas, posiblemente reactivadas (Torres, D. et al, 2021)



2.4.2.2 SUBDOMINIO JAUJA

Este subdominio se encuentra hacia el noreste de nuestra zona de estudio, limitada al oeste por el sistema de fallas La Oroya y al este por el sistema de fallas Cerro de Pasco – Ayacucho. Y se extiende en dirección andina de noroeste a sureste. Se caracteriza por la presencia de grandes espesores del Grupo Pucará y la exhumación del complejo metamórfico de Huaytapallana.

2.4.2.2.1 Sistema de Fallas Cerro de Pasco – Ayacucho

Este sistema de falla se presenta en la Cordillera Oriental, en la Zona este del Subdominio de Jauja, con dirección andina, con sistemas de fallas inversas de alto ángulo que afectan principalmente a depósitos del Neo proterozoico, Paleozoico y depósitos Triásico -Jurásicos.

Este sistema de fallas presenta generalmente rumbo N°120 y vergencias NE, que hacen cabalgar al Grupo Mitu sobre el Grupo Pucara, sin embargo, complejo metamórfico del Huaytapallana está controlado por 2 fallas regionales que controlan la exhumación del complejo, tiene vergencia opuesta. (Torres et al.,2021; Valdivia et al.,2021)

También se asocian pliegues simétricos apretados, inclinados o tumbados (Rodríguez et al, 2021; Valdivia et al., 2021), variando a pliegues en chevrón hacia la zona SE del área de estudio, en el Grupo Excelsior; donde llegan a presentarse isoclinales con rumbo N°120 y N°140, que no afectan al Grupo Mitu con quien infrayece de manera discordante. (Torres et al., 2021).

Torres et al. (2021) interpreta esta zona como estructuras extensionales, de un sistema antigua de hemigrabens, que han sufrido inversión total.

2.4.2.2.2 Sistema de Fallas La Oroya

Este sistema de fallas tiene el rumbo principalmente NO-SE, y en menor medida fallas NE-SO, son fallas de tipo inverso con buzamientos al NO y NE, con sistema de pliegues son subparalelos al sistema de fallas, los pliegues son asimétricos, que varían de cerrados a abiertos con rumbos de N50°O a N30°O, generalmente, que corresponden a un ordenamiento de anticlinales y sinclinales emplazados entre las fallas de la margen izquierda del río Mantaro por el oriente y los afloramientos de la Formación Casapalca entre el extremo suroeste



(Valdivia et al., 2021), se le denomina la “Línea del Alto Mantaro “ y entre algunas estructuras podemos mencionar a la Falla Toro Monya - Sacohuanca.

2.4.2.2.3 Sistema de deformación dúctil

Podemos mencionar dos Anticlinorio presenten en el subdominio-.

Anticlinorio de Ricrán, afecta rocas del Grupo Cabanillas y del Grupo Tarma, asociado al sistema de Fallas de Cerro de Pasco – Huancavelica. Donde podemos encontrar grabens invertidos del triásico jurásico que controlaran la sedimentación de los Grupo Mitu y Pucara. (Rodríguez et al., 2021)

Anticlinorio del rio Mantaro, presente a lo largo del rio Mantaro afecta las rocas del Grupo Pucara, Grupo Goyllarisquizga y las Formaciones Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín. Asociado al sistema de fallas de la Oroya. (Rodríguez et al., 2021)

2.4.2.3 SUBDOMINIO COCHAS

Los depósitos cenozoicos de la Fm. Casapalca y Calera afloran en gran parte del subdominio, que además son intruidos por subvolcánicos de la Fm. Yanacancha e Incahuasi. El Subdominio de Cochas se encuentra entre el subdominio de Jauja, Azulcocha y La Oroya, limitadas al este por el sistema de fallas de La Oroya – Huancavelica y al oeste por el sistema de fallas de Azulcocha.

2.4.2.3.1 Sistema de deformación dúctil

Esencialmente se puede observar un gran sinclinal abierto que se extiende longitudinalmente por todo el Subdominio, también se observan discordancias progresivas que afectan a los depósitos de la Formación Casapalca, en indicarían una tectónica activa (Rodríguez et al., 2021), posiblemente relacionas con la Fase tectónica Inca.

En la Parte Norte del Subdominio existe una estructura dómica denominada Chuycho, que se formó por la actividad de fallas inversas profundas. (Rodríguez et al., 2021)

2.4.2.4 SUBDOMINIO CERRO DE PASCO - LA OROYA

El subdominio de Cerro de Pasco – Oroya se encuentra hacia el noroeste de nuestra zona de estudio, este subdominio se encuentra limitada al este por el sistema de fallas de La y



al oeste por el sistema de fallas de Huancavelica -Azulcocha. Característicamente los estratos de este subdominio no se encuentran deformados, solamente inclinados 30° al noreste (Rodríguez et al, 2021) en el que se resaltan la presencia del domo de Yauli y el domo de Malpaso a los extremos suroeste y noreste respectivamente. Según Rivera y Kobe (1983), estos domos “se han formado en conexión o alrededor de elementos geomorfológicos positivos pertenecientes a un relieve eohercínico”. (p.163)

2.4.2.4.1 Domo Yauli y Mal paso

Presentan unidades paleozoicas, y fueron un control paleográfico en la depositación del mesozoico, posteriormente fueron cortadas por intrusivos terciarios (miocénicos) que dieron origen a varios yacimientos de origen hidrotermal con mineralización de pórfidos de cobre, cuerpos de reemplazamiento en rocas carbonatadas y vetas poli metálicas (Gerardo y Cajachagua, 2010). El Domo de Yauli constituye un gran Anticlinorio, de edad eohercínica que formarían parte de un arco de islas o fondo alto (Rivera y Kobe, 1983). Su basamento está constituido por unidades devonianas del grupo Excélsior, previamente deformadas y afectadas por un metamorfismo regional eohercínico que trajo consigo un fallamiento longitudinal inverso, lineamientos NO-SE y estructuras importantes como el anticlinal de San Cristóbal y Ultimátum. En el pensilvaniano se produjo la depositación del Grupo Tarma y la tectónica tardiherciniana que produjo actividad volcánica extrusión y ascensión del Domo. Estas unidades fueron posteriormente deformadas por la depositación del Grupo Mitu, en un contexto distensivo y con la formación de grabens laterales en la fase tardihercínica. Este sistema de grabens controlaron la sedimentación del Grupo Pucara. Las tectónicas posteriores desarrollaron aún más las estructuras preexistentes en el domo. (Rivera y Kobe, 1983).

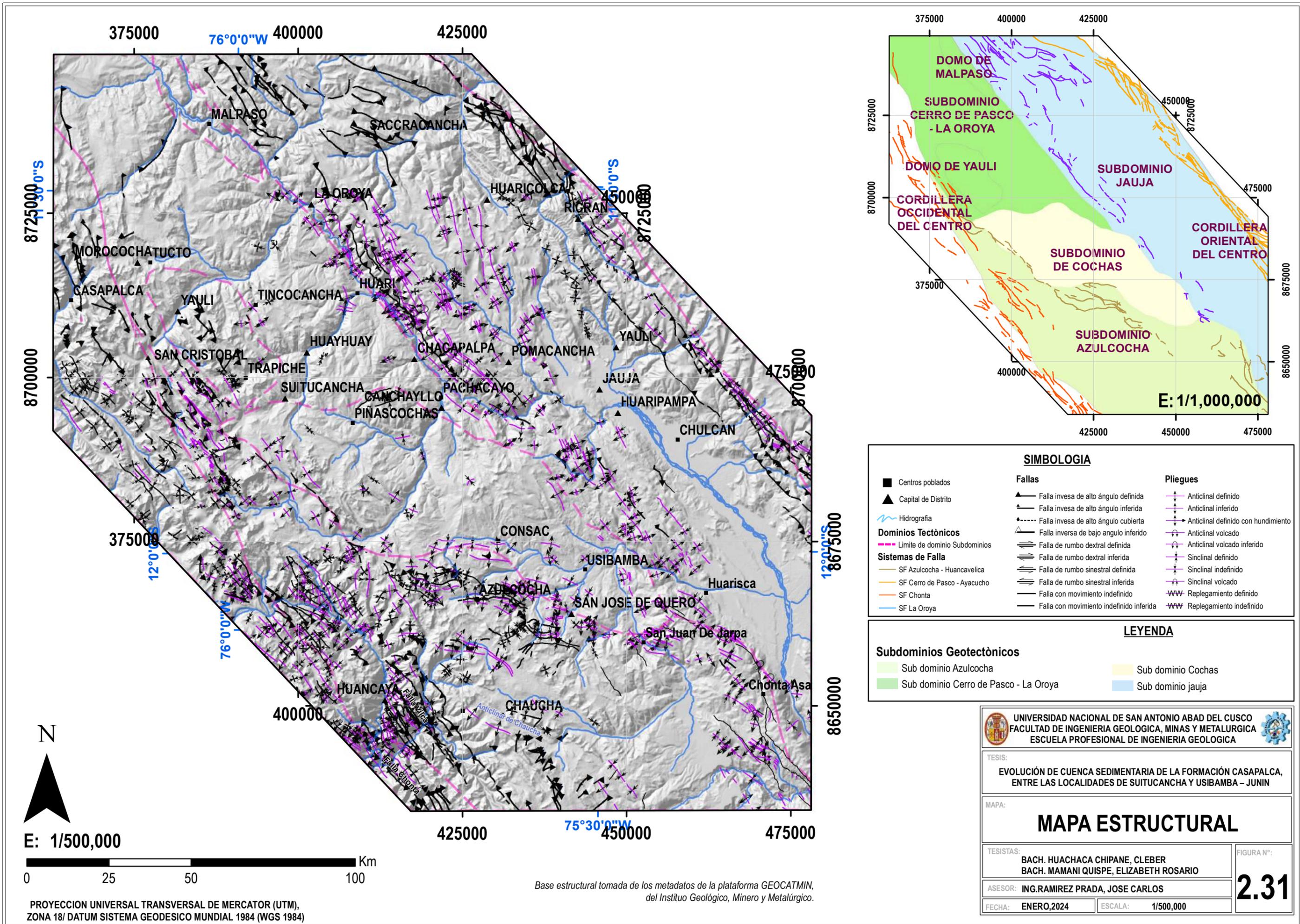


Figura 2.31

Mapa estructural. Elaborado y modificado en base a datos proporcionados de INGEMMET.



CAPÍTULO III:

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO



3.1 GENERALIDADES

Los afloramientos de la Formación Casapalca en el área comprendida entre SuitucanCHA y Usibamba, presenta afloramientos con buena continuidad que permiten realizar columnas sedimento-estratigráficas, las mismas que luego de su análisis permiten; realizar un análisis de cuenca acertado.

Se logró levantar seis columnas estratigráficas distribuidos en varias zonas y niveles de la Formación Casapalca. Del análisis se obtuvo tres miembros que componen la Formación Casapalca denominadas como Miembro Inferior, Miembro Medio y Miembro Superior.

Cabe indicar que, el análisis sedimentológico se realizó usando como base de referencia las Facies de Miall (1978,1985).

3.2 ANÁLISIS DE FACIES Y ELEMENTOS ARQUITECTURALES

Se identificaron y describieron 23 las facies sedimentarias, en función a la litología, granulometría y estructuras sedimentarias observadas en los afloramientos. La Tabla 3.1 muestra los códigos de facies utilizadas en el presente estudio.

A continuación, se describe las principales facies sedimentarias observadas en las secciones estratigráficas de las formaciones Casapalca en la zona de estudio.



	CODIGO	TEXTURA	ESTRUCTURA INTERNA	GEOMETRIA	BASES	ESCALA	ICNOFOSILES	INTERPRETACION	
CONGLOMERADOS	Gmm	Conglomerado matriz soportada, clastos polimícticos subredondeados, con un promedio de Ø8 cm, de color marrón grisáceo y gris	Masivo, con arreglo granodecreciente	Lenticular	Erosiva	Potencias de hasta 5 m		Flujo pseudoplástico de detritos (alta potencia, viscosos)	
	Gmm (i)	Conglomerado matriz soportada, clastos polimícticos con gradación inversa, de color marrón grisáceo y gris	Masivo, con arreglo granocreciente	Lenticular	Erosiva	Potencias de hasta 5 m		Flujo pseudoplástico de detritos (baja potencia, viscoso)	
	Gcm	Conglomerado clasto soportado, con clastos polimícticos mayormente de caliza y cuarcita con un promedio de Ø10 cm, de color grisáceo.	Masivo	Tabular / lenticular	Erosiva	Potencias de hasta 5 m		Depósitos generados a partir de flujos de detritos o flujos de granos pseudoplásticos con una alta concentración de sedimentos, o por depositación súbita de flujos turbulentos con alta proporción de carga de lecho, de poca profundidad y en alto régimen de flujo.	
	Gcm (i)	Conglomerado clasto soportado, con clastos polimícticos con gradación inversa, de color marrón grisáceo.	Masivo, con arreglo granocreciente	Tabular	Erosiva	Potencias de hasta 5 m		Flujo pseudoplástico de detritos (baja potencia). Carpetas de tracción generadas por flujos turbulentos con una carga de lecho inercial.	
	Gp	Conglomerado clasto soportado, con clastos mayormente de cuarcita sub redondeados con un promedio de Ø8 cm, de coloración gris.	Estratificación cruzada débil, imbricación	Tabular / lenticular	Erosiva	Potencias de hasta 3 m		Formas de fondo (barras) longitudinales, depósitos aislados, poco profundas de moderada a alta velocidad	
	Gb	Brechas y conglomerados clastos soportados, polimícticos con clastos subangulosos de caliza, cuarcita y volcánicos con clastos de hasta de Ø50 cm, con coloraciones que varían del gris al beige.	Presentan muy poca matriz y lentes de gravas arenosas mal seleccionadas	Tabular / lenticular	Erosiva	Potencias de hasta 8 m		Aportes de sedimentos por retrabajamiento de sedimentos previos, que se depositan en crecidas.	
	Gv	Conglomerado matriz soportada, matriz tobácea y arenosa, con clastos de cuarcita y volcánicos <Ø5cm, de color gris.	Masivo	Tabular / lenticular	Erosiva	Potencias de hasta 0.5 m		Periodos combinados de actividad volcánica contemporánea o anterior a la sedimentación de flujo de detritos.	
ARENISCAS	Sgm	Areniscas gravosas de grano medio a grueso, de coloración gris.	Masivo. Están compuestos de arenas gruesas a medias, con clastos gravosos dispersos. La selección es regular.	Tabular	Erosiva	Potencias de hasta 3 m		Flujos de granos hiperconcentrado no cohesivos. Depósitos generados por la desaceleración de flujos canalizados con alta concentración de sedimentos de carga de fondo.	
	Sm	Arenisca de grano grueso a fino, bien seleccionadas, granos subangulosos a subredondeados, de colores que varían de grises a rojos grisáceos.	Masiva	Tabular	Neta	Potencias de hasta 5 m		Depósitos generados por la desaceleración súbita de flujos hiperconcentrados.	
	Sm(e)	Arenisca de grano grueso a fino, bien seleccionadas, granos subangulosos a subredondeados, de colores que varían de marrón grisáceos a rojos grisáceos.	Masiva, con arreglo granodecreciente, con clastos blandos a la base y presencia de bioturbación vertical al techo	Tabular / lenticular	Erosiva	Potencias de hasta 2 m	Bioturbación y clastos blandos	Depositados en canales con periodos de calma sedimentaria, pero con humedad constante. Presenta masividad secundaria atribuida a agentes biológicos o efectos post- depositacionales (carga litostática, ratios elevadas de subsidencia, etc.), generando también la formación de clastos blandos	
	Sm(c)	Arenisca de grano grueso a fino, bien seleccionadas, granos subangulosos a subredondeados, con moderada efervescencia, de coloración marrón grisáceo con leves tonos violetas.	Masiva	Tabular	Neta	Potencias de hasta 2 m		Depósitos generados por la desaceleración súbita de flujos hiperconcentrados, influenciados por la acción de aguas carbonáticas.	
	Sh	Arenisca de grano grueso a medio, bien seleccionadas, granos subangulosos a subredondeados, de coloración grises y marrón grisáceo a marrón rojizas.	Laminación horizontal	Tabular	Neta/ Erosiva	Potencias de hasta.5 m		Depósitos generados en condiciones de transicionales entre moderado a alto régimen, en ambientes poco profundos y con lechos planos.	
	Sp	Arenisca de grano medio a grueso, selección intermedia a buena, de colores que varían de grises a rojos grisáceos.	Laminación cruzada planar	Tabular	Erosiva	Potencias de hasta.5 m	Clastos blandos	Depósitos acumulados como resultado de la migración de dunas 2D, la arena es transportada por tracción y suspensión hacia la duna.	
	Sl	Areniscas de grano grueso a medio, de colores que varían de grises a rojos grisáceos.	Laminación cruzada de bajo Angulo < 15°, con clastos blandos	Lenticular	Erosiva/ Neta	Potencias de hasta.5 m		Relleno de cavidades erosivas, dunas encorvadas, antidunas Depositados por corrientes de agua que fluyen en un solo sentido y generan capas inclinadas, pero de baja pendiente.	
	St	Areniscas de grano grueso a medio, de colores que varían de grises a rojos grisáceos.	Laminación cruzada festoneada o en artesa	Lenticular	Erosiva	Potencias de hasta.5 m		Depósitos generados por la migración de ondulas arenosas 3D con crestas sinuosas a linguiformes a partir de corrientes que fluctúan en velocidad y dirección, en condiciones de moderado a alto régimen de flujo.	
	Sv	Areniscas tobáceas, areniscas arcósicas de grano grueso a medio, mal seleccionadas. A veces pueden llegar a ser areniscas conglomerádicas, de color grises con tonalidades amarillentas.	Masivas /Laminación horizontal	Tabular	Neta	Potencias de hasta 2 m		Depósitos generados en condiciones de transicionales entre moderado a alto régimen, en ambientes poco profundos y con actividad volcánica contemporánea.	
	Fm	Limolitas y argilitas, con fractura concoidea, de coloración marrón rojiza.	Masiva. Presencia de bioturbación y grietas de desecación en algunos estratos.	Tabular	Neta	Potencias de hasta 10 m	Bioturbación	Depósitos en suspensión que se depositan por decantación subácuea en ausencia de movimiento. Corresponden a canales abandonados o llanuras de inundación con episodios de exposición subaérea ocasionales. Masividad secundaria producto de la intensa actividad biogénica y/o procesos pedogenéticos.	
	Fm(c)	Limolitas y argilitas, con fractura concoidea, con moderada efervescencia, de coloración marrón violáceo.	Masiva, nódulos de epidota <Ø2 cm	Tabular	Neta	Potencias de hasta 1m		Depósitos en suspensión que se depositan por decantación subácuea en ausencia de movimiento. Corresponden Masividad secundaria producto de la intensa actividad biogénica y/o procesos pedogenéticos. Influenciados por la acción de aguas carbonáticas.	
	LUTITAS	Fl	Limolitas y argilitas, a veces areniscas muy finas, de coloración marrón rojiza.	Laminación horizontal, o alternancia rítmica entre las argilitas o limolitas (o areniscas muy finas)	Tabular	Neta	Potencias de hasta 2 m		Depósitos en suspensión que se depositan por decantación subácuea en ausencia de movimiento. Correspondientes a canales abandonados o depósitos de desbordamiento de canal, con cambios en la dinámica de transporte y en la producción de sedimento.
Fl(c)		Limolitas y argilitas, con moderada efervescencia, de coloración marrón violáceo	Laminación horizontal o alternancia rítmica entre las argilitas o limolitas.	Tabular	Neta	Potencias de hasta 2 m		Depósitos en suspensión que se depositan por decantación subácuea en ausencia de movimiento. Correspondientes a canales abandonados o depósitos de desbordamiento de canal, con cambios en la dinámica de transporte y en la producción de sedimento. Influenciados por la acción de aguas carbonáticas.	
Fr		Limolitas, a veces areniscas muy finas	Laminación levemente ondulada	Tabular	Neta	Potencias de hasta 1.5 m	Bioturbación	Depósitos en suspensión que se depositan por decantación subácuea con variabilidad en las velocidades de flujo y los cambios en la carga de sedimentos durante los eventos de crecidas.	
OTROS		C	Calizas, con tonalidades que varían de gris clara a beige claro y margas con tonalidades marrón violáceo a marrón	Con cherts circulares de radios milimétricos. Masivas/ Laminadas	Tabular	Neta	Estratos delgados de hasta 2m	Pisoides y construcción algal. Fósiles de Plantas	Depósitos generados como producto de la decantación a partir de suspensiones en ambientes marinos poco profundos vinculados a condiciones de escasa a baja energía. Intensa actividad biogénica.
		V	Volcánicos, tobas, limolitas tobáceas, de coloraciones blancas amarillentas.	-	Tabular	Neta	Potencias de hasta 5 m		Presencia de centros volcánicos explosivos durante la sedimentación.

Tabla 3.1 Identificación de litofacies sedimentarias propias del estudio



3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES FACIES

3.2.1.1 FACIES CONGLOMERADICAS

Gmm: Generalmente presentan una tonalidad marrón grisáceo y gris en afloramiento. Está compuesto por conglomerados polimícticos con soporte de matriz, con clastos subredondeados de hasta 15 cm de diámetro y 8 cm en promedio (Figura 3. 1-a). Los clastos son, principalmente, de calizas grises y cuarcitas. Presenta estructura masiva, en estratos de hasta 5 m de grosor, variando lateralmente en forma de canales. La matriz es areno limosa de grano grueso a grano medio con tonalidad gris y gris marrón a rojiza.

Gmm(i): Consta de conglomerados polimícticos con soporte de matriz que presentan gradación invertida (granocreciente) (Figura 3. 1-b)., compuesta por clastos de calizas y areniscas cuarzosas en alto porcentaje, se presenta en estratos de hasta 5 metros que varían lateralmente en forma de canales, y cuyas bases son erosivas.

Gcm: Esta facies conglomerádica presenta generalmente un color grisáceo en afloramiento (Figura 3.1 -c,d y Figura 3.2 -f), consta de conglomerado clasto soportado masivo, con matriz areno limosa de color marrón grisáceo y marrón rojizo en las que se observan clastos subredondeados que no superan los 20 cm de diámetro y en promedio rondan los 10 cm. Estos presentan imbricaciones de clastos que indican la dirección de las paleocorrientes. La composición de los clastos es principalmente de calizas grises, margas de tonalidad gris a beige con estructuras laminadas, cuarcitas blancas grisáceas con superficie rojizas y/o amarillentas; esporádicamente se pueden observar clastos de rocas volcánicas.

Gcm(i): Esta facies se observa en conglomerados de gradación inversa, como se muestra en la figura 3. 1-d, corresponden a conglomerados con soporte de clasto, en afloramiento presenta una tonalidad marrón grisáceo, con matriz arenosa de grano medio a grueso, presentan imbricación de clastos en dirección de las paleocorrientes, los clastos que se aprecian en nuestra zona de estudio constan principalmente de clastos de cuarcitas y calizas subredondeadas; generalmente se las encuentra sobre una facies de areniscas, formando la base de estratos de conglomerados.

Gp: Facies conglomerádica polimícticos y soporte de clastos, con clastos de cuarcitas y calizas subredondeadas de unos 8 cm de diámetro en promedio, presenta imbricaciones, y una

estratificación cruzada planar débil (Figura 3.1 -a y 3.2 -a), en estratos de hasta 3 m de grosor, cuyas bases son erosivas y se muestran en forma de canales.

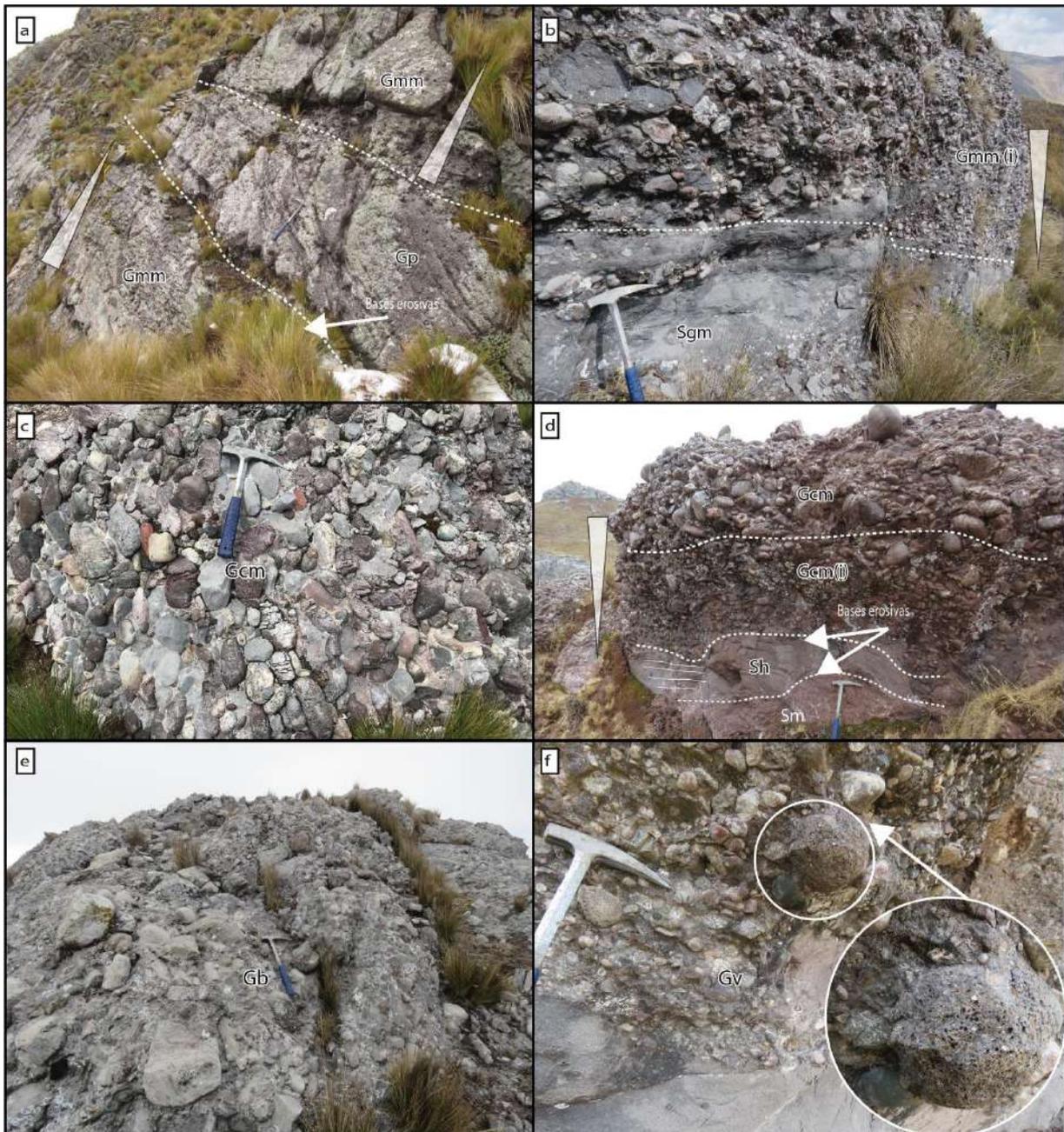


Figura 3.1 Facies conglomerádicas más comunes de la Fm. Casapalca; en **a**) Facies **Gmm** conglomerados masivos con soporte de matriz y **Gp**, conglomerados polimícticos con estratificación cruzada planar débil; en **b**) Facies **Gmm(i)**, conglomerados matriz soportada con gradación inversa, sobreyaciendo a **Sgm**, areniscas conglomerádicas; en **c**) Facies **Gcm**, conglomerados clastosoportados; en **d**) Facies de conglomerados clastosoportados de gradación normal (**Gcm**) e inversa (**Gcm(i)**); en **e**) Facies **Gb**, conglomerados brechosos y en **f**) Facies **Gv**, conglomerados con clastos volcánicos.

Gb: Facies conglomerádica con soporte de clasto, consta de clastos polimícticos subangulosos a angulosos (Brechas), conformados por clastos de calizas, cuarcitas y en menor proporción



por clastos de volcánicos y matriz gravo arenoso (Figura 3.1 -e), el diámetro de clasto promedio de 50 cm. Se presenta en estratos de hasta 8 m de potencia en forma tabular a lenticular con base erosiva, en las que se observa lentes de gravas arenosas mal seleccionadas.

Gv: Facies de conglomerado con soporte de matriz, conformados por clastos de cuarcitas, calizas y volcánicos (Figura 3.1 -e), con un promedio de diámetro de clastos de 5 cm, inmersos en una matriz tobáceas retransportada y arenosa de color gris beige: Se presenta en estratos tabulares y lenticulares de hasta 0.5 m de grosor, con una estructura interna masiva.

3.2.1.2 FACIES ARENOSAS

Sgm: Facies de areniscas de grano medio a grueso y gravas dispersos en la matriz (Figura 3.1 -b), dispuestas en estratos tabulares de hasta 3 m de grosor, con estructura interna masiva y selección regular, cuyas bases son erosivas.

Sm: Son areniscas de estructura masiva o débilmente laminada, que varían de grano fino a grueso, se encuentran generalmente bien seleccionadas con granos subangulosos a subredondeadas y matriz limosa. Muestran tonalidades marrones grisáceos y rojos grisáceos (Figura 3.1 -d; 3.2 -a,b e y 3.3 -a, e). Generalmente se encuentra asociada a facies de areniscas (Sh) y facies de limolitas masivas (Fm) y laminadas (Fl).

Sm(e): Areniscas de grano fino a grueso bien seleccionadas compuesta por granos subangulosos a subredondeados en una matriz limosa; se presenta en estratos tabulares a lenticulares de hasta 2 m de grosor con base erosiva y en un arreglo granodecreciente; presenta clastos blandos a la base y vestigios de bioturbación vertical en el techo (Figura 3.2 -c).

Sm(c): Areniscas de grano fino a grueso bien seleccionados, compuestas por granos subangulosos o subredondeados en una matriz limosa, que generan efervescencia al contacto con el ácido clorhídrico (Figura 3.2 -d); se presenta en estratos tabulares de hasta 2 m de grosor con bases de estrato neto, con estructura interna masiva a débilmente laminada.

Sh: Areniscas de grano medio a grueso con laminación horizontal (Figura 3.2 -e,f y 3.3 -e) con tonalidades grises y marrón grisáceo a marrón rojizas. Presentan granos subangulosos a subredondeados bien seleccionados con una matriz limosa de color marrón grisáceo o gris. Se les encuentra asociadas a facies arenosas Sm o Sp y facies de lutitas marrones y marrón rojizas de facies Fl y Fm, las que se las encuentran intercaladas con esta facies.

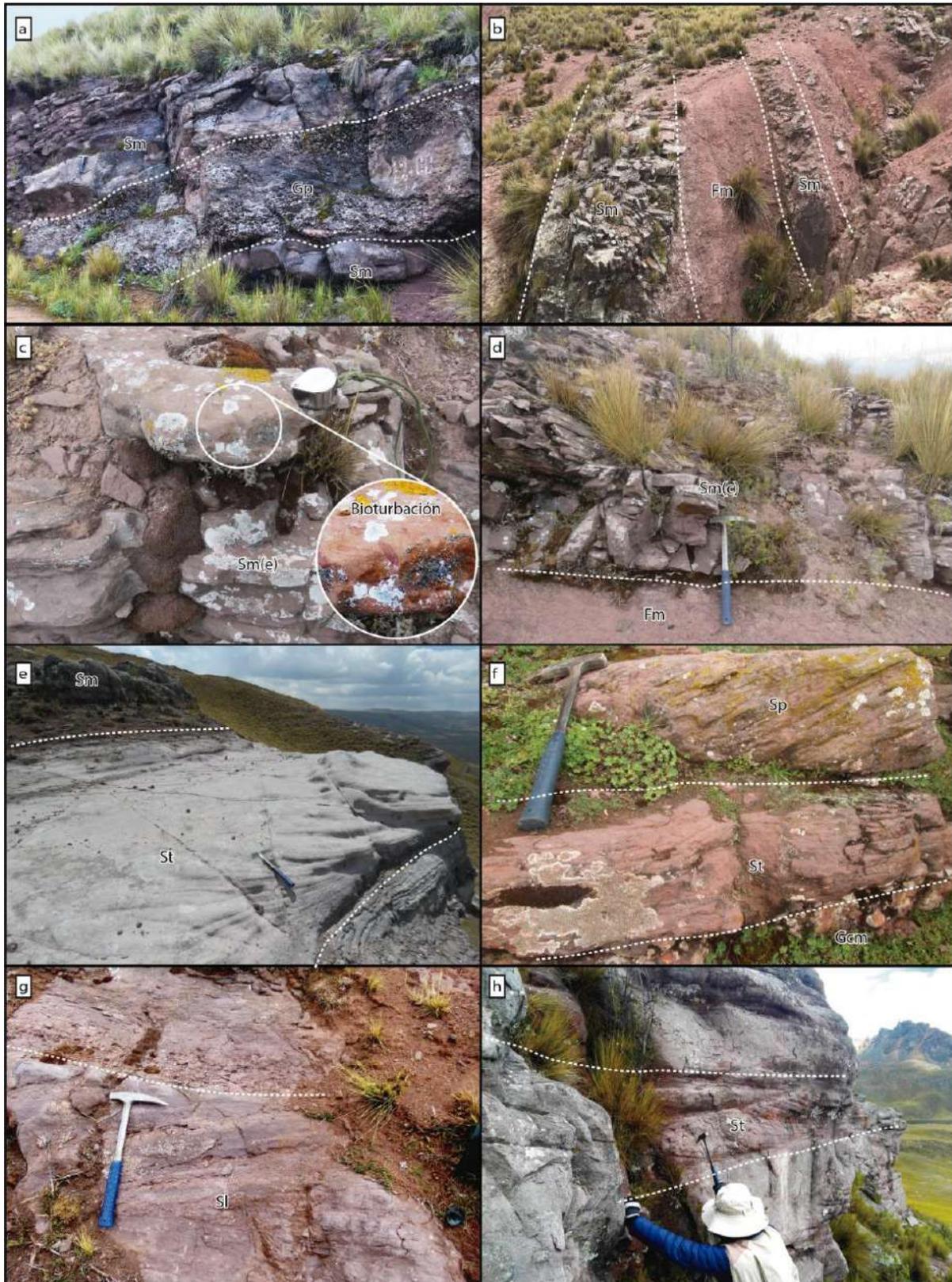


Figura 3.2 Vista ejemplar de facies arenosas principales que se encuentran en la Formación Casapalca; en **a)** Facies **Sm**, areniscas masivas intercaladas con un estrato de facies **Gp**; en **b)** Intercalación de Facies **Sm** y **Fm**; en **c)** Facies **Sm(e)** areniscas masivas con clastos blandos a la base y presencia de bioturbación vertical al techo; en **d)** Facies **Sm(c)**, areniscas débilmente laminadas con efervescencia al HCl que sobreyace a la facie **Fm**; en **e)** En la base, facie **Sh**, areniscas con laminación horizontal, seguido de facie **St**, areniscas con laminación en artesa y al techo facies **Sm**, areniscas masivas; en **f)** Facies **Sp** compuesta de areniscas de grano grueso con laminación entrecruzada planar, dispuesta sobre facies **St** compuesta de areniscas de grano grueso con laminación en artesa; en **g)** Facies **Sl**, arenisca con estratificación cruzada de bajo angulo con clastos blandos y en **h)** Facies **St**, areniscas con estratificación cruzada festoneada.



Sp: Las facies Sp corresponden a Areniscas de grano medio a grueso principalmente, con laminación entrecruzada planar (Figura 3.2-f). En afloramiento se presentan con tonalidad marrón rojizo y marrón grisáceo. Generalmente contiene granos medios a gruesos, con una selección intermedia a buena. Se les encuentra intercalada en facies conglomerádicas Gmm y Gcm, facies arenosas Sm, Sh y ocasionalmente intercaladas con lutitas Fl.

Sl: Areniscas de grano medio a grueso con moderada selección, dispuesta en estratos de hasta 0.5 m de grosor, lenticulares con base neta o erosiva, ya que se observa clastos blandos a la base; presenta una estructura interna de estratificación cruzada de bajo ángulo ($<15^\circ$) (Figura 3.2 -g).

St: Areniscas de grano medio a grueso, dispuestas en estratos lenticulares de hasta 0.5 metros de grosor; presentan estratificación cruzada festoneada, cuyas bases son erosivas (Figura 3.2 -e,f,h).

Sv: Areniscas de grano medio a grueso arcósicas y tobáceas mal seleccionados, que en ocasiones puede ser areniscas conglomerádicas; se presenta en estratos tabulares de hasta 2 m de grosor cuya estructura interna puede ser masiva y/o con laminaciones horizontales, la base de los estratos es neto.

3.2.1.3 FACIES LUTITICAS

Fm: Esta facies consta de limolitas y argilitas de color rojizo y rojo violáceo a marrón (Figura 3.2 -b,d y 3.3 -a, c), no presentan estructuras sedimentarias. Se les puede encontrar intercaladas con limolitas laminadas (Fl) y con facies arenosas Sm y Sh.

Fm(c): Limolitas y argilitas con fracturas concoideas que muestran moderada a alta efervescencia al contacto con el ácido clorhídrico (Figura 3.3 -b); se presentan en estratos tabulares de hasta más de 1 m de grosor, cuya base es neta y presenta una estructura interna masiva en las que es posible visualizar nódulos de epidota de hasta 2 cm de diámetro.

Fl: Limolitas de color rojizo y rojo violáceo a marrón, presentan laminación horizontal encontrándose por lo general intercaladas con areniscas de grano fino a medio (Sh) de color marrón y facies de areniscas Sm. Se las encuentra generalmente intercaladas con limolitas de facies Fm (Figura 3.3 -c) o sobre areniscas formando gradaciones normales.



Fl(c): Limolitas y argilitas con fractura astillosa, muestran una moderada a baja efervescencia al contacto con el ácido clorhídrico (Figura 3.3 -d); se presentan en estratos tabulares de hasta 2 m de grosor con base neta, en cuyo volumen se puede observar laminaciones horizontales, convoluta, o con alternancia rítmica entre las argilitas o limolitas, e incluso con areniscas de grano fino.

Fr: Esta facies consta de limolitas y argilitas de color rojizo y rojo violáceo a marrón, con laminaciones onduladas. Se les puede encontrar intercaladas con delgados niveles de facies arenosas Sm y Sh.

3.2.1.4 OTROS

C: Esta facies consta de calizas, calizas limosas o limolitas calcáreas con estructura laminada o masiva en tonalidades marrón violáceo a marrón (Figura 3.5-a,b) y calizas limosas de tonalidad gris clara a beige claro (Figura 3.3-f), se le encuentra en diversos niveles de la Formación Casapalca y la Formación Calera. En la Formación Calera esta facie calcárea o caliza se presenta en estratos delgados de unas calizas beige claras con restos fósiles de plantas asociadas a facies de lutitas masivas (Fm) y niveles volcánicos (V) de tobas.

V: Esta facies la podemos encontrar en diversos niveles de la Formación Calera en las que consta de tobas blancas amarillentas en estratos medianos (Figura 3.3-e, f). Presentan micas de biotitas y plagioclasas principalmente. Los niveles de volcánicos se encuentran intercalados en medio de estratos de areniscas tobáceas, limolitas tobáceas y calizas.

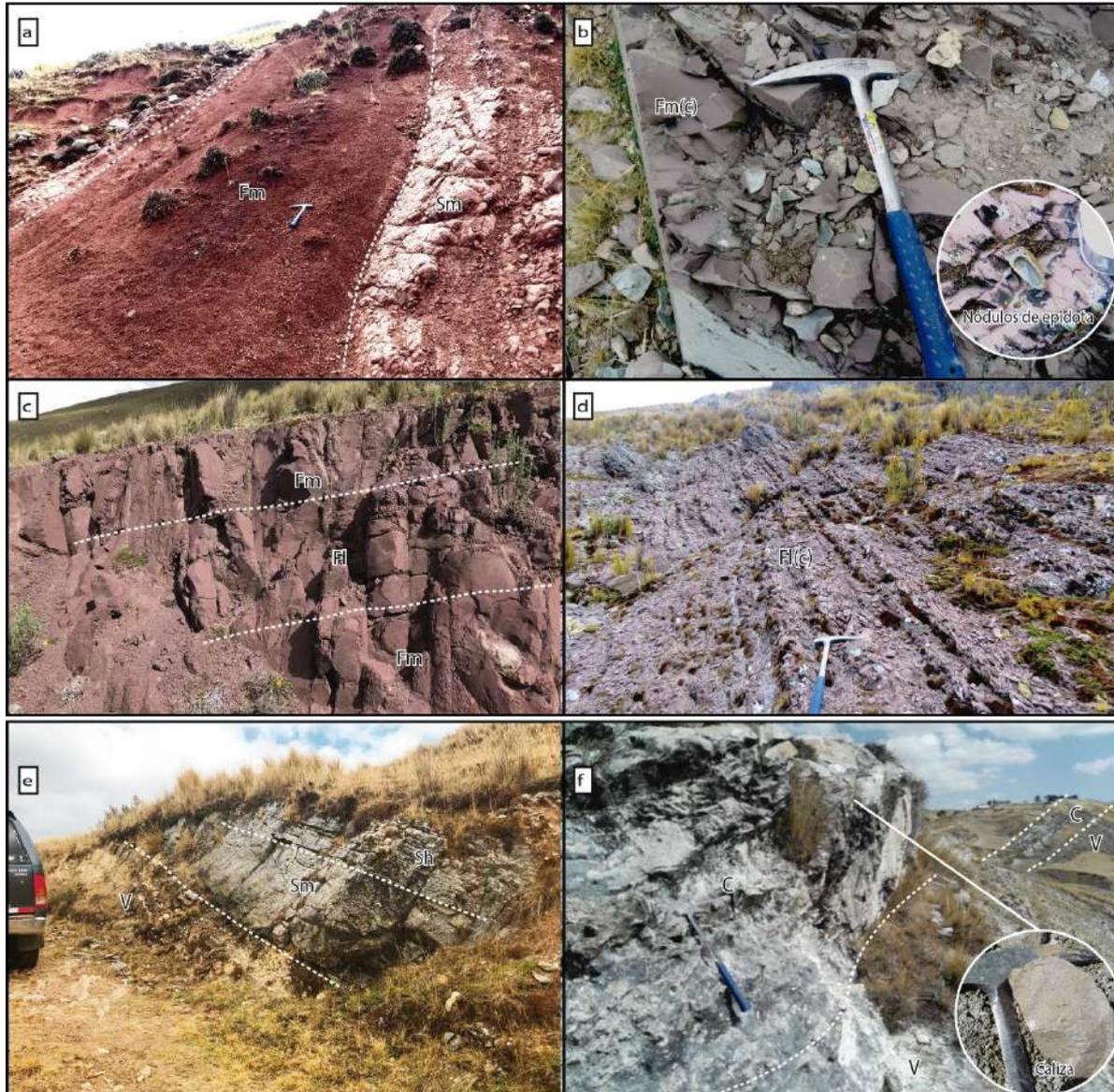


Figura 3.3 Vista ejemplar de la facies limolítica y otros más frecuentes, que se encuentran dentro de nuestra zona de estudio. En **a**) Vista de facies **Fm** que consta limolitas masivas de tonalidad rojiza y facies de areniscas masivas **Sm**; en **b**) Facies **Fm(c)** limolitas masivas con efervescencia al HCl y nódulos de epidota; en **c**) vista de las Facies **Fm** que muestra estratos de limolitas masivo de color marrón rojizo y la facies **Fl** que consta de limolita de coloración marrón con estructuras de laminación horizontal; en **d**) Facies **Fl(c)** que consta de limolitas con laminación horizontal y efervescencia al HCl; en **e**) A la base, facies volcánicas **V**, sobre yacida por facies **Sm** y **Sh** y en **f**) Secuencias de facies de calizas de tonalidades beige claras (**L**) y niveles de volcánicos (**V**) que constan de tobas limosas de tonalidades beige claras amarillentas.

También se realizó la interpretación de los elementos arquitecturales (Tabla 3.2 y 3.3), asociados a un conjunto de facies, que nos proporciona características geométricas y espaciales de los depósitos sedimentarios, que ayudaran a asociarlos a un ambiente sedimentario.



PROXIMAL
CABECERA DE L ABANICO
CUERPO DEL ABANICO
PIE DEL ABANICO
FLUVIO-LACUSTRE

ELEMENTO	CODIGO	LITOLOGIA	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	FACIES	SECUENCIA TIPO	GEOMETRIA	ESCALA	SUPERFICIE	INTERPRETACION
FLUJO DE DETRITOS (Debris Flow)	DF	Conglomerado matriz soportado de color marrón, areniscas gravosas	Secuencia granodecrecientes de conglomerados con clastos subredondeados a subangulosos, inmersos en una matriz de fangosa, con clastos de calizas y cuarcitas. A veces presenta gradación inversa-normal.	Gmm/Gmm(i)/Sgm +Sm/Fm	~3m 	Lenticular/tabular	1 m a 3 m	Base erosiva	Flujo laminar clásico de alta densidad, en el que sedimentos heterogéneos se deslizan por inmersión y líquido intersticial, depositados por eventos de deposición rápida durante períodos de inactividad en el abanico aluvial. En zonas de mayor pendiente
FLUJOS EN LAMINA (Sheet Flows)	SF	Conglomerados y brechas clasto soportados, polimícticos con gradación inversa, areniscas gravosas y areniscas gruesas, la asociación presenta colores grises	Secuencia granocrecientes conglomerados y brechas con clastos subredondeados a subangulosos, mal seleccionados clastos de hasta de Ø50 cm, con poca matriz. Conformada por clastos de calizas, cuarcitas y algunos clastos de rocas volcánicas. Lentes de gravas arenosas mal seleccionadas.	Gcb, Gcm(i), Gcm, Sgm	5 m 	Tabular	3 a 5 m	Base erosiva	Depositados por flujos de agua no canalizados, densos y de muy alta energía. Erosión de materiales previamente depositados. En zonas de menor pendiente
CANALES	CH	Conglomerados clasto soportado y areniscas de grano medio a grueso de color marrón	Secuencias granodecreciente de conglomerados masivos, seguidas de estratos de areniscas con estructuras bien desarrolladas de laminaciones horizontal, entrecruzada planar, artesa y de bajo ángulo. A veces con areniscas masivas y presencia de trazas fósiles.	Todas las combinaciones	~10 m 	Lenticular y tabular	2 m a 10 m	Base erosiva	Relleno de canal
BARRAS DE GRAVAS	BG	Conglomerados clasto soportado de color marrón	Secuencia granodecrecientes de conglomerados, masivos o con estratificación cruzada débil, bien seleccionados.	Gcm+Gp	~5 m 	Lenticular/tabular	2 m a 5 m	Base erosiva	Elementos de relleno de canal, dominados por carga de lecho gravoso, usualmente interstratificado con barras arenosas.
BARRAS ARENOSAS	BA	Areniscas de grano grueso a fino, color marrón	Secuencia granodecrecientes de areniscas masivas, con laminación horizontal, entrecruzada planar. Clastos blandos a la base y abundante presencia de trazas fósiles	Sm/Sm(e)+Sh+Sp	~5 m 	Tabular	1 m a 5 m	Base neta/erosiva	Elementos de relleno de canal, dominados por carga de lecho arenoso.
CREVASSE SPLAY	CS	Argilitas y limolitas color marrón rojizo intercaladas con areniscas muy finas a medias color gris verdoso	Secuencia granocreciente de intercalación de lutitas masivas o laminadas, con areniscas con laminación horizontal, planar o de bajo ángulo. Grietas de desecación y bioturbación intensa	Fl/Fr+Sh+Sp/St	~3 m 	Lenticular/tabular	1 m a 3 m	Neta, ligeramente erosiva	Depósitos de desbordamientos por aumento en la energía del flujo de agua, que sobresale del canal principal hacia la llanura de inundación.
LLANURA DE INUNCACION	LI	Argilitas y limolitas color marrón rojizo intercaladas con areniscas muy finas a medias color gris verdoso	Secuencia de lutitas laminadas, intercaladas con areniscas con laminación horizontal, planar o de bajo ángulo. Grietas de desecación y bioturbación moderada a baja	Fl+Sm	~2 m 	Tabular	1 m a 2 m	Neta	Llanuras aluviales, relleno de canales secundarios o de descarga.
FINOS FLUVIOLACUS TRES	FL	Limolitas y argilitas, margas con coloración marrón violáceas.	Estratos masivos con fractura concoidea a veces laminados, en alternancia rítmica entre las argilitas o limolitas (raras veces con areniscas muy finas, margas) con presencia de nódulos ovalados de epidota, con moderada a débil efervescencia.	Fm (c) +Fl (c) raras veces C	~5 m 	Tabular	1 a 5 m	Base y tope neto	Deposición en un ambiente de aguas tranquilas y constantes, con bajas tasas de sedimentación.

Tabla 3.2 Elementos arquitecturales asociados a ambientes aluviales

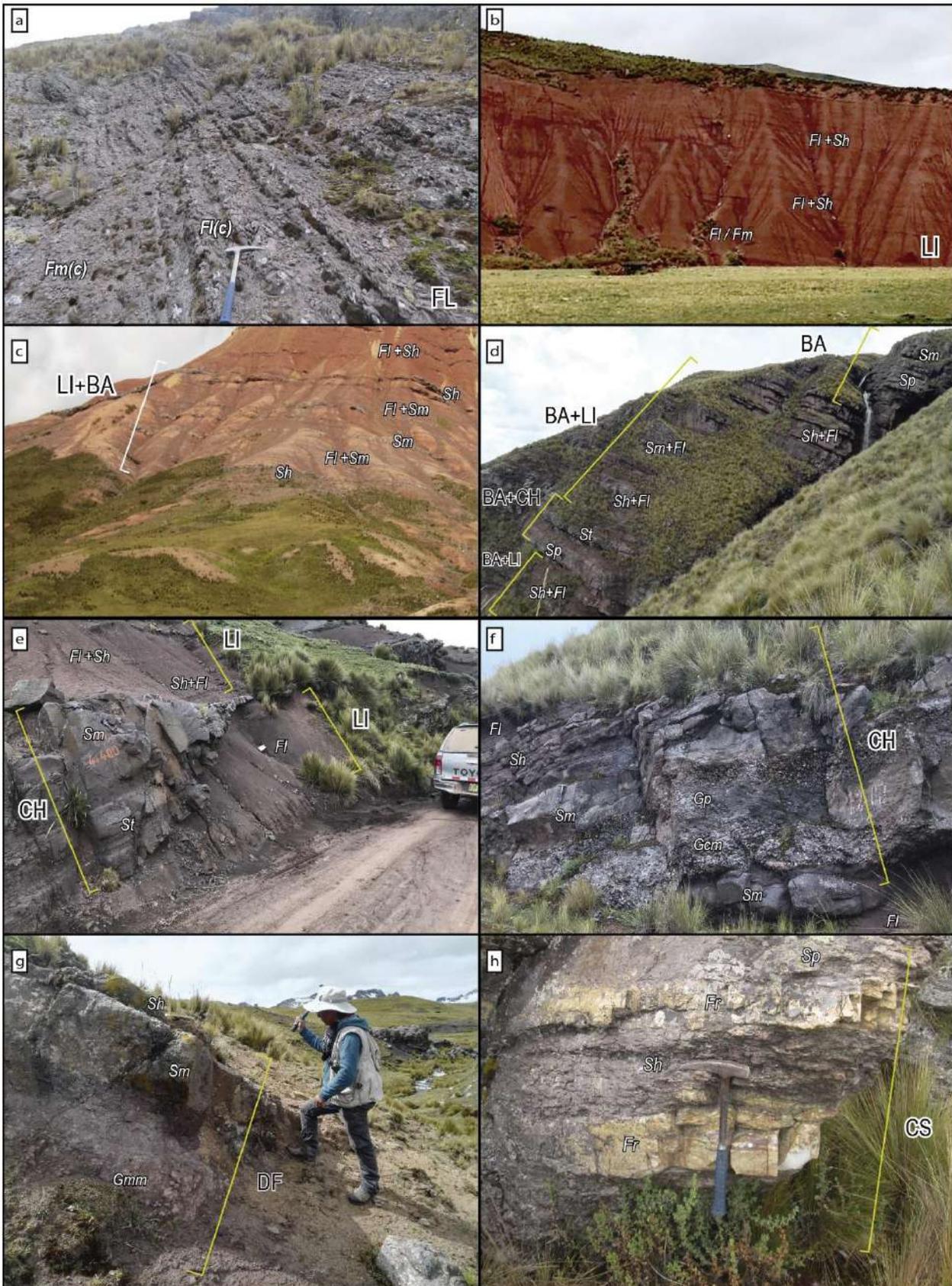


Figura 3.4 Principales elementos Arquitecturales identificados. **a)** Fluviolacustre (FL); **b)** Llanura de inundación y barras (LI+BA); **c, d)** Barras de arenas (BA), llanuras de inundación (LI) y canales (CH); **e)** Canales (CH) y Llanuras de Inundación (LI); **f-i)** Canales conglomerádicos (CH); **g)** Flujo de detritos (DF); **h)** Crevasse splay (CS).

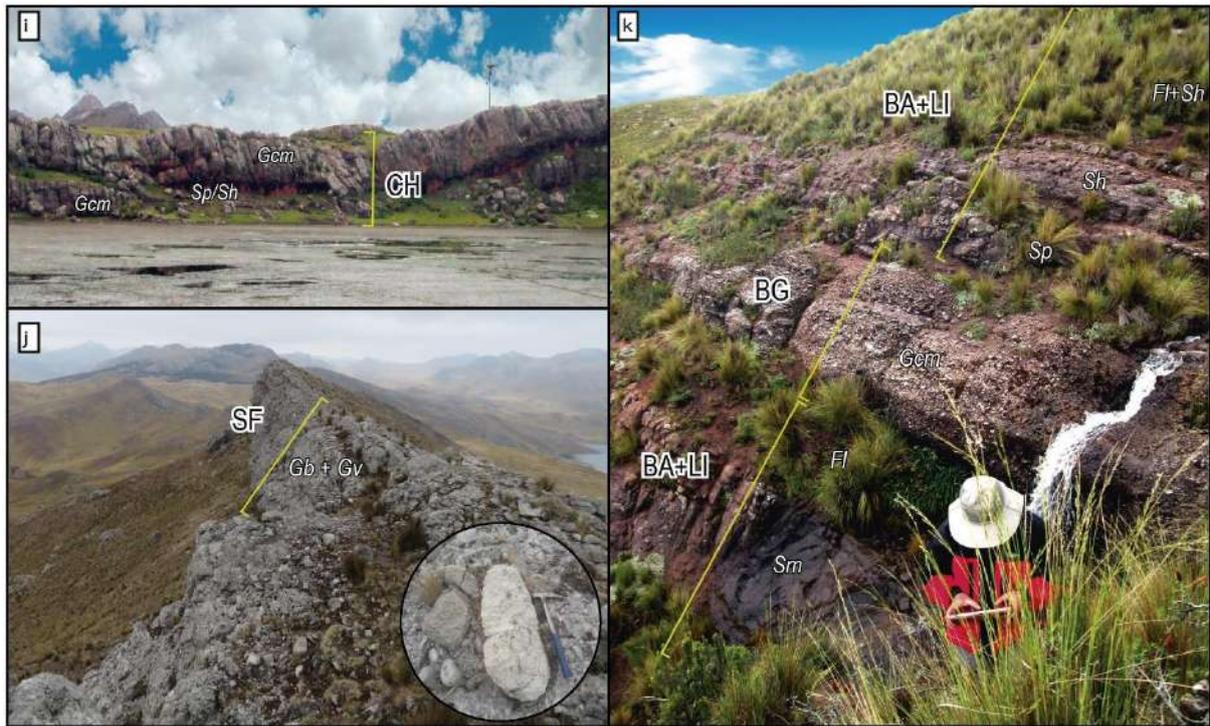


Figura 3.5 Principales elementos Arquitecturales identificados. *i)* Canales conglomerádicos (CH); *j)* Flujo en láminas o Sheet floods (SF); *k)* Barras de grabas (BG), Barras arenosas y Llanuras de Inundación (BA+LI).

3.3 ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA FORMACIÓN CASAPALCA

Se realizaron varias secciones parciales de la Formación Casapalca ubicadas en diversas zonas dentro del área de estudio y en varios niveles de este, en total se cuentan con seis columnas estratigráficas en diversas zonas y niveles que abarcan los miembros inferior, medio y superior de la Formación Casapalca (Figura 3.6).

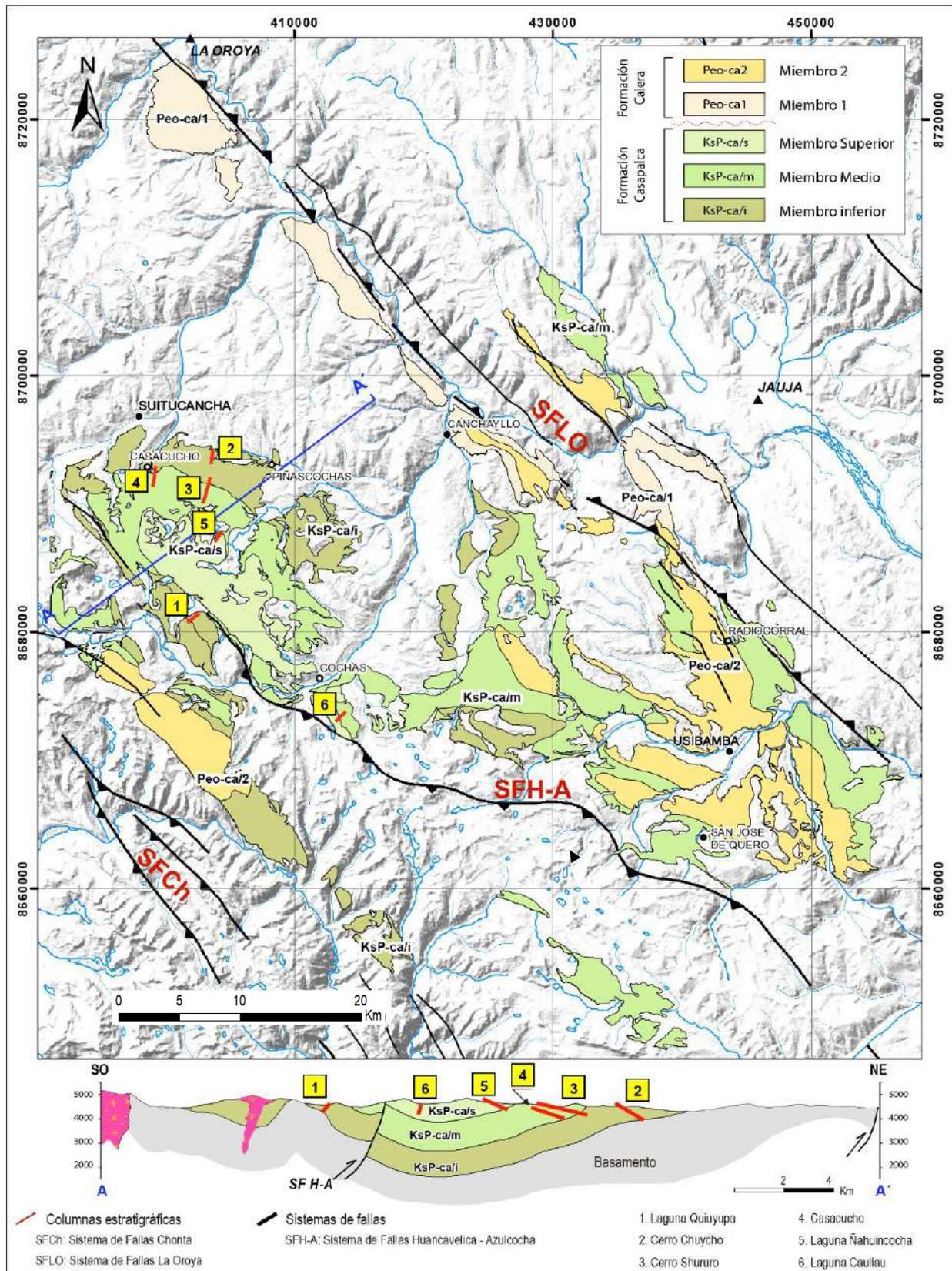


Figura 3.6 Distribución geológica de los miembros inferior, medio y superior de la Formación Casapalca. En líneas rojas se muestra los tramos de las 6 columnas estratigráficas levantadas en campo.

La subdivisión en miembros está determinada en base a las discordancias erosiónales en los niveles correspondientes. Esta división se realizó durante los trabajos de la actualización de la Carta geológica Nacional a escala 1:50 000 en el cuadrángulo de la Oroya, de la cual forma parte la elaboración del presente estudio. La figura 3.7 muestra la columna generalizada de la Formación Casapalca en la zona de estudio, e incluye a la Formación Calera, diferenciada recientemente de la Formación Casapalca durante la actualización de la carta geológica, el cual no es objeto de esta tesis.

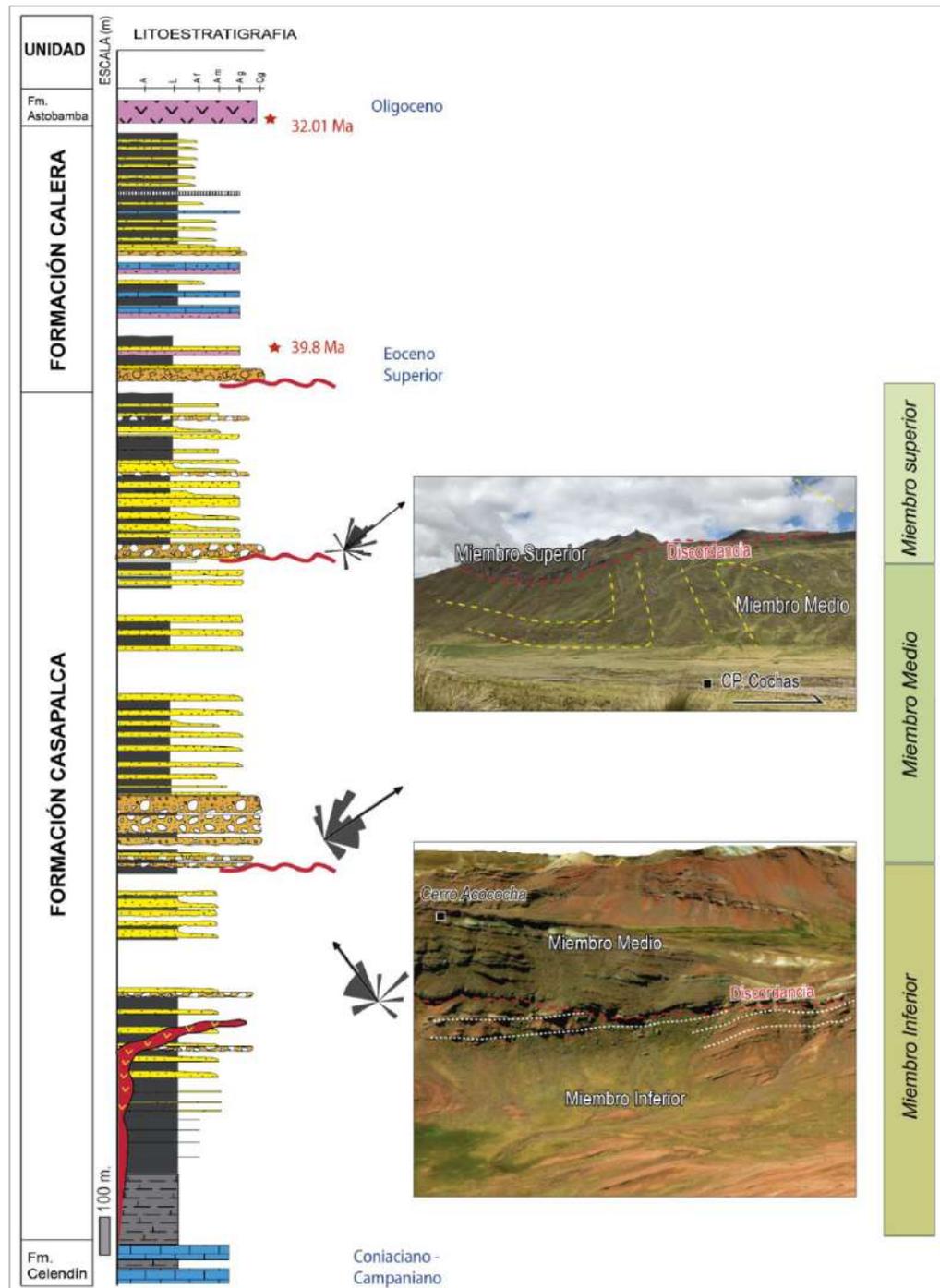


Figura 3.7 Columna estratigráfica generalizada de la Formación Casapalca entre las localidades de Suitucancha y Usibamba.

3.3.1 FORMACIÓN CASAPALCA - MIEMBRO INFERIOR

El miembro inferior de la Formación Casapalca está compuesto por una sucesión sedimentaria de lutitas y areniscas finas que se caracteriza principalmente por un color rojo intenso, se han levantados dos columnas ubicadas a ambos lados del sinclinal de Cochas (Ver ubicación de columnas 1 y 2 en la figura 3.6), las cuales muestran discretamente una variación de facies que se muestra en la descripción de las siguientes columnas.

3.3.1.1 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA LAGUNA QUIUYUPA

Esta sección está ubicada en el distrito de Canchayllo en inmediaciones de la Laguna Quiuyupa y el cerro del mismo nombre (Figura 3.8). Geológicamente está ubicada en el flanco suroeste del sinclinal de Cochas. Los estratos muestran un fuerte buzamiento hacia el suroeste. La base de la sección estratigráfica se ubica en las coordenadas UTM: 0402220, 8681482.



Figura 3.8 Vista al noroeste de la laguna Quiuyupa y el cerro Quiuyupa, se muestra afloramientos del miembro Inferior de la Formación Casapalca que comprende una secuencia inferior marrón violáceo y una secuencia superior de tonalidad rojiza.

La sección estratigráfica se realizó desde los niveles de lutitas de tonalidades marrón violáceos, que se hallan sobre yacientes a las margas y calizas de la Formación Celendín, hasta los niveles de limonitas y areniscas de tonalidades rojas. En esta sección se identificó 2 secuencias estratigráficas de 3° orden, en un promedio de 190 m levantados (Figura 3.9).



La **primera secuencia de 3°orden** (hasta los 50 m aproximadamente), es progradante. Compuesta por una secuencia rítmica granocreciente, presenta en la base limolitas y seguido de una intercalación de limolitas y arcillitas de color rojo marrón a marrón violáceo (Figura 3.9-a), dispuestos en estratos masivos y laminados (Fm(c), Fl(c)), los niveles masivos presentan fractura concoidea, y algunos niveles presentan laminaciones finas los cuales se deshacen en fragmentos astillosos. Por otro lado, estos niveles presentan nódulos en formas ovaladas con núcleo mineralizado con epidota (Figura 3.9-b) y varían de algunos milímetros hasta unos dos centímetros de diámetro; Además, se observó que estos niveles producen de moderada a débil efervescencia al contacto con el ácido clorhídrico, principalmente los niveles inferiores de lutitas masivas de color marrón violáceo. Asociado al elemento arquitectural de finos fluviolacustres (FL) (figura 3.4-a).

La **segunda secuencia de 3°orden** (entre los 50 m a 190 m aproximadamente), es progradante y presenta cinco secuencias de 4°orden. La *primera secuencia de 4°orden* granocreciente, en la base se observa niveles de argilitas y limolitas masivas (Fm) de color marrón violáceo con ligera bioturbación, seguido de una intercalación notoria de limolitas marrón violáceos (Fl) y areniscas limosas (Sh, Sm) de grano medio a fino, esta sección se caracteriza por un aumento progresivo en areniscas con laminaciones horizontales y masivas, con un incremento notorio en el grosor de areniscas con respecto a lutitas, hacia los niveles superiores. También se ve un cambio progresivo en las tonalidades que van cambiando de tonalidades oscuras marrón violáceo a tonalidades marrón rosáceo a rojas. Asociado al elemento arquitectural de llanuras de inundación (LI).

La *segunda secuencia de 4°orden* es granocreciente, mientras que; la *tercera, cuarta y quinta secuencia de 4°orden*, son granodecrecientes con predominancia notoria de estratos de areniscas de grano grueso a medio de tonalidades marrón rojizos, se observan niveles con laminaciones entrecruzadas planar, horizontales y en artesa (Sp, Sh, St) (Figura 3.9-d) y niveles masivos (Sm), además se observa estratos con base erosiva en los que se presenta clastos blandos (Sm(e)). Estos estratos de areniscas se encuentran intercaladas con niveles de limolitas de tonalidades marrón rojizos con laminaciones horizontales y masivas (Fl, Fm). Por otro lado, al techo se encuentran bioturbaciones de algunos niveles de areniscas de grano medio y grueso (Figura 3.9-c). Estas secuencias están asociada principalmente a los elementos arquitecturales de barras arenosas (BA) y llanuras de inundación (LI), con un nivel de canal (CH).

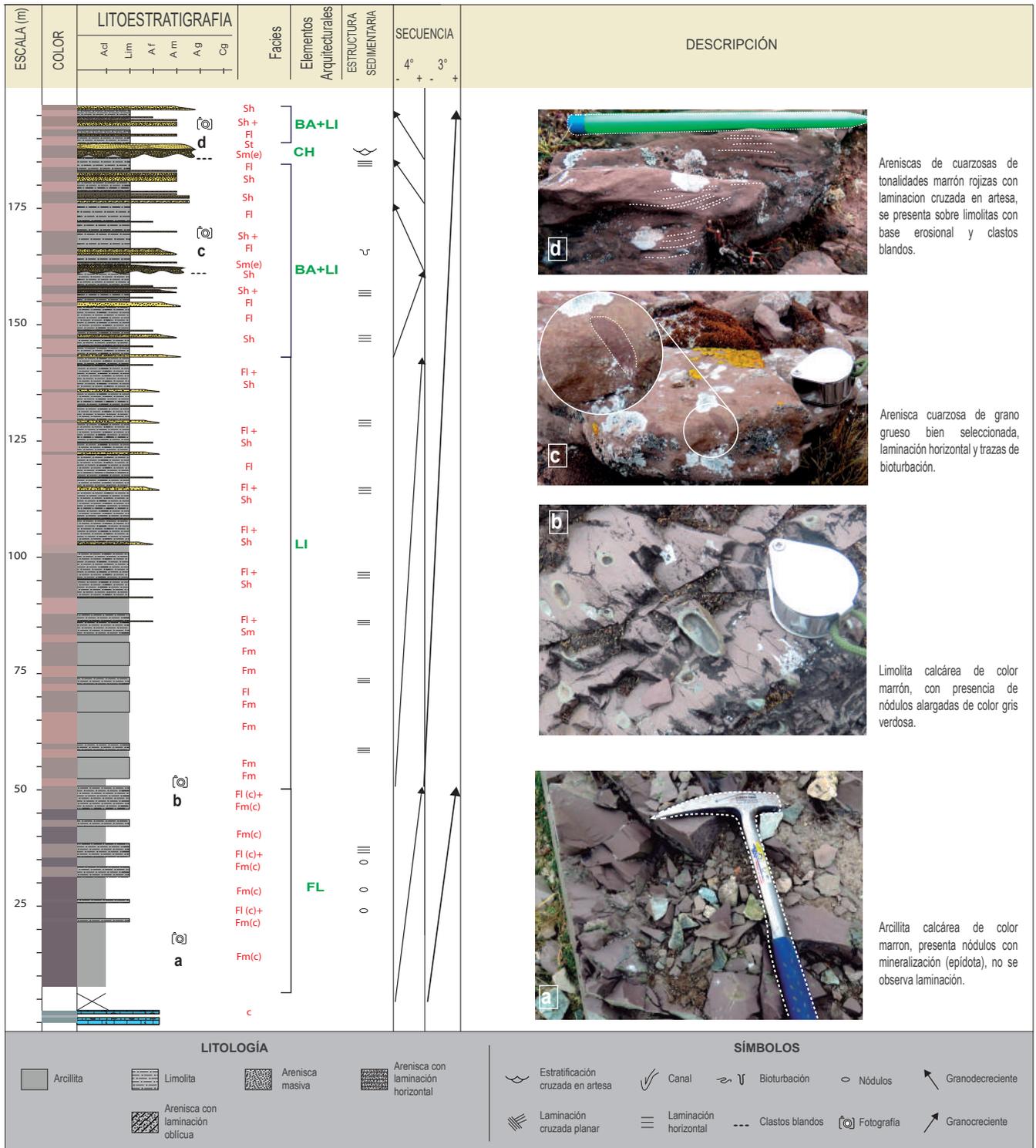


Figura 3.9 Columna estratigráfica local del Miembro inferior de la Formación Casapalca, levantada en las inmediaciones de la Laguna Quiuyupa.



3.3.1.2 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CERRO CHUYCHO

Está ubicada al este del poblado de SuitucanCHA, en inmediaciones del Cerro Chuycho. Geológicamente, está ubicada en el flanco noreste del sinclinal de CochAS. La base de la sección se ubica en las coordenadas UTM: 0403517, 8694553.

El levantamiento de esta sección se realizó en los niveles inferiores de la Formación Casapalca, en las que se observa la predominancia de estratos de limolitas y arcillitas de tonalidad rojo o rojo violáceo hacia la base y estratos de areniscas de grano medio a grueso con matriz limosa con tonalidad marrón hacia los niveles superiores, por lo que se puede diferenciar tres secuencias estratigráficas de 3° orden, en un promedio de 400 m levantados (Figura 3.10).

La **primera secuencia de 3° orden** (hasta los 45 m aproximadamente) es progradante con una secuencia granocreciente, compuesta por series de limolitas rojas masivas (Fm), dispuestas en estratos de hasta 5 m de grosor e intercaladas esporádicamente con areniscas de grano fino, estos niveles producen de moderada a débil efervescencia al contacto con el ácido clorhídrico. Asociado al elemento arquitectural de finos fluviolacustres (FL).

La **segunda secuencia de 3° orden** (de los 45 m a 310 m aproximadamente), es progradante y está conformada por cuatro secuencias de 4° orden. La *primera y segunda secuencia de 4° orden*, son granocrecientes y están compuestas predominantemente por series de limolitas rojas laminadas y masivas (Fl, Fm) (Figura 3.10-a,b), dispuestas en estratos de hasta 2 m de grosor e intercaladas con areniscas de grano fino, grano medio y paulatinamente hacia la parte superior de areniscas de grano grueso, los cuales generalmente presentan estructuras de laminaciones paralelas y algunas que se muestran de forma masiva (Sh, Sm), estos niveles de areniscas son por lo general de colores marrón rojizo. Asociado a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA) (Figura 3.4-b,c).

La *tercera secuencia de 4° orden* es granodecreciente y la *cuarta secuencia de 4° orden* es granocreciente, se caracterizan por la disminución de estratos de limolitas y un incremento notorio de estratos de areniscas. Las areniscas se presentan en estratos de hasta 5 m de grosor, presentan granulometría gruesa a fina, con tonalidad marrón a marrón rojizo, presentan principalmente estructuras de laminaciones horizontales y masivos (Sh, Sm) y esporádicamente se presentan estratos de arenisca de grano grueso a medio con bases erosivas y estratificación planar o también de bajo ángulo (Sl, Sp). Asociados a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

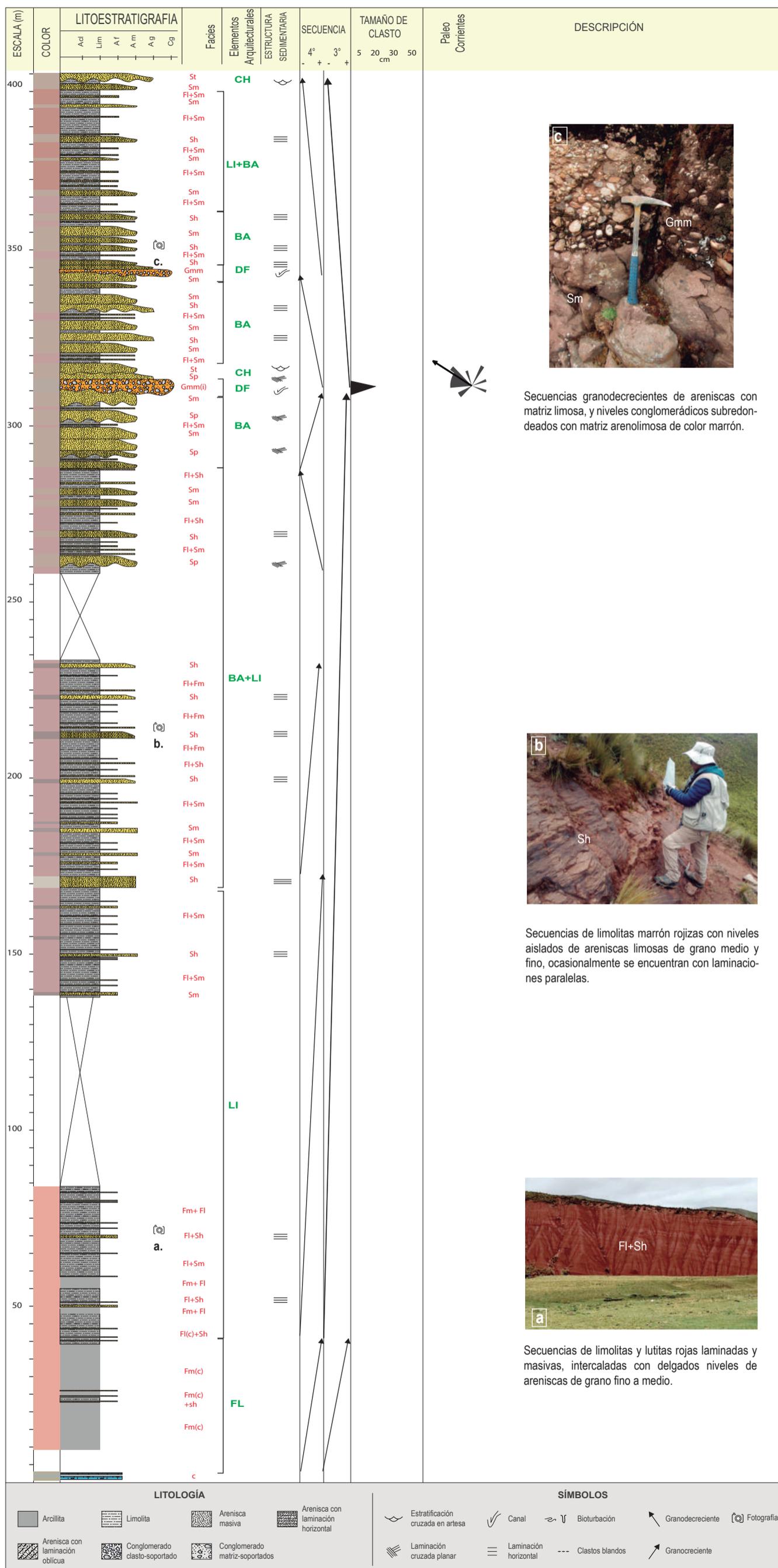


Figura 3.10 Columna estratigráfica local del Miembro inferior de la Formación Casapalca, levantada en inmediaciones del Cerro Chuycho.



La **tercera secuencia de 3°orden** (de los 310 m a 400 m aproximadamente), es retrogradante y presenta dos secuencias de 4°orden granodecrecientes. Se caracterizan por presentar estratos de conglomerados matriz soportada (Gmm, Gmm(i)) que presentan principalmente clastos subredondeadas de cuarcitas de hasta 8 cm de diámetro (Figura 3.10-c), se observan además imbricación de clastos que determinan la dirección de paleocorriente hacia el noroeste (Figura 3.10), algunos niveles de areniscas presentan base erosiva (St). En la *segunda secuencia de 4°orden*, se puede observar un incremento de limolitas con masividad secundaria y presencia de bioturbación moderada en el techo. Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de barras arenosas (BA), flujos de detritos (DF) y llanuras de inundación (LI) y algunos niveles de canales (CH).

3.3.2 FORMACIÓN CASAPALCA - MIEMBRO MEDIO

El miembro medio de la Formación Casapalca está compuesto principalmente por conglomerados intercalados con areniscas a la base, seguida de areniscas y limolitas de tonalidades rojas y grises. De los tres miembros que componen la Formación Casapalca es el más característico y el que ocupa mayor extensión. Dadas las condiciones de accesibilidad y continuidad de las secuencias, se han levantado dos columnas estratigráficas en el aparte norte del sinclinal de Cochas (Ver ubicación de columnas 3 y 4 en la figura 3.6). Las características y evolución vertical de facies, se detallan a continuación.

3.3.2.1 SECCION ESTRATIGRÁFICA CERRO SHURURO

Está ubicada en el distrito de SuitucanCHA en el cerro Shururo (Figura 3.11). La base de la sección se encuentra en las coordenadas UTM: 0403707, 8691776. Geológicamente está ubicada en el flanco noreste del sinclinal de Cochas. Los estratos presentan buzamiento hacia el S-O.

El levantamiento de la columna estratigráfica se realizó en los niveles intermedios de la Formación Casapalca, muestra el cambio litológico de niveles de menor granulometría a una gruesa secuencia de niveles de conglomerados seguida de una secuencia espesa de estratos de areniscas con intercalación de lutitas. Se puede diferenciar cinco secuencias estratigráficas de 3°orden, en un promedio de 450 metros levantados (Figura 3.12).

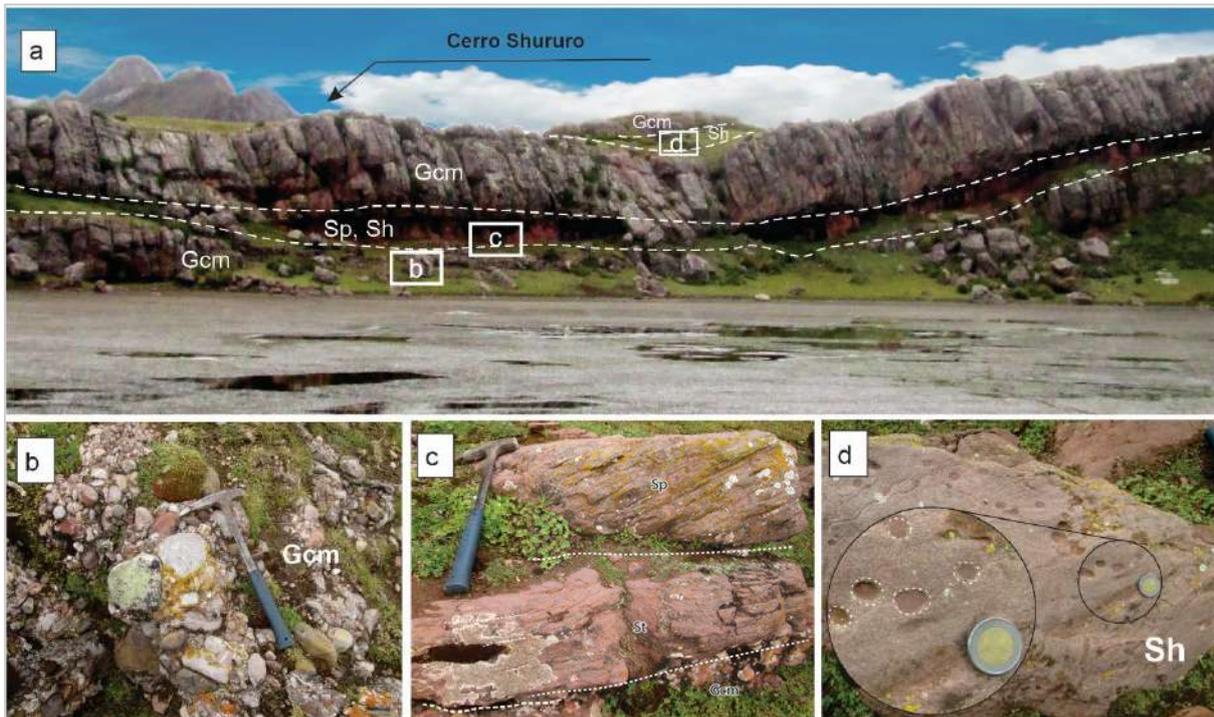


Figura 3.11 Vista parcial del cerro Shururo en el que se hizo el levantamiento de una columna estratigráfica del miembro medio de la Formación Casapalca; a) Vista en afloramiento de las facies conglomerádicas intercaladas con facies de areniscas rojizas con laminaciones entrecruzadas planares y areniscas con laminaciones horizontales; b) vista ampliada de la facies conglomerádica masiva clasto soportado (**Gcm**); c) Vista ampliada de las facies de areniscas de grano grueso con laminaciones entrecruzadas planares (**Sp**) y laminaciones en arteza (**St**); d) Vista ampliada de las areniscas de grano grueso asociados a trazas de bioturbación.

La **primera secuencia de 3° orden** (hasta los 40 m aproximadamente), es progradante y está conformada por tres secuencias de 4° orden granodecrecientes. Compuestas por limolitas marrón rojiza laminadas (Fl) y dispuestas en estratos gruesos, intercaladas con niveles de arenisca de grano grueso a medio con laminación horizontal (Sh), con algunos niveles de bioturbación moderada. Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

La **segunda secuencia de 3° orden** (de los 40 m a 160 m aproximadamente), es progradante y está compuesta por siete secuencias de 4° orden granodecrecientes. La *primera, tercera y cuarta secuencia de 4° orden*, inician en niveles conglomerádicos clastosoportados en donde algunos niveles presentan estratificación cruzada débil (Gcm, Gp), con clastos de cuarcitas y calizas grises, dispuestos en estratos medianos (Figura 3.12-a, b), en los que se tomó datos de paleocorrientes, mostrando una dirección preferencial hacia el norte y noreste (Figura 3.12). Estos niveles esta seguidos de una intercalación de niveles de limolitas (Fl) y areniscas gruesas a medias (Sp, Sh, Sm). Estas secuencias están asociadas al elemento arquitectural de canales (CH) y llanuras de inundación (LI).



La *quinta, sexta y séptima secuencia de 4° orden*, presentan un marcado cambio litológico, con niveles de conglomerados clastosoportados mucho más potentes (Gcm), de hasta 10 m de potencia, con clastos subredondeados de hasta 20 cm de diámetro (Figura 3.12-c, e). Estos niveles están intercalados con areniscas gruesas a medias (Figura 3.12-d). de color rojo y marrón rojizo con estructuras más desarrolladas (Sp, Sl, Sh, Sm). Estas secuencias están asociadas al elemento arquitectural de canales (CH) (Figura 3.4-f).

La *segunda secuencia de 4° orden*, es una intercalación de limolitas marrón rojiza laminadas (Fl) dispuestas en estratos gruesos, con bancos de arenisca limosas masivas (Sm) de grano grueso a medio, en ocasiones con laminación horizontal insipiente (Sh). En los niveles superiores se observa trazas de bioturbación horizontales y verticales. Esta secuencia está asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

La **tercera secuencia de 3° orden** (de los 160 m a 230 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por seis secuencias menores. La *primera, segunda, tercera y cuarta secuencia de 4° orden*, son granodecrecientes e inician en niveles conglomerádicos clastosoportados y matriz soportada (Gcm, Gp, Gmm), seguidas de intercalación de limolitas marrón rojiza laminadas (Fl) dispuestas en estratos gruesos con niveles delgados de areniscas gruesas a medias (Sh, Sl). La medida de paleocorrientes en los conglomerados muestra direcciones preferenciales hacia el noreste (Figura 3.12). Estas secuencias están asociadas principalmente a flujos de detritos (DF), llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

Por último, la *quinta y sexta secuencia de 4° orden*, son secuencias ligeramente erosivas y que inician en una granodecrecencia y terminan en una granocrecencia. Principalmente son limolitas marrones rojizas laminadas y levemente risadas (Fl, Fr), intercaladas con delgados niveles de areniscas medias a finas laminadas (Sh), con moderada bioturbación. Estas secuencias están asociadas al elemento arquitectural de crevasse splay (CS).

La **cuarta secuencia de 3° orden** (de los 230 m a 325 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por seis secuencias menores. La *primera y la segunda secuencia de 4° orden*, son granodecrecientes e inician con paquete de areniscas de grano grueso, con base erosivas con presencia de clastos blandos y moderada bioturbación al techo, buen desarrollo de laminación entrecruzada planar y de bajo Angulo (Sp, Sm(e), St), seguidas de intercalación de limolitas (Fl) de color marrón y areniscas masivas y laminadas (Sh, Sm). Estas secuencias están asociada a los elementos de llanuras de inundación (LI), canales (CH) y barras arenosas (BA).

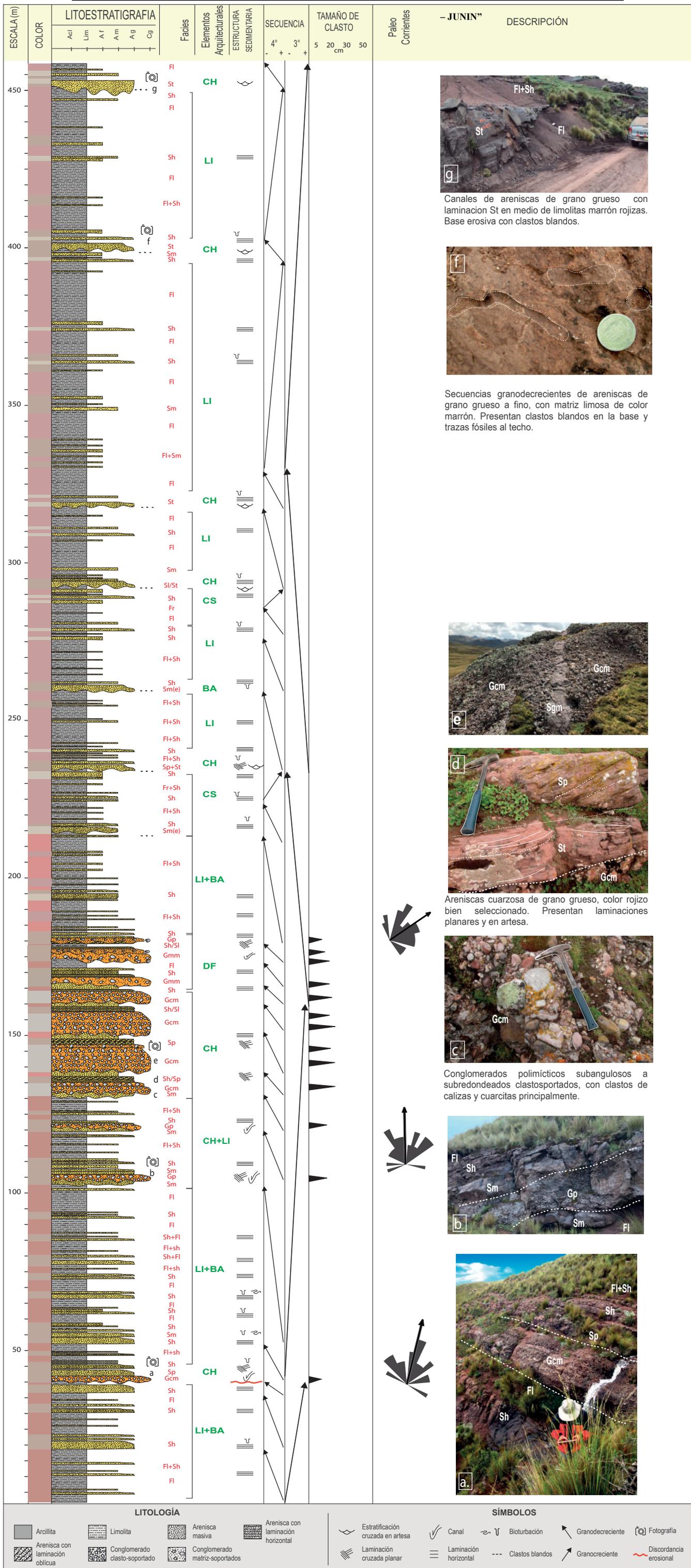


Figura 3.12 Columna estratigráfica local del Miembro medio de la Formación Casapalca, levantada en inmediaciones del Cerro Shururo.



La *tercera y cuarta secuencia de 4° orden*, son secuencias ligeramente erosivas y que inician en una granodecrecencia y terminan en una granocrecencia. Principalmente son limolitas marrones rojizas laminadas y levemente risadas (Fl, Fr), intercaladas con delgados niveles de areniscas medias a finas laminadas (Sh), con moderada bioturbación. Estas secuencias están asociadas al elemento arquitectural de crevasse splay (CS) y canal (CH).

Por último, la *quinta y sexta secuencia de 4° orden*, son granodecrecientes e inician con paquetes de areniscas de grano grueso, con base erosivas con presencia de clastos blandos con diámetros milimétricos a centímetros a la base y moderada a baja bioturbación al techo, también presentan moderado desarrollo en sus laminaciones (St, Sh). Seguida de fuertes niveles de limolitas (Fl) de color marrón intercaladas con niveles delgados de areniscas medias a finas masivas y laminadas (Sh, Sm). Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y canales (CH).

La **quinta secuencia de 3° orden** (de los 325 m a 450 m aproximadamente), es progradante y está compuesta por cuatro secuencias menores. La *primera y tercera secuencia de 4° orden*, son granocrecientes dominadas por niveles de limolitas (Fl), interestratificadas con niveles delgados de arenisca fina a gruesa (Sh, Sm). Estas secuencias están asociadas al elemento arquitectural de llanuras de inundación (LI).

Finalmente, la *segunda y cuarta secuencia de 4° orden*, son granodecrecientes compuesta por niveles de canales de arenisca con bases fuertemente erosivas y moderada bioturbación (St,Sh) (Figura 3.12-f,g), Estas secuencias están asociadas al elemento arquitectural de canales (CH).

3.3.2.2 SECCION ESTRATIGRÁFICA CASACUCHO

Se encuentra ubicada al sur de la población de SuitucanCHA, en inmediaciones del Centro Poblado de Casacucho. La base se encuentra en las coordenadas UTM: 0399187, 8692545. Geológicamente, se encuentra muy cerca al eje del sinclinal de Cochas, donde la estratificación muestra un buzamiento hacia el Sur.

La litología en este sector, de manera general muestra una predominancia de estratos potentes de conglomerados y estratos de areniscas intercalados con limolitas, y abundante presencia de restos de trazas fósiles en diversos niveles. Se puede diferenciar cuatro secuencias estratigráficas de 3° orden, en un promedio de 380 metros levantados (Figura 3.13).



La **primera secuencia de 3° orden** (hasta los 75 m aproximadamente), es progradante y está conformada por seis secuencias de 4° orden granodecrecientes. Todas estas secuencias están compuestas por estratos de areniscas de grano grueso (Sm, Sh), intercaladas con limolitas masivas y laminadas (Fm, Fl). Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

La **segunda secuencia de 3° orden** (de los 75 m a 190 m aproximadamente), es progradante y está compuesta por diez secuencias de 4° orden granodecrecientes. La *primera, octava, novena y décima secuencia de 4° orden*, inician con estratos conglomerádicos clasto soportados masivos o con laminación entrecruzada débil (Gcm, Gp) (Figura 3.13 - a) con potencias de hasta 10 m, con clastos subredondeados de calizas y cuarcitas de hasta 20 cm de diámetro (Figura 3.13 - b), presentan una matriz compuesta por grava, arena y limo con tonalidades marrón grisáceos. Las proporciones de tipos de clasto de los conglomerados varían; en los niveles inferiores los clastos de calizas grises y marrones son más abundantes que los clastos de cuarcitas; mientras que, el porcentaje de clastos de cuarcitas de tonalidades rojas y beige aumenta hacia los niveles superiores. Los clastos están imbricados mostrando un sentido de corriente al norte. Estos niveles están seguidos de estratos de areniscas (Sm, Sh, Sp) y niveles de limolitas (Fl, Fm) de tonalidades marrones. Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de canales (CH).

La *segunda, tercera, cuarta, sexta y séptima secuencia de 4° orden*, son principalmente niveles de limolitas (Fl, Fm) de tonalidades marrón- marrón rojizo, interestratificados con niveles delgados de areniscas medias a finas (Sm, Sh), ocasionalmente con areniscas gruesas a medias (Sm, Sh). Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

La *cuarta secuencia de 4° orden*, son niveles de conglomerados clastos soportados, (Gcm) bien seleccionados interestratificado con areniscas conglomerádicas a gruesas. Los clastos están imbricados mostrando un sentido de corriente al norte (Figura 3.13). Esta secuencia está asociada al elemento arquitectural de barras de grabas (BG).

La **tercera secuencia de 3° orden** (de los 190 m a 290 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por ocho secuencias de 4° orden. La *primera, segunda y tercera secuencia de 4° orden*, son secuencias granodecrecientes de conglomerados clasto soportados menos potentes (Gcm), con clastos de cuarcitas de tonalidades rojas y beige, seguidos de



estratos delgados de arenisca conglomerádica a arenisca gruesa y niveles de limolitas marrones (Sgm, Sh) con algunos niveles de bioturbación moderada. Los clastos están imbricados mostrando un sentido de corriente al noreste (Figura 3.13). Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de canales (CH) y llanuras de inundación (LI).

La *cuarta secuencia de 4°orden* granodecreciente y *octava secuencia de 4°orden* granocreciente, son principalmente niveles de limolitas (Fl, Fm) de tonalidades marrón a marrón rojizo, interestratificados ocasionalmente con niveles delgados de areniscas medias a finas (Sm, Sh) de color marrón. Estas secuencias están asociada al elemento arquitectural de llanuras de inundación (LI).

La *quinta, sexta y séptima secuencia de 4°orden*, son secuencias ligeramente erosivas y que inician en una granodecrecencia y terminan en una granocrecencia. Principalmente son limolitas marrones rojizas laminadas y levemente risadas (Fl, Fr), intercaladas con delgados niveles de areniscas medias a finas laminadas y masivas (Sh, Sm(e)), con presencia constante de trazas de bioturbación de hasta 10 cm de largo, con disposición horizontal y vertical (Figura 3.13-c) con moderada bioturbación. Estas secuencias están asociadas al elemento arquitectural de crevasse splay (CS) (Figura 3.4-h).

La **cuarta secuencia de 3°orden** (de los 290 m a 380 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por cuatro secuencias de 4°orden granodecrecientes. En general estas secuencias son de conglomerados masivos con soporte de matriz areno limosa (Gmm) (Figura 3.13-d, e), intercalada con estratos de areniscas de grano grueso a medio de tonalidades marrones a marrón grisáceo, con laminaciones horizontales, entrecruzada planar, de bajo ángulo y masivos (Sh, Sp, Sl, Sm, Sm(e)), algunos niveles presentan una base erosiva fuerte, en los que se tiene abundante presencia de restos de trazas fósiles con vista de alto relieve (Figura 3.13-f), dispuestos de forma horizontal y vertical de hasta 15 cm de largo. Las medidas de paleocorrientes determinan direcciones hacia el noroeste y noreste (Figura 3.13). Estas secuencias están asociadas a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI), barras arenosas (BA), flujos de detritos (DF) y canales (CH).

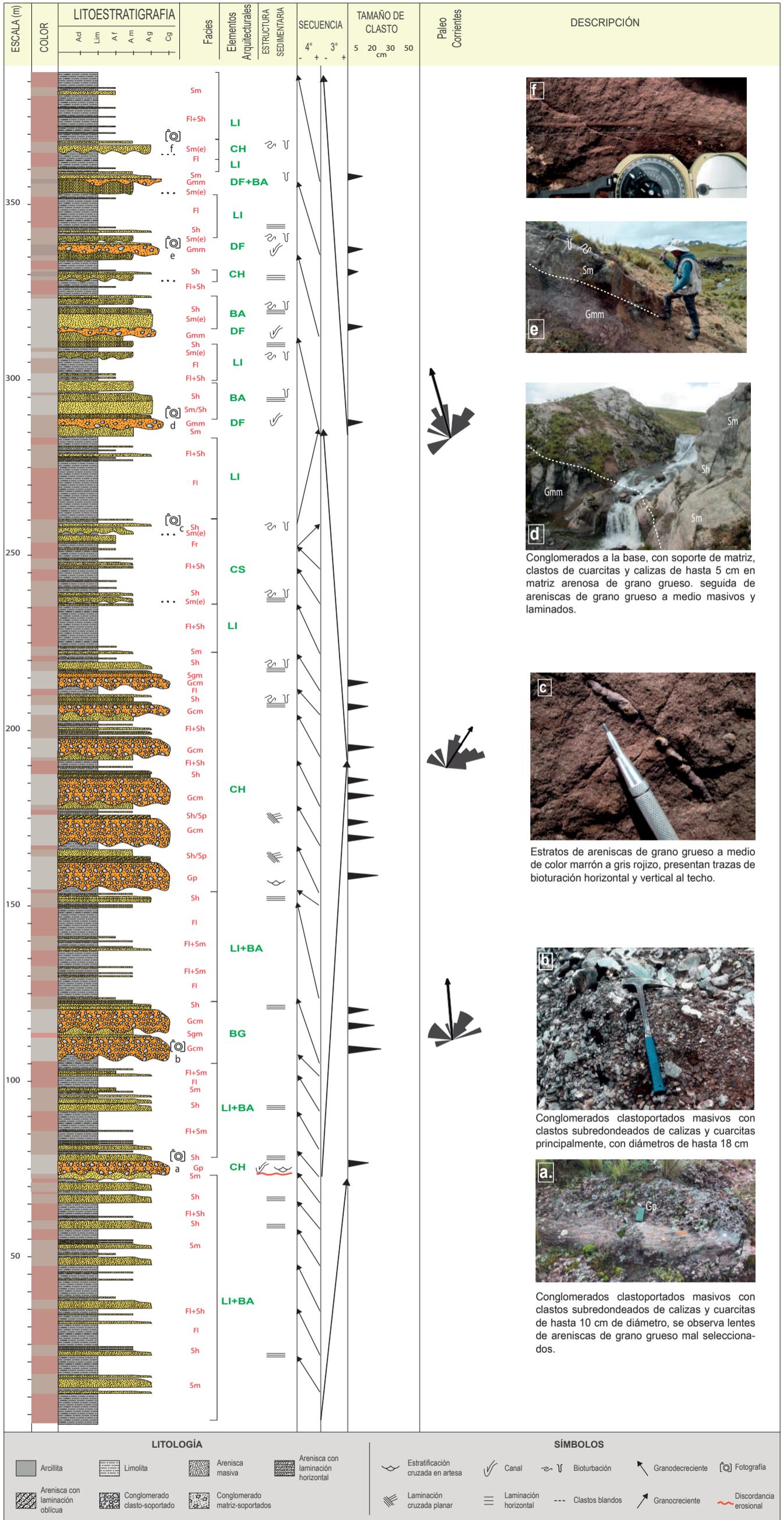


Figura 3.13 Columna estratigráfica local del Miembro medio de la Formación Casapalca, levantada en la localidad de Casacucho.

3.3.3 FORMACIÓN CASAPALCA - MIEMBRO SUPERIOR

El miembro superior aflora en el sector noroeste de Cochabamba formando el núcleo del sinclinal homónimo. Este miembro sobreyace al miembro medio en discordancia erosional y/o discordancia progresiva, especialmente cerca a zonas de falla. Se realizó el levantamiento de dos secciones estratigráficas ubicados en ambos flancos del sinclinal de Cochabamba.

3.3.3.1 SECCION ESTRATIGRÁFICA LAGUNA ÑAHUINCOCHA

Se encuentra ubicada en el distrito de Canchayllo en inmediaciones de la laguna Ñahuincocha (Figura 3.14), en el flanco noreste del sinclinal de Cochabamba. La base de esta sección se encuentra en las coordenadas UTM: 0403902, 8687752.

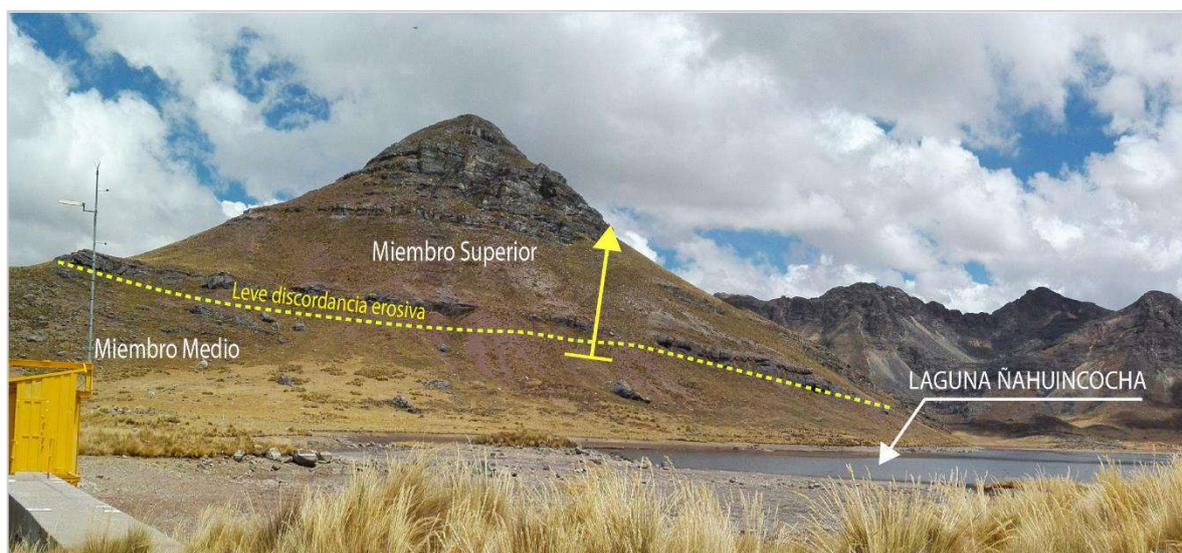


Figura 3.14 Vista del contacto del miembro medio y superior de la Formación Casapalca en la Laguna Ñahuincocha, en este sector se levantó la columna estratigráfica del miembro superior de la Formación Casapalca. La flecha amarilla muestra la parte inferior del desarrollo de la columna estratigráfica.

En esta sección se representa la base y desarrollo de la unidad denominada como miembro superior de la Formación Casapalca. De manera general, está compuesta por conglomerados en estratos gruesos a la base, estratos de areniscas laminadas y masivas intercaladas con limolitas hacia los niveles superiores y estratos menores de conglomerados. Se puede diferenciar cinco secuencias estratigráficas de 3°orden, en un promedio de 370 metros levantados (Figura 3.15).

La **primera secuencia de 3°orden** (hasta los 50 m aproximadamente), es progradante y está conformada por tres secuencias menores granodecipientes. La *primera secuencia de 4°orden*, son predominantemente niveles de limolitas de color marrón rojizos (Fl) con algunos niveles



de areniscas delgadas de color marrón grisáceo (Sm, Sh). Esta secuencia está asociada al elemento arquitectural de llanuras de inundación (LI).

La *segunda y tercera secuencia de 4° orden*, se observa una intercalación entre potentes estratos de areniscas de grano grueso a medio (Sm, Sp, Sh) con limolitas marrones rojizos (Fl), las areniscas masivas son de tonalidades marrón grisáceos, que ocasionalmente presentan laminación horizontal y base erosiva (Figura 3.15-a). Esta secuencia está asociada al elemento de barras arenosas (BA).

La **segunda secuencia de 3° orden** (de los 50 m a 140 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por cuatro secuencias menores granodecipientes. La *primera secuencia de 4° orden*, muestra a la base un estrato potente de conglomerado (unos 15 m de grosor), que consta de clastos de cuarcitas y calizas subredondeadas de hasta 15 cm de diámetro, con soporte de clasto y matriz compuesta por grava, arena y limo de tonalidades marrones grisáceos, presenta masividad y en sectores con laminación entrecruzada planar débil (Gcm, Gp) (Figura 3.15-b). A este nivel le sigue niveles delgados de conglomerados intercalados con areniscas gruesas con laminación entrecruzada planar y horizontal (Sp, Sh), terminando con limolitas marrones y rojizas (Fl). Los clastos imbricados de los conglomerados muestran diversas direcciones; pero se podría decir que presenta una tendencia al sureste (Figura 3.15). Esta secuencia está asociada a los elementos arquitecturales de canales (CH), llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

La *segunda secuencia de 4° orden*, se caracteriza por presentar un nivel de conglomerado matriz soportada (Gmm), areniscas de grano grueso a medio (Sm, Sh), de tonalidades marrón grisáceo y principalmente por el aumento progresivo en limolitas (Fl). Esta secuencia está asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI), flujos de detritos (DF) y barras arenosas (BA).

La *tercera y cuarta secuencia de 4° orden*, presentan una intercalación de areniscas de grano grueso a medio de tonalidades verdosas y grises (Figura 3.15 -c), masivas y con laminaciones horizontales y de bajo ángulo (Sh, Sl, Sm), intercaladas con estratos de limolitas de tonalidades rojizas y beige masivos (Fm, Fl), siendo la quinta secuencia la que mayor predominio de limolitas presenta. Estas secuencias están asociada principalmente a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).



La **tercera secuencia de 3°orden** (de los 140 m a 210 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por cuatro secuencias de 4°orden granodecrecientes. Presentan una intercalación de areniscas de grano grueso a medio (Sh, St, Sm), de tonalidades marrones grisáceos (Figura 3.15 -b), con estratos de limolitas de tonalidades marrones (Fm, Fl). Las bases de las secuencias inician con niveles de areniscas con base erosiva con clastos blandos, y se observa también una disminución de los niveles finos hacia el tope de las secuencias. Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de canales (CH), llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

La **cuarta secuencia de 3°orden** (de los 210 m a 290 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por seis secuencias de 4°orden granodecrecientes. La *primera secuencia de 4°orden*, son bancos de arenisca gruesa con laminación en artesa (St) y base erosiva, de coloración marrón grisáceo y limolitas de tonalidades marrones (Fm, Fl). Esta secuencia está asociada a los elementos arquitecturales de barras arenosas (BA) y canales (CH).

La *segunda y la tercera secuencia de 4°orden*, inician con conglomerados masivo matriz soportada de unos 10 m de grosor, con clastos de hasta 5 cm de diámetro, conformados principalmente de clastos de cuarcitas (Figura 3.15-d), seguidas de fuertes bancos de arenisca gruesa masivas o laminación en artesa con base erosiva, de coloración marrón grisáceo y limolitas de tonalidades marrones (Fm, Fl). Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de flujos de detritos (DF), canal (CH) y barras arenosas (BA).

La *cuarta, quinta y sexta secuencia de 4°orden*, muestran un aumento en la potencia de los niveles de lutitas con respecto a sus anteriores. Mientras que, los niveles de las areniscas en su mayoría presentan base erosiva y clastos blandos en las bases de estos (St, Sm, Sm(e)), (Figura 3.15-e). Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y canales (CH).

La **quinta secuencia de 3°orden** (de los 290 m a 370 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por tres secuencias de 4°orden granodecrecientes. Estas secuencias se caracterizan por iniciar con potentes estratos de areniscas gruesa con buen desarrollo de laminación entrecruzada planar, con base erosiva y de coloración gris verdosa (St, Sp, Sm(e), Sm). Además, también se puede observar un aumento progresivo en los niveles de limolita (Fm, Fl) de color marrón rojiza de cada secuencia. Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI), canales (CH) y barras arenosas (BA).

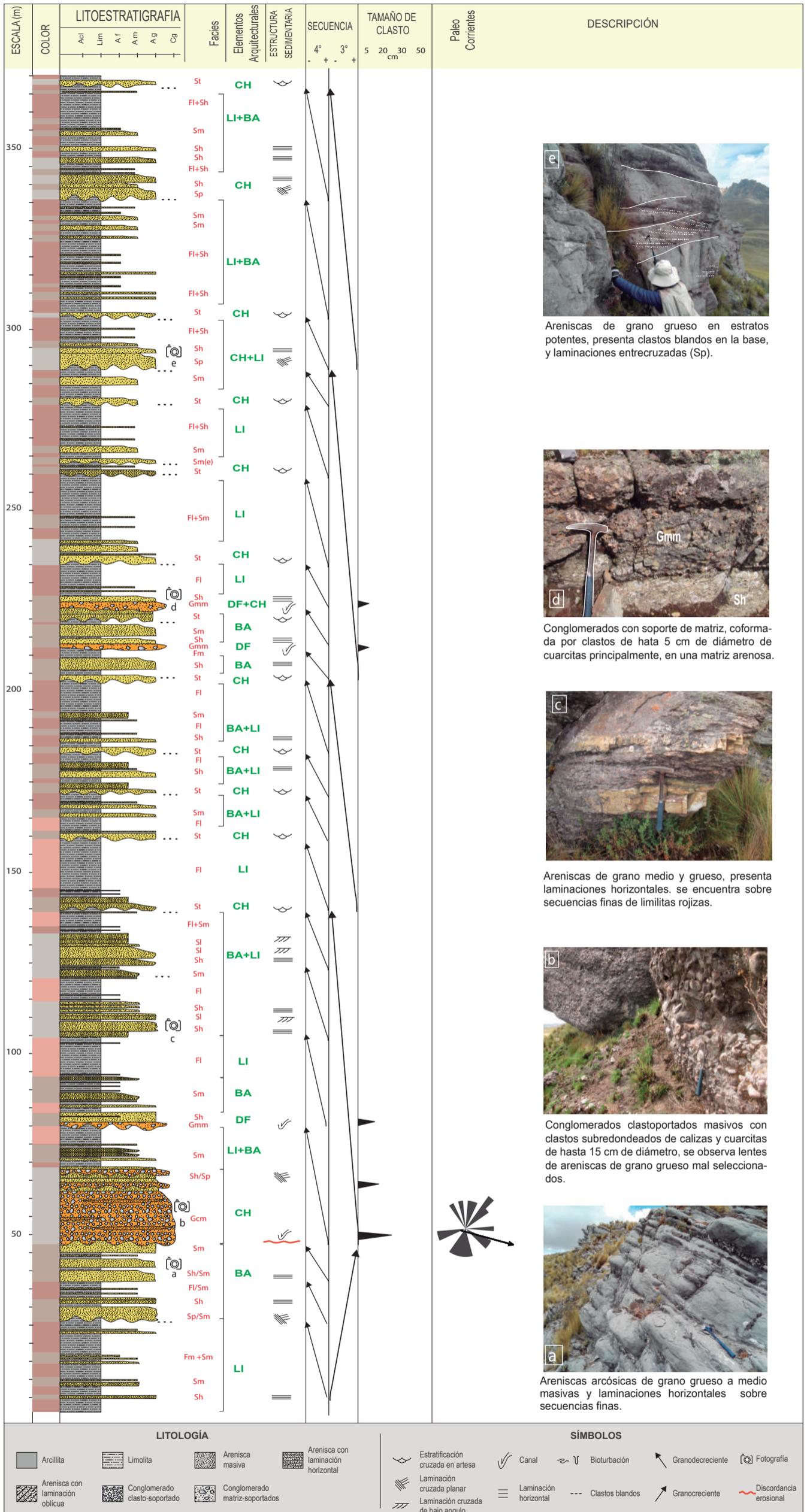


Figura 3.15 Columna estratigráfica local del miembro superior de la Formación Casapalca, en inmediaciones de la laguna Ñahuincocha.



3.3.3.2 SECCION ESTRATIGRÁFICA LAGUNA CAULLAU

Se encuentra ubicada en el distrito de Canchayllo en inmediaciones de la laguna Caullau, en el flanco suroeste del sinclinal de Cochas. La base de esta sección se encuentra en las coordenadas UTM: 0413386, 8674444 a 4360 msnm.

La columna estratigráfica, de forma general, consta de areniscas y conglomerados en estratos medianos y gruesos, y lutitas. Se puede diferenciar tres secuencias estratigráficas de 3°orden, en un promedio de 180 metros levantados (Figura 3.16).

La **primera secuencia de 3°orden** (hasta los 60 m aproximadamente), es retrogradante y está conformada por tres secuencias de 4°orden. La *primera secuencia de 4°orden*, es granodecreciente y corresponde a niveles de conglomerados masivos matrizosoportados (Gmm) granocreciente con clastos de hasta $\varnothing 10$ cm (Figura 3.16-a), conformados por clastos de cuarcitas principalmente, y en menor proporción de clastos de volcánicos andesíticos (Gv); seguido de areniscas masivas y con laminaciones horizontales, entrecruzadas en artesa y planares (Sm, Sp, Sh, St), con niveles de base erosiva y clastos blandos, la secuencia culmina con limolitas de tonalidad marrón rojiza a gris. Esta secuencia está asociada a los elementos arquitecturales de canales (CH) y flujos de detritos (DF).

La *segunda secuencia de 4°orden*, es granocreciente que culmina con un nivel de conglomerado masivo clastosoportados (Gcm(i), Gv) con gradación inversa, con clastos de hasta $\varnothing 20$ cm, este nivel muestran paleocorrientes con direcciones preferenciales hacia el noreste (Figura 3.16). Esta secuencia está asociada a los elementos arquitecturales de canales (CH).

La *tercera secuencia de 4°orden*, es granodecreciente y presenta estratos de areniscas masivas de grano grueso a medio con base erosiva y clastos blandos (Sm(e)), seguidas por niveles potentes de limolitas de tonalidad marrón rojiza a gris (Fl), intercaladas con areniscas medias en estratos delgados (Sh). Esta secuencia está asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

La **segunda secuencia de 3°orden** (de los 60 m a 130 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por siete secuencias de 4°orden granodecrecientes, con mayor presencia de niveles arenosos; pero una disminución progresiva en el tamaño de grano, iniciando con niveles de arenisca de grano grueso a medio (Sh, St) de base erosiva y trazas de



bioturbación intensa (Figura 3.16-b). y finalizando con secuencias de areniscas de grano medio a fino (Sh, Sm) con bioturbación débil. Estas secuencias están asociadas a los elementos de canal (CH), barras arenosas (BA) y llanuras de inundación (LI).

La **tercera secuencia de 3°orden** (de los 130 m a 180 m aproximadamente), es retrogradante y está compuesta por cinco secuencias de 4°orden. La *primera secuencia de 4°orden* está asociado a un nivel delgado de conglomerados masivos clastosoportados (Gcm, Gv), con clastos de hasta $\varnothing 20$ cm, seguido de niveles de limolitas en estratos gruesos (Fl), mientras que en la *segunda secuencia de 4°orden* presenta conglomerados mas potentes y con niveles de lentes y estratos de arenisca gravosa a gruesa (Gcm, Gv, Sgm). Estas secuencias están asociadas al elemento arquitectural de canales (CH).

La *tercera secuencia de 4°orden*, es granocreciente. Esta secuencia está compuesta por gruesos estratos de conglomerados clastosoportados (Gb, Gv) con clastos subangulosos de calizas, cuarcitas y rocas volcánicas de hasta $\varnothing 50$ cm con mala selección (Figura 3.16-c). La matriz es regularmente escasa y esta compuesta por arenisca y brecha sedimentaria. Además, en ciertos niveles se pueden observar lentes de gravas arenosas. Esta secuencia está asociada al elemento arquitectural de flujos en lamina (SF) (Figura 3.5-j).

La *cuarta secuencia de 4°orden*, es granodecreciente y está dominada por areniscas de grano grueso a medio (Sh), mientras que la *quinta secuencia de 4°orden*, está dominada por limolitas (Fl) intercaladas con niveles delgados de arenisca gruesa (Sh). Estas secuencias están asociada a los elementos arquitecturales de llanuras de inundación (LI) y barras arenosas (BA).

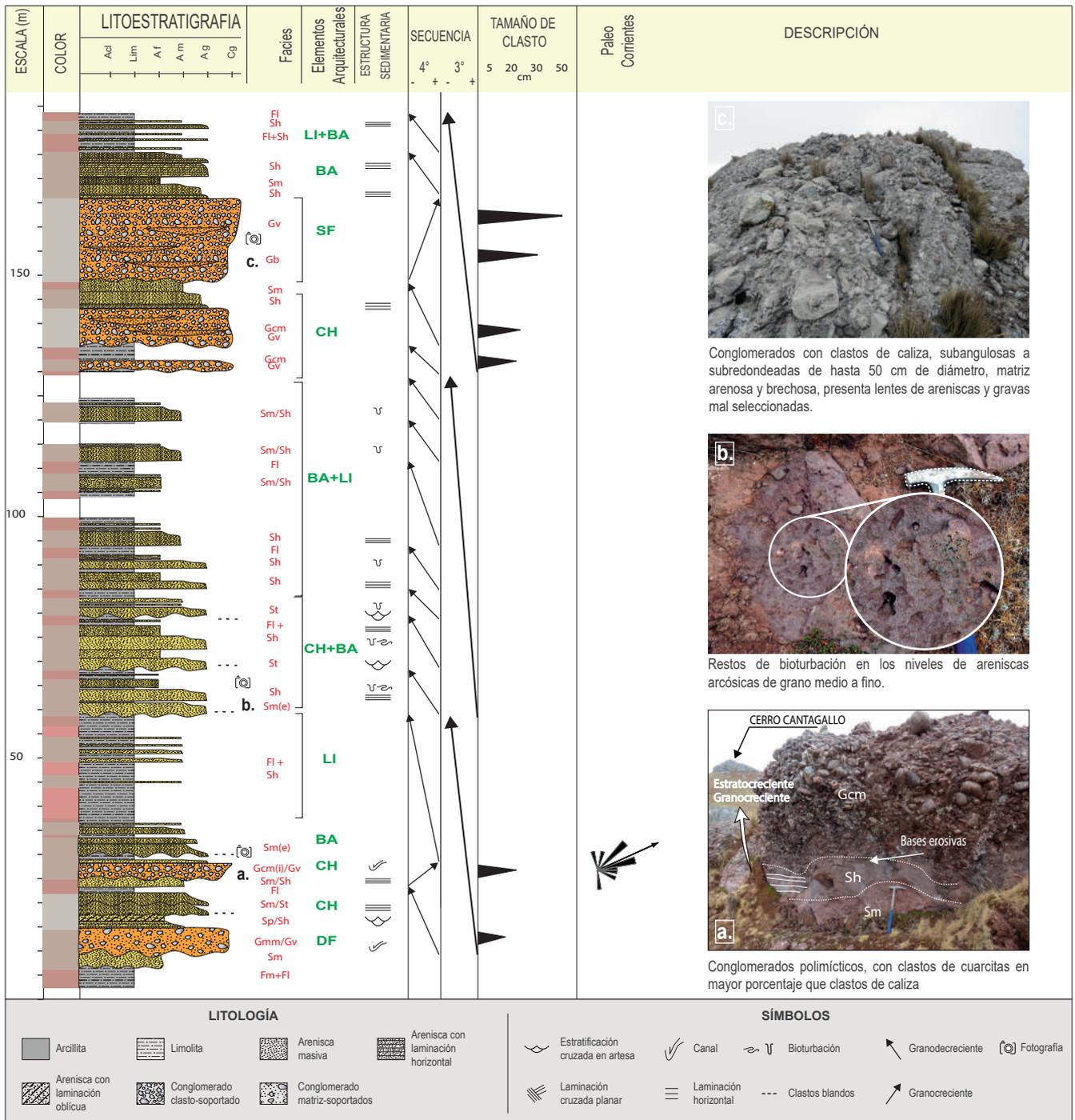


Figura 3.16 Columna estratigráfica local del miembro superior de la Formación Casapalca, levantada en inmediaciones de la Laguna de Caullau, al sur de Cochas.



3.4 INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Luego de la identificación y asociación de facies sedimentarias y elementos arquitecturales relacionados por columna estratigráfica levantada, se pudo llegar a identificar una sección representativa de los ambientes sedimentarios, conformadas por las secciones de Chuycho-Shururo y Ñahuincocha (Figura 3.17).

3.4.1 MIEMBRO INFERIOR: INICIO Y DESARROLLO DE LA SEDIMENTACIÓN CONTINENTAL ASOCIADO A ABANICOS ALUVIALES

El Miembro inferior se puede observar en la sección estratigráfica representativa Chuycho-Shururo, estas secciones muestran una transición entre una sedimentación carbonática; posiblemente lacustre, que generó un cambio progresivo a una sedimentación continental detrítica.

El Miembro inferior estaría compuesta de 2 procesos:

1° Progradación, compuesta por dos secuencias de 3°orden, la *primera secuencia de 3°orden granocreciente*, muestra una asociación de facies de argilitas y limolitas calcáreas (FL); por lo que, se le puede asignar como una sedimentación de **ambiente lacustre calcáreo** poco profundo, gobernada por una sedimentación fangosa y de detríticos finos.

Mientras que, en la *segunda secuencia de 3°orden granocreciente*, se observa un aumento progresivo de aporte detrítico de facies arenosas en estratos tabulares extensos (BA) sobre facies limolíticas (LI); a la cual podemos atribuir como una transición de la **zona del pie** a la **zona externa del cuerpo** en un **ambiente de abanico aluvial**.

1° Retrogradación, compuesta por *una secuencia de 3°orden granodecreciente*, de granulometría más gruesa y con mayor energía, correspondientes a areniscas gruesas, representan principalmente barras arenosas y canales (BA, CH), limolitas de llanura de inundación (LI) y algunos niveles de conglomerados de flujos de detritos (DF) y; por lo tanto, correspondería a una sedimentación en un **ambiente de abanico aluvial**, dentro de la **zona del cuerpo**.

Comenzando la sección de Shururo, se puede observar el inicio de la 2° Progradación, compuesta por una secuencia de 3°orden, corresponden a una intercalación de litofacies arenosas y limolíticas (LI, BA); podemos relacionar las secuencias inferiores como parte del



miembro inferior de la Formación Casapalca asociado a un ambiente de abanico aluvial, posiblemente en la **zona externa del cuerpo**.

3.4.2 MIEMBRO MEDIO: PRIMER CRECIMIENTO

Las secciones estratigráficas representativa Shururo – Ñahuincocha, muestran el registro sedimentario del miembro medio de la Formación Casapalca, cuya característica principal es la presencia de una discordancia erosiva, que se observa mejor en las zonas proximales del sistema, y separa una sedimentación de granulometría fina sobre una más gruesa. Este miembro está compuesto de 3 procesos:

2° Progradación, su desarrollo esta dado por una *secuencia de 3°orden granocreciente*, presenta discordancias erosivas, que se observa mejor en las zonas proximales del sistema. Corresponden a una asociación de litofacies conglomerádicas correspondientes a canales y barras (CH, BG) con fuertes espesores y litofacies arenosas correspondientes a barras con llanura de inundación (BA, LI); mostrando una afinidad a **ambientes de abanicos aluviales** con **sistemas fluviales de ríos entrelazados** de alta y moderada energía; con carga de lecho gravoso, dentro de la **zona interna del cuerpo del abanico**. Hacia al techo de esta secuencia, se observa varios niveles de flujos de detritos (DF) posiblemente corresponda a la zona en transición con la **cabecera del abanico**.

De acuerdo con las medidas de paleocorrientes, el sentido de las corrientes de los sistemas fluviales es hacia el noreste. En este sentido, la zona de aportes se encontraba en la cordillera occidental, ubicada en el borde suroeste de la cuenca sedimentaria, lo que tendría relación con la composición de los clastos de los conglomerados, que corresponderían a las calizas de las formaciones Chúlec y Jumasha y areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga.

2° Retrogradación, compuesta por *dos secuencias de 3°orden granodecrescentes*. Presentan una predominancia de sedimentación arenosa y limolítica, asociados a llanuras de inundación, canales y barras arenosas, y crevasse splay (LI, CH, BA, CS), con algunos niveles delgados de conglomerados asociados a flujos de detritos (DF), también se puede observar un notorio incremento de interacción biótica por la presencia abundante de trazas de bioturbación horizontal y vertical; entonces podemos decir que corresponde a **ambientes de abanicos aluviales** con **sistemas fluviales de ríos entrelazados** de baja a moderada energía en planicies extensas de baja pendiente y con llanuras de inundación, con periodos de calma sedimentaria inmersa en presencia de humedad constante, dentro de la **zona del cuerpo y pie del abanico**.



3° Progradación, compuesta por *dos secuencias de 3°orden* granocrecientes, correspondería a un dominio de la sedimentación limolítica y mantos de areniscas muy finas en estratos tabulares delgados (LI), con algunos niveles de canales de arena (LI), sobre la planicie desarrollada en las secuencias anteriores; por lo tanto, se podría indicar una sedimentación en un **ambiente de abanico aluvial**, dentro de la **zona del pie del abanico**, asociado a la formación de un nuevo sistema de abanicos aluviales.

3.4.3 MIEMBRO SUPERIOR: SEGUNDO CRECIMIENTO

Las secciones estratigráficas representativas Ñahuincocha, muestra el desarrollo sedimentario asociado al miembro superior de la Formación Casapalca, cabe mencionar que los conglomerados de este miembro muestran clastos volcánicos lo que implica actividad volcánica previa en el área de procedencia. El Miembro superior estaría compuesta de 1 proceso:

3° Retrogradación, compuesta por *cuatro secuencias de 3°orden* granodecrecientes, la primera inicia con una discordancia erosional como base de niveles conglomerádicos asociado a canales y flujos de detritos (CH,DF), seguida de litofacies de barras arenosas dentro de la llanura de inundación (LI, BA); mientras que la segunda, muestran el desarrollo de litofacies de barras arenosas y llanuras de inundación (LI, BA) y niveles de canales arenosos (CH); estas secuencias están asociadas a **ambientes de abanicos aluviales** con **sistemas fluviales de ríos entrelazados** de moderada energía, dentro de la **zona del cuerpo externo del abanico**.

En tanto que, la tercera y cuarta secuencia, presentan niveles de litofacies conglomerádicos asociados a canales y flujos de detritos (CH, DF); y bancos arenosos con base erosiva (CH); con niveles de limolitas y barras arenosas delgadas, que estarían asociados a ambientes de abanicos aluviales con **sistemas fluviales de ríos entrelazados** de moderada a alta energía en planicies de baja pendiente y con llanuras de inundación, con periodos de calma sedimentaria, dentro de la **zona interna del cuerpo del abanico**.

Finalmente, al techo de la sección de Ñahuincocha seguirían por correlación de la sección Caullau, secuencias conglomerádicas brechosas mal seleccionados, asociados a flujos en lámina y canales (SF, CH); lo cual nos indicaría que estaríamos en la zona proximal del sistema, que generalmente es más alta y poco preservada, es decir la **zona de la cabecera del abanico**.

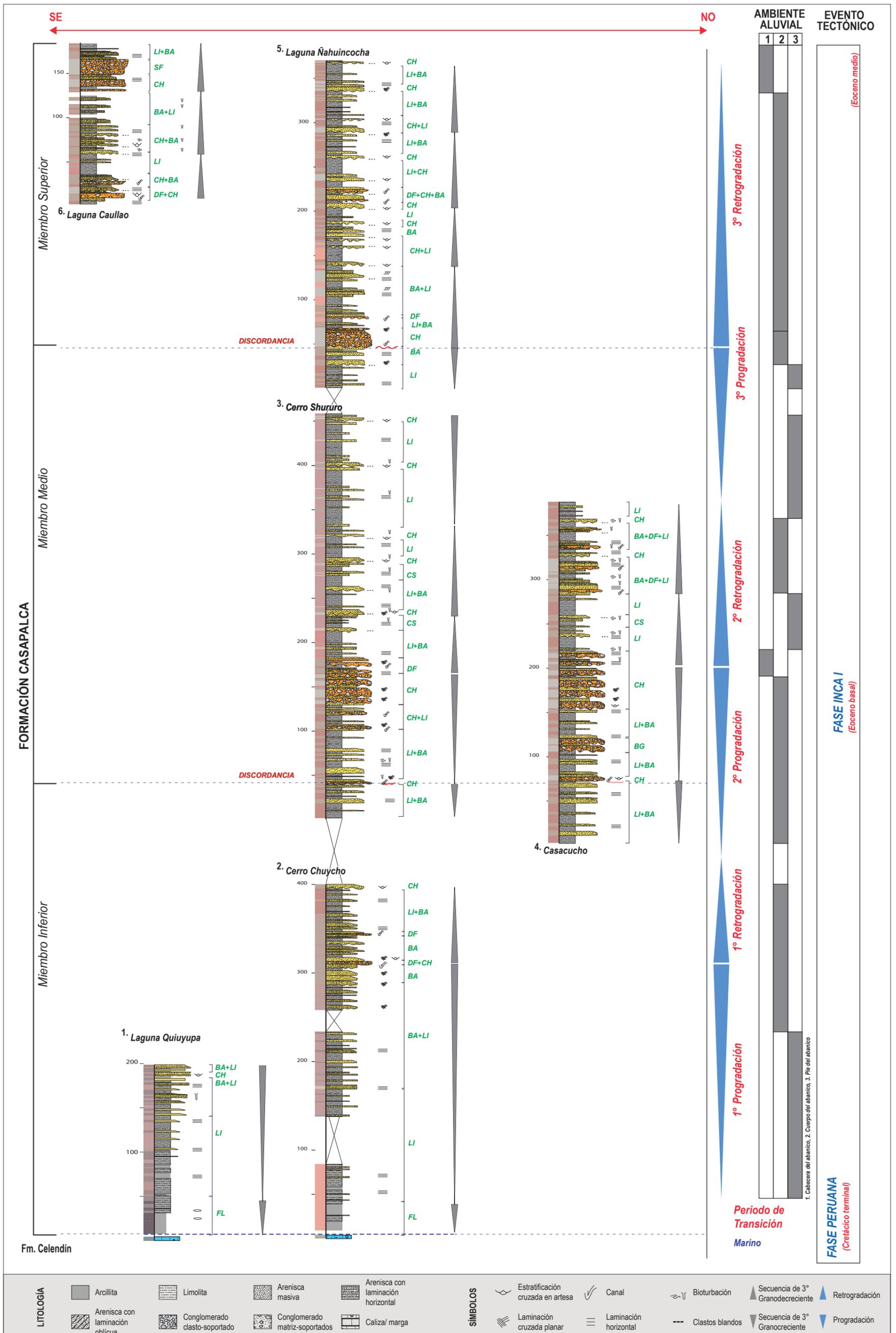


Figura 3.17 Columnas estratigráficas generalizadas y correlacionadas de la Formación Casapalca, entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba.



CAPÍTULO IV:

ANALISIS ESTRUCTURAL Y TECTONICO



4.1 GENERALIDADES

En el presente capítulo se realiza un análisis descriptivo de la configuración estructural que presenta la zona de estudio, así como la identificación de bloques que caracterizan variación de estructuras y variación estratigráfica diferenciables entre sí. Así mismo, se menciona, de forma regional, los procesos tectónicos y sedimentarios acaecidos, previos a la apertura y desarrollo de la cuenca de la Formación Casapalca, y sus implicancias en la configuración estructural de esta Cuenca.

Para tal fin, se realizaron cinco secciones estructurales en el área de estudio, que caracterizan de manera gráfica las disposiciones estructurales de las unidades litoestratigráficas esta zona.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES

4.2.1 SECCIÓN ESTRUCTURAL A-A´

La sección estructural A-A´ (Figura 4.1 – a) de dirección NE-SO, corta los subdominios de Azulcocha, Cerro de Pasco –La Oroya y el Subdominio Jauja.

Se puede identificar tres zonas con características de deformación diferenciables: al suroeste se observa fallas correspondientes al Sistema de Fallas Chonta, con vergencia hacia el noreste y asociada a plegamientos en unidades mesozoicas y emplazamiento de cuerpos intrusivos Neógenos; en el centro, en el Subdominio de Cerro de Pasco – La Oroya, una zona de menor deformación, se observa la parte norte del Domo de Yauli, la cual muestra un basamento metamórfico, sobre la que sobreyace en discordancia angular el Grupo Mitu, seguida del Grupo Pucará, el cual presenta un adelgazamiento estratigráfico considerable con respecto al Sub Dominio de Jauja; en tanto que, en el subdominio de Jauja se observa un sistemas de plegamientos y fallas inversas con vergencia predominante al suroeste correspondiente al Sistema de Fallas La Oroya.

4.2.2 SECCIÓN ESTRUCTURAL B-B´

La sección B-B´ de dirección NE-SO (Figura 4.1 - b) corta los subdominios Cerro de Pasco - La Oroya y Jauja.

De forma similar que la anterior sección, al suroeste se observa fallas inversas con vergencia al noreste, correspondientes al sistema de Fallas Chonta, y pliegues en unidades mesozoicas;



al centro se puede observar afloramiento de metamórficos en el domo de Yauli y una zona con menor deformación, con ligera inclinación de las unidades estratigráficas hacia el noreste; en tanto que, al noreste, se observa fallas inversas, correspondientes al Sistema de Fallas La Oroya, y pliegues con vergencia principal hacia el suroeste que afectan principalmente al Grupo Pucará.

4.2.3 SECCIÓN ESTRUCTURAL C-C´

La sección C-C´ con dirección NE-SO (Figura 4.1 - c) corta los subdominios Azulcocha, Cochas y Jauja. Entre el subdominio de Azulcocha y Cochas.

Se observa al suroeste una falla inversa y pliegues asociados al Sistema de Fallas Huancavelica Azulcocha, con vergencia hacia el noreste, en el centro, en el Sub Dominio de Cochas, se puede observar el depocentro de la Formación Casapalca, limitada hacia el suroeste por el sistema de fallas Chonta y el Sistema de Fallas Huancavelica Azulcocha, y hacia el este por el sistema de fallas la Oroya; en cuanto al subdominio de Jauja, como en las secciones anteriores, se observa el sistema de Fallas La Oroya con vergencia hacia el suroeste y fallas en sentido contrario asociadas al emplazamiento de la falla principal.

4.2.4 SECCIÓN ESTRUCTURAL D-D´

La sección D-D´ con dirección NE-SO (Figura 4.1 - d) corta los subdominios Occidental, Azulcocha, Cochas y Jauja.

En el subdominio Occidental se observa un importante sistema de fallamientos correspondiente al Sistema de Fallas Chonta, caracterizado principalmente por fallas inversas con vergencia hacia el Noreste, que pone en afloramiento a las unidades cretácicas, como el Grupo Goyllarisquiza y las Formaciones Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín. En el Subdominio de Cochas se observa una deformación mínima con respecto a los dominios adyacentes; y en el Subdominio Jauja se observan fallas inversas con vergencia al suroeste y pliegues en los grupos Mitu y Pucará principalmente.

Entre los subdominios de Azulcocha y Chonta se observa a la Formación Casapalca, sin embargo, el grosor de estos afloramientos es menor que en la sección anterior; asimismo, se observa a la Formación Calera depositada en el sinclinal de Usibamba.

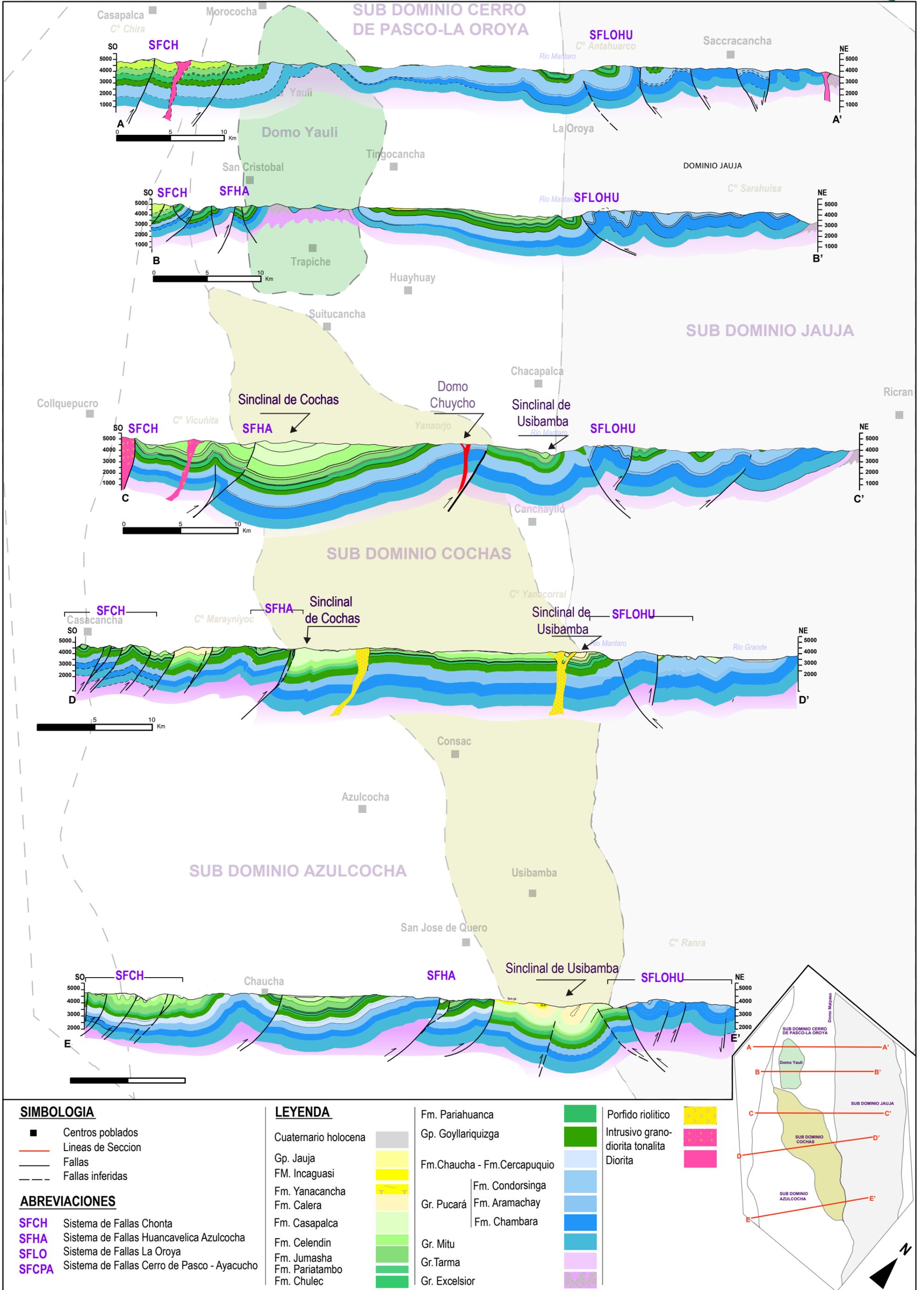


Ilustración 4.1 Secciones estructurales del área de trabajo, en referencia a los dominios geotectónicos.

4.2.5 SECCIÓN ESTRUCTURAL E-E'

La sección E-E' de dirección NE-SO (Figura 4.1 - e) corta los subdominios Azulcocha, Cochabamba y Jauja.

Las deformaciones son similares a las anteriores secciones, al suroeste se observa fallas con intenso plegamiento correspondiente al Sistema de Fallas Chonta, con vergencia principal hacia el noreste. En el subdominio Azulcocha las fallas continúan con la misma vergencia al sistema de fallas chonta y se observan pliegues extendidos aparentemente simétricos, como es el caso del anticlinal de Saturno en el que pone en afloramiento al Grupo Pucará. Al noreste, el Subdominio de Cochabamba se encuentra entre los sistemas de Fallas Huancavelica – Azulcocha y La Oroya en el que se forma un sinclinal que pliega parcialmente a los depósitos de las formaciones Casapalca y Calera.

4.3 ANALISIS DEL CONTEXTO TECTÓNICO DEL AREA DE ESTUDIO

De manera sintetizada, se menciona un recuento de la evolución tectónica a lo largo del eje de los andes centrales del Perú (Figura 4.2) desde el Paleozoico Tardío (Pérmico superior) hasta el Paleógeno, en base a información de estudios previos e información geológica de campo, esquematizada en las secciones estructurales anteriormente descritas.

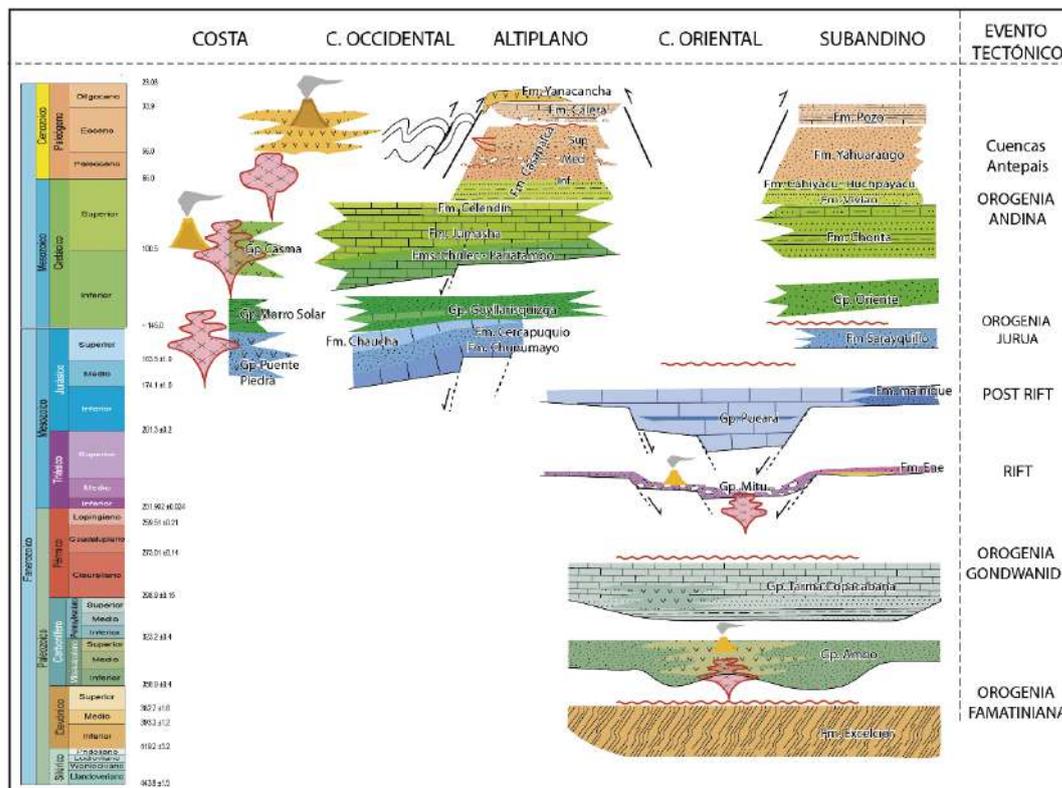


Figura 4.2 Esquema representativo de la evolución sedimentológica, paleogeográfica y tectónica del centro del territorio peruano. Construcción esquemática en base a la estratigrafía y mapa geológico desarrollado por el INGEMMET.



A. Entre el Pérmico – Triásico al Jurásico inferior

Tras la orogenia Gondwanide (Ramos, 1988; Chew et al., 2016) se inició un evento distensivo a lo largo del eje actual de cordillera Oriental, que generó la cuenca tipo rift Mitu - Pucará, sobre la cual se depositaron grandes secuencias molásicas, detríticas y volcánicas alcalinas del Grupo Mitu, y los depósitos carbonatados del Grupo Pucará como resultado de una transgresión marina durante el Triásico medio al Jurásico inferior en un contexto de cuenca subsidente (Carlotto et al., 2004; Rosas et al., 2004; Carlotto et al., 2010; Sarah et al., 2019).

En nuestra zona de estudio, este evento distensivo es registrado principalmente en las secuencias carbonatadas del Grupo Pucará, puesto que esta unidad muestra una variación estratigráfica entre el Subdominio de Jauja y los subdominios aledaños al suroeste del Sistema de Fallas La Oroya; es así que, en el Subdominio de Jauja se observa hasta más de 1000 metros del Grupo Pucará, diferenciados en sus tres subunidades (Rosas, et al., 2004; Rodríguez, et al., 2021), en tanto que, en los subdominios al suroeste del Sistema de Fallas La Oroya, el grosor de esta unidad disminuye considerablemente, hasta menos de 200 m, como se registra en el Domo de Yauli (Rodríguez, et al., 2021), además, se evidencia la presencia de restos evaporíticos en el domo de Malpaso, lo que muestra el carácter de borde de cuenca de esta zona o un alto estructural. Estos elementos indican una subsidencia mayor al Este del Sistema de Fallas La Oroya, lo que indica su comportamiento Normal durante el Triásico – Jurásico inferior.

B. Entre el Jurásico medio al Jurásico superior

Se registra una sedimentación de secuencias marinas y continentales de las formaciones Chunumayo, Cercapuquio y Chaucha, aparentemente restringida al suroeste por el Sistema de Fallas Huancavelica – Azulcocha, lo que sugiere un comportamiento normal de este sistema de fallas durante ese periodo. Esta sedimentación estaría asociado a las cuencas distensivas subsidentes de trasarco desarrolladas en la margen occidental peruana, entre el Jurásico medio al Jurásico Superior (Cuenca Arequipa y cuenca Chicama) (Jacay, et al., 2008).

C. Durante el Cretácico inferior

Entre el *Berriasiano* al *Aptiano*, se desarrolla la sedimentación predominantemente detrítica siliciclástica (Grupo Goyllarisuizga) provenientes mayoritariamente del este, desde



los terrenos cratónicos brasileros, siendo la zona de mayor subsidencia y acumulación de sedimentos en la cuenca occidental peruana (Jacay, 2005; Jacay, et al., 2008), al oeste del Sistema de Fallas Chonta, que se venía desarrollando desde el Jurásico superior.

La diferencia de zonas de mayor y menor subsidencia tectónica, se registra en una variación estratigráfica en nuestra zona de estudio, ya que al oeste del Sistema de Fallas Chonta muestra mayor grosor y consta de cuatro subunidades diferenciables; en tanto que, hacia el este del Sistema de Fallas Chonta, muestra una notable reducción de grosor, compuesta principalmente por facies proximales. Esto sugiere la continuidad de la subsidencia que inició en el Jurásico Superior, indicando un comportamiento normal del Sistema de Fallas Chonta durante ese periodo.

D. En el Cretácico inferior – superior

Entre el *Aptiano* al *Coniaciano*, al borde occidental peruana se evidencia otro evento distensivo que genera subsidencias pronunciadas en un contexto de trasarco, en el que se depositan sedimentos vulcanogénicos en una cuenca de trasarco marginal (Grupo Casma) y carbonáticos de plataforma (formaciones Chúlec, Pariatambo, Jumasha, Celendín y equivalentes) (Jacay, et al., 2008).

En nuestra zona de estudio, esta subsidencia, se pone en evidencia al oeste del Sistema de Fallas Chonta, en el que los depósitos carbonatados del Aptiano – Coniaciano son de mayor grosor a comparación de estas unidades al este del Sistema de Fallas Chonta, sugiriendo el comportamiento normal de las Fallas Chonta durante ese periodo.

E. Cretácico superior (Campaniano) al Paleógeno

Finalmente, durante el *Cretácico superior (Campaniano) al Paleógeno*, en un contexto tectónico compresivo (inversión tectónica); correspondiente a la Fase Tectónica Peruana, se genera un levantamiento eustático, y el inicio y desarrollo de los sistemas de fajas plegadas y corridas al oeste del Sistema de Fallas Chonta en cuyo frente se depositan sedimentos detríticos continentales de la Formación Casapalca.



4.4 CONTROL ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DE LA FORMACIÓN CASAPALCA

Las estructuras principales de los sistemas de fallas regionales y eventos tectónicos descritos en los anteriores ítems, son base para explicar la implicancia del control estructural y tectónico suscitados, que influenciaron la sedimentación de la cuenca de la Formación Casapalca.

Es así que, los limitantes de la cuenca están dadas, de la siguiente manera:

- a) *Al oeste*, está limitada principalmente por el Sistema de Fallas Chonta.
- b) *Al este*, juega un papel fundamental el Sistema de Fallas La Oroya.
- c) *Al centro*, entre los subdominios Cochabamba y Azulcocha, muestra una considerable influencia el Sistema de Fallas Azulcocha – Huancavelica que limita principalmente al miembro superior de la Formación Casapalca.

El sistema de Fallas Chonta, está relacionada a la apertura de cuenca y el desarrollo de los miembros Inferior y Medio, ya que se observa que este sistema de fallas es el limitante de cuenca hacia el Oeste, el cual hizo emerger a las unidades cretácicas en esta zona por fallas inversas y plegamientos, que posteriormente fueron erosionados, transportados y depositados en la cuenca de la Formación Casapalca. Esto se evidencia por la composición detrítica y clástica de esta unidad, ya que los clastos de los niveles conglomerádicos están compuestos predominantemente por areniscas cuarzosas y calizas, provenientes del Oeste o Suroeste, del Grupo Goyllarisquiza y las Formaciones Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín.

El sistema de fallas Azulcocha – Huancavelica, muestra una implicancia directa al desarrollo del miembro Superior, aunque es probable que tuvo una intervención desde la acumulación del Miembro Medio. Se observa que la sedimentación para el Miembro Superior es sintectónico, el cual se evidencia por la presencia de una discordancia erosional en la base de este miembro que tiende a una discordancia angular en la zona al frente de falla, como es el caso en inmediaciones de la localidad de Cochabamba (Figura 4.3).

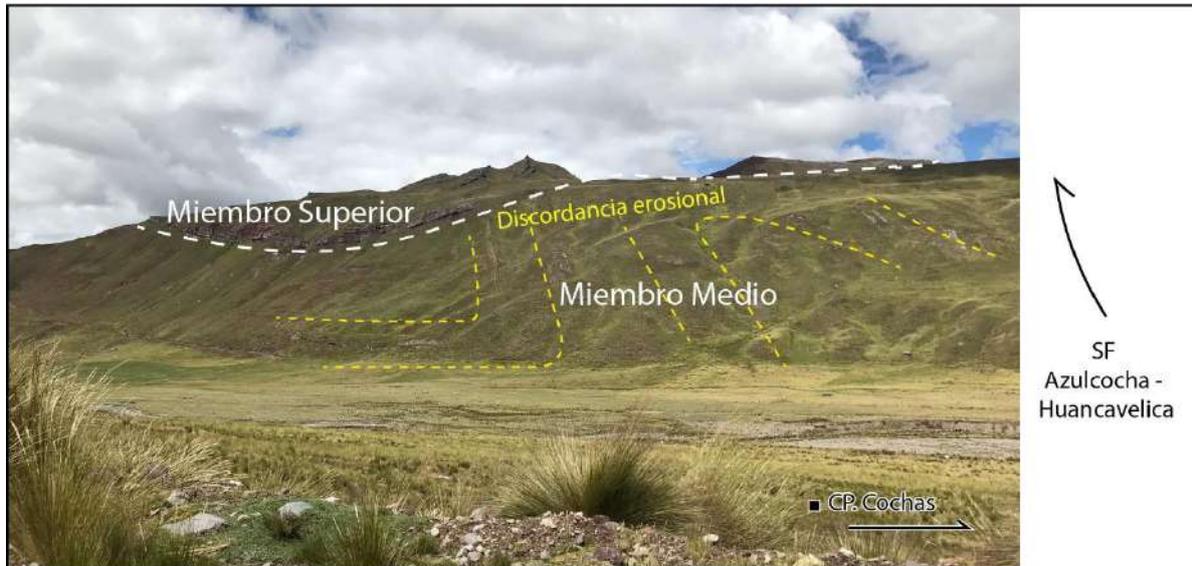


Figura 4.3 Vista de la discordancia progresiva entre los miembros Medio y Superior de la Formación Casapalca, en inmediaciones de la localidad de Cochás. (Fotografía con vista al suroeste).

El sistema de fallas La Oroya, se comporta como limitante parcial de cuenca sedimentaria hacia el Este, ya que tras el sistema de fallas se observa parte de los depósitos del miembro medio de la Formación Casapalca. La figura 4.4 muestra una sección al límite Este de la cuenca, en el que se puede visualizar el sistema de plegamientos y fallas que enmarcaron el límite de cuenca; así mismo, este sistema de fallas fue el causante del plegamiento de la Formación Casapalca, previo a la sedimentación de la Formación Calera, por el que se puede ver una discordancia angular y erosiva sobre la Formación Casapalca y unidades de mayor antigüedad.

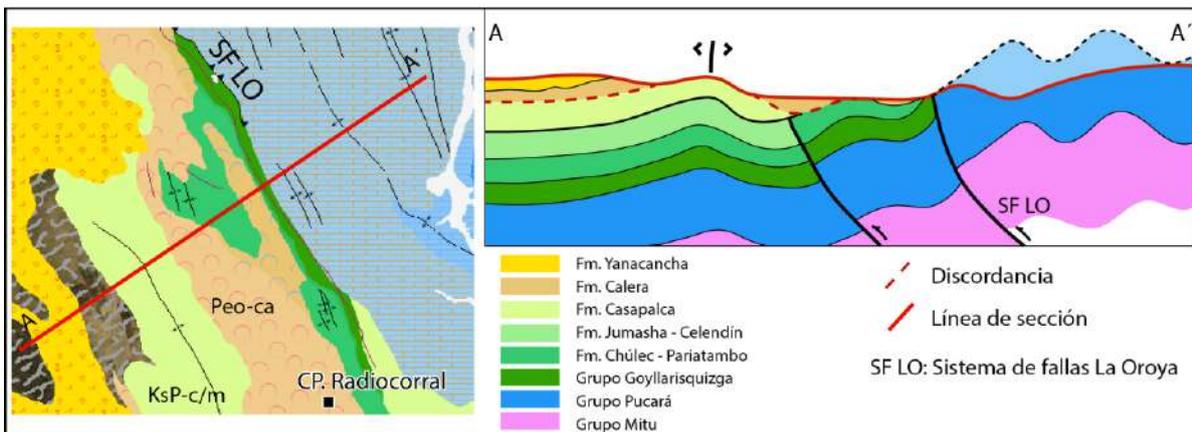


Figura 4.4 Sección estructural esquemático en inmediaciones de la localidad de Radiocorral, se observa la disposición en discordancia angular y erosiva de la Formación Calera sobre la Formación Casapalca y unidades más antiguas.



CAPÍTULO V:

DISCUSIONES



5.1 GENERALIDADES

En el presente capítulo se explorará las implicancias de los análisis previos, entorno al modelo evolutivo paleogeográfico y geodinámico de la Formación Casapalca dentro de la zona de estudio y entorno a la correlación estratigráfica regional de las Capas Rojas en la Altiplanicie del Centro peruano.

5.2 MODELO DE EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA Y GEODINÁMICA DE LA CUENCA

El proceso sedimentario de la Formaciones Casapalca en esta zona se habría desarrollado en 3 etapas asociados a pulsos tectónicos contemporáneos, una primera etapa de inicio y apertura de sedimentación, caracterizada por la progradación de abanicos aluviales de gran extensión con carga detrítica fina, la segunda etapa correspondiente a un primer crecimiento de los abanicos aluviales con mayor carga detrítica gruesa, y la tercera etapa al desarrollo de un segundo crecimiento de estos abanicos aluviales por reactivación tectónica.

A continuación, se muestra una secuencia de modelos gráficos interpretativos de la evolución paleogeográfica y geodinámica del desarrollo sedimentario de la Formación Casapalca, elaborada en base a la información sedimentológica, estratigráfica y estructural que permiten realizar los análisis de ambiente deposicionales, direcciones de flujo sedimentario, zonas de aporte, implicancias estructurales, límites paleogeográficos de cuenca y cierre de sedimentación; cabe mencionar que, al ser una interpretación, está sujeta a observaciones y otras posibles interpretaciones.

5.2.1 ETAPA DE INICIO Y DESARROLLO DE LA SEDIMENTACIÓN ALUVIAL

La etapa de inicio y apertura de sedimentación de la Formación Casapalca se da durante el cretácico superior, ya que el paso de la Formación Celendín de edad Coniaciano Campaniano inferior (Benavides, 1956; Jaillard & Sempere, 1989; Mourier et al., 1988) a la base de la Formación Casapalca en nuestra zona de estudio, se da de manera continua y progresiva, por lo que se infiere que el inicio de sedimentación se da durante el Campaniano – Maastrichtiano, de manera similar a lo expuesto por Jacay (1994) en la zona de Marcapomacocha para las Capas Rojas Inferiores, o a la unidad denominada como Formación Lacasacocha por Romero & Latorre (2003).

Por lo tanto, durante el cretácico superior, entre el Campaniano – Maastrichtiano hasta el Cretácico terminal y principalmente durante el Paleoceno, se genera el inicio y desarrollo gradual de la sedimentación continental detrítica asociada **abanicos aluviales de baja energía, pero de gran extensión**, el cual se forma como resultado de una elevación progresiva del margen occidental peruano a causa del episodio tectónico “Fase Peruana”, episodio definido para explicar el cambio de un entorno tectónico distensivo a compresivo que genera el cambio de sedimentación en ambientes marinos a continentales de antepaís en los andes del territorio peruano, que fue inicialmente definida por Steiman (1929).

La base del *Miembro Inferior de la Formación Casapalca*, correspondería los aportes detríticos asociados a la llanura de inundación y barras, de la zona distal o el pie externo del abanico aluvial, que desembocarían un desnivel lacustre, el cual se puede observar en los registros sedimentarios de las capas rojas inferiores (Figura 5.1), conformada por finos fluviolacustres de argilitas marrón rojizas masivas y laminadas que efervescen al contacto con ácido clorhídrico.

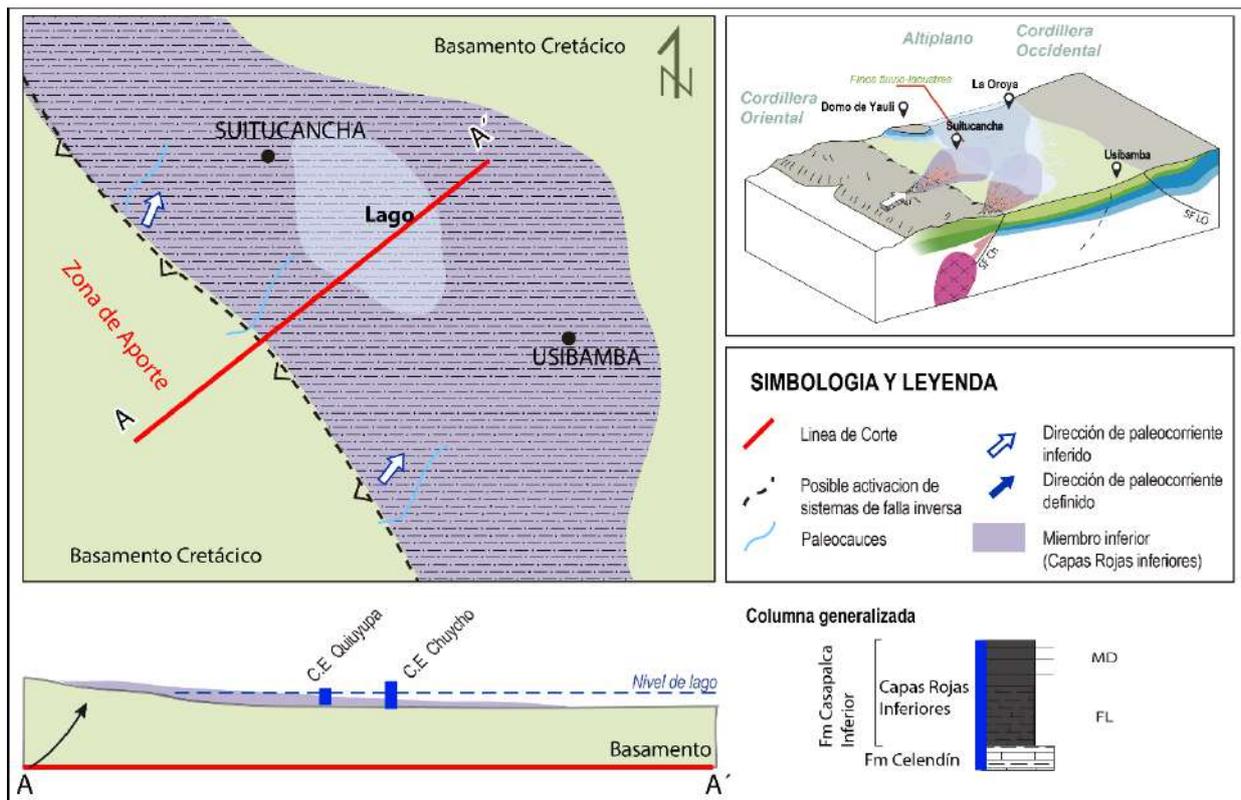


Figura 5.1 Esquema paleogeográfico de la base de la Formación Casapalca (Capas Rojas Inferiores) durante el Cretácico Superior.

El cambio gradual a sedimentos detríticos más gruesos se observa en la parte superior del *Miembro inferior de la Formación Casapalca* (Figura 5.2), asociados a la zona interna del pie del abanico aluvial, que muestra principalmente asociaciones de barras y llanuras de inundación.

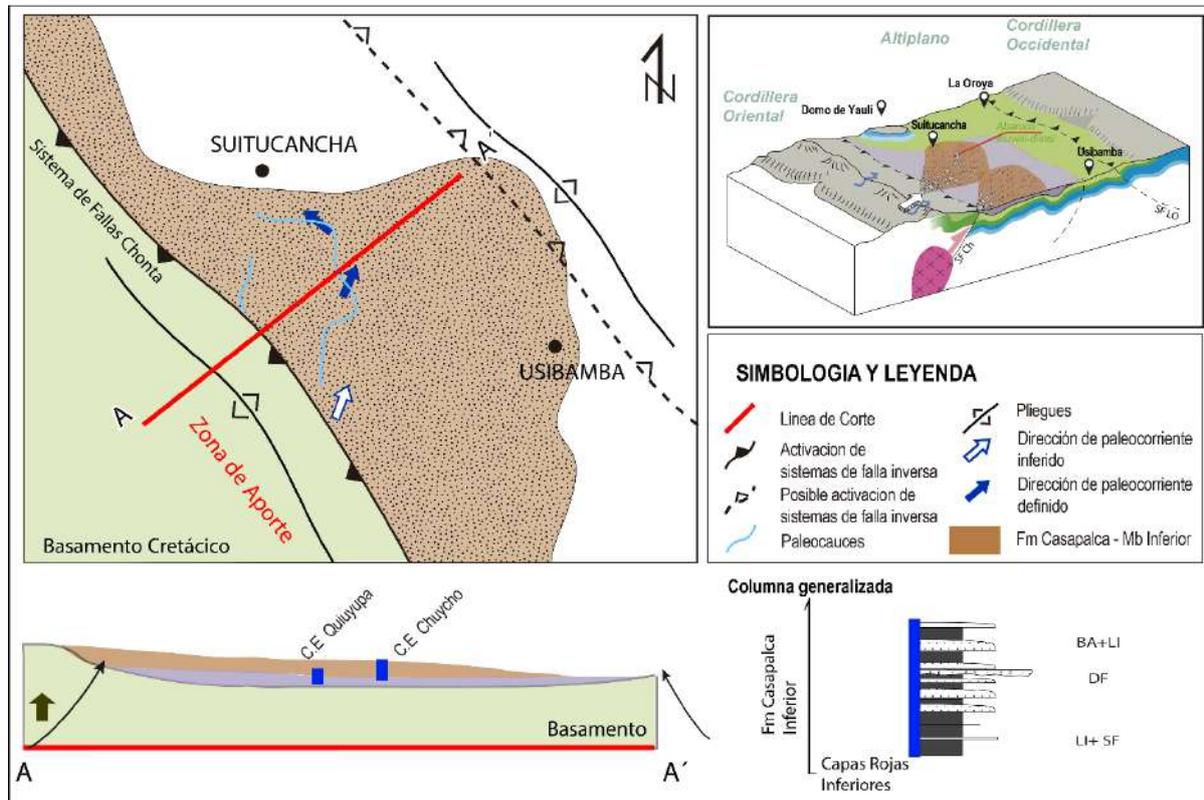


Figura 5.2 Esquema paleogeográfico del Miembro Inferior de la Formación Casapalca (Sobre las Capas Rojas Inferiores) durante el Paleoceno.

La naturaleza del cambio gradual indica que la progradación por las fallas inversas fue lenta y progresiva, con algunos pulsos con mayor velocidad de levantamiento, que se observa por la presencia de sedimentos de mayor energía en ciertos niveles cercanos al techo de este miembro.

La potencial zona de aportes para esta etapa se ubica al suroeste, en las que se encontraba en proceso de emersión las unidades del cretácico inferior - superior y estaría asociada a la presencia de las fallas inversas correspondientes al sistema de fallas Chonta de dirección noroeste – sureste; esto se refleja en los datos de paleocorrientes (Figura 5.5), que dan direcciones de flujo de corrientes principalmente hacia el noreste y norte, y en la naturaleza de los clastos que conforman las los niveles conglomerádicos.

5.2.2 PRIMER CRECIMIENTO

El *Miembro Medio de la Formación Casapalca* está caracterizada por la presencia de sedimentos de alta energía (Figura 5.3) resultado de la erosión y transporte súbito de material clástico a causa de un cambio considerable en la velocidad de exhumación de las zonas de aporte, a lo que se define como un pulso tectónico.

Un evento de incremento de energía está definido regionalmente como la fase tectónica Inca I suscitado durante el Eoceno inferior, y se refleja en la sedimentación conglomerádica a escala regional; entre ellos, los conglomerados del Miembro El Carmen en la localidad de Marcapomacocha, el Conglomerado de Rentema en Bagua (Jacay, 1994) o los conglomerados Shuco en Cerro de pasco (Angeles, 1999). En nuestra zona de estudio, de manera similar que los estudios anteriores, se asume la sedimentación de los conglomerados del techo del Miembro Inferior durante la Fase Inca I.

El registro sedimentológico de este Miembro muestra una progradación de varias secuencias de conglomerados polimícticos, asociado a canales y barras, y secuencias de barras arenosas de **sistemas aluviales**; que luego pasaría una retrogradación con desarrollo de secuencias fluviales con dominio de llanura de inundación, barras arenosas y episodios de

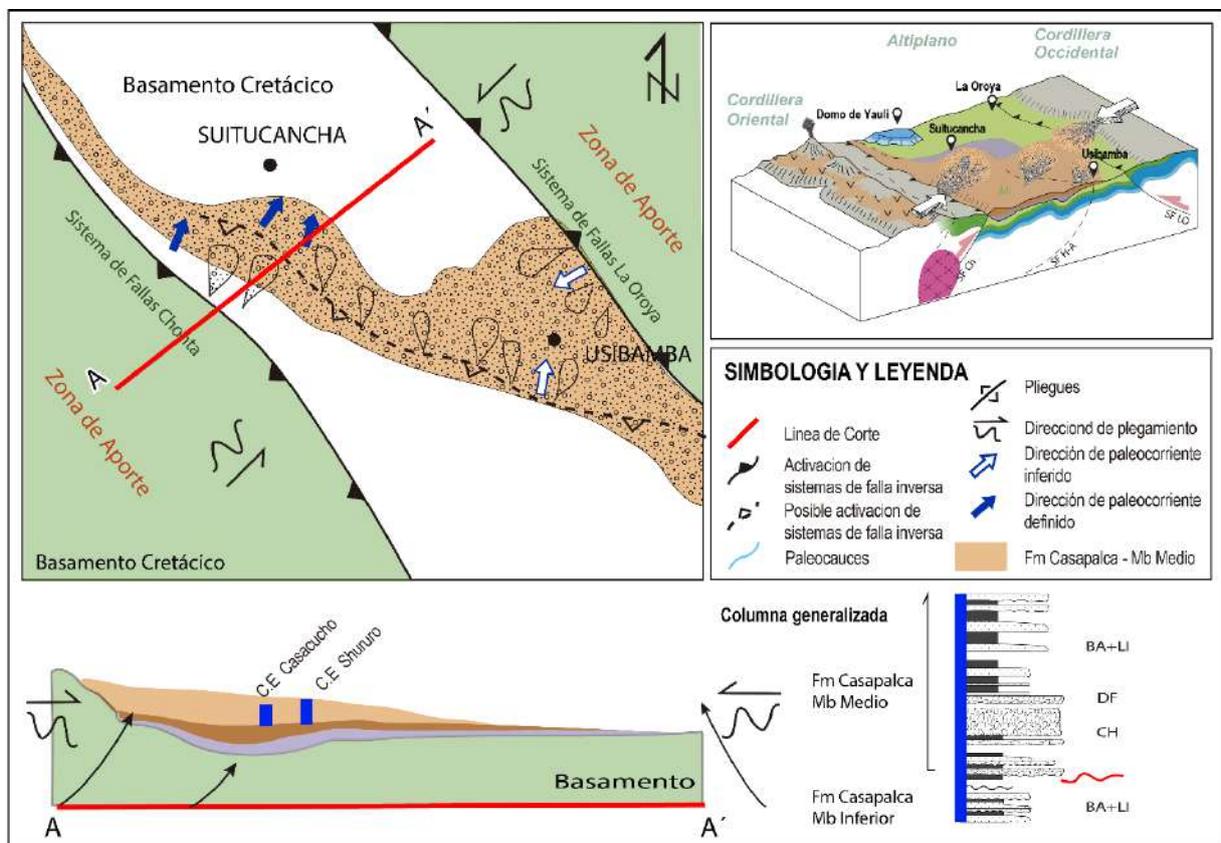


Figura 5.3 Esquema paleogeográfico del Miembro Medio de la Formación Casapalca durante el Eoceno basal.



flujos de detritos en **ríos entrelazados**, además de la presencia de niveles de intensa actividad biótica sobre arenas, que caracteriza tiempos de calma sedimentaria, lo que sugiere una reducción en la dinámica del proceso de levantamiento en las zonas emergentes.

El límite de cuenca para este periodo está enmarcado principalmente por el sistema de fallas Chonta y Huancavelica - Azulcocha al suroeste y el sistema de fallas La Oroya al Este, con potenciales zonas de aporte del suroeste, definida por las paleocorrientes con dirección al noreste (Figura 5.5). La columna estratigráfica de la localidad de Casacucho, en inmediaciones al sur de SuitucanCHA, se observa que los clastos son principalmente de rocas calcáreas y areniscas cuarzosas, por lo que se infiere que las unidades expuestas a erosión fueron del Cretácico inferior - superior (Grupo Goyllarisquizga, Formaciones Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín), asociados al sistema de fallas y pliegues ubicadas al suroeste.

5.2.3 SEGUNDO CRECIMIENTO

El desarrollo del *Miembro Superior de la Formación Casapalca*, se caracteriza por ser una secuencia progradante de un nivel conglomerádico, de considerable espesor, asociado a canales, **en sistemas aluviales**; que luego retrogradan en secuencias dominadas por niveles de barras arenosas y llanuras de inundación, con ciertos episodios de flujos de detritos, también asociados a **sistemas fluviales entrelazados** en el cuerpo del abanico. Característicamente los niveles de conglomerados presentan algunos clastos de rocas volcánicas andesíticas a basálticas; además de que, algunos niveles de areniscas presentan también aporte ígneo; lo que implica presencia de eventos volcánicos hacia el Oeste (Figura 5.4).

Las paleocorrientes hacia el noreste (Figura 5.5) evidencian una potencial zona de aportes que se encuentra al suroeste, donde se venía formando elevaciones montañosas por sistemas de pliegues y fallas en unidades Cretácicas; además, la naturaleza volcánica de algunos clastos en los conglomerados sugiere la presencia de sistemas volcánicos en la zona sur oeste. Cobbing et al., (1981) menciona que la base del Grupo Calipuy, en Tapacocha – Ancash cuenta con 52.5 Ma. que marca inicios del vulcanismo en el Eoceno, por lo que se infiere que los aportes volcánicos vendrían del Arco Volcánico del Calipuy o Grupo Rímac, el cual se encontraba en proceso de formación durante el Eoceno temprano.

El Miembro Superior muestra un desarrollo extenso en la zona interna del sinclinal de cochas, controlada al suroeste por el sistema de fallas Azulcocha – Huancavelica, que actúa como limitante proximal de esta unidad y donde se puede observar deformaciones que generan discordancia erosional en la base de los conglomerados al frente de esta falla (Figura 4.3).

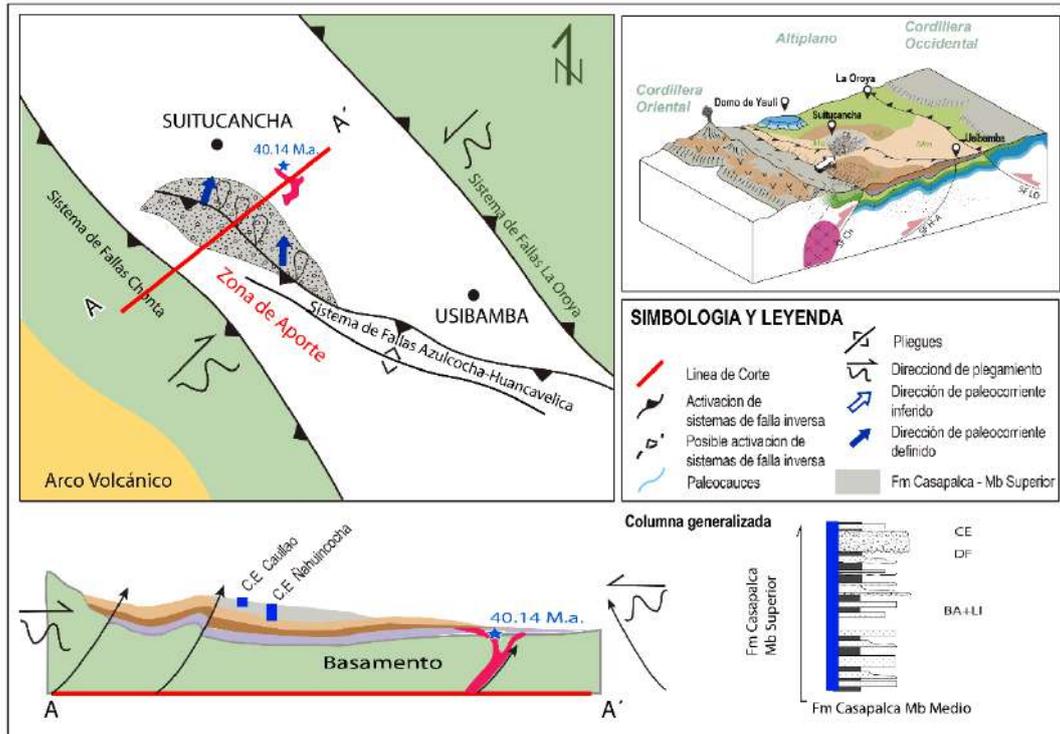


Figura 5.5 Esquema paleogeográfico del Miembro Superior de la Formación Casapalca durante el Eoceno.

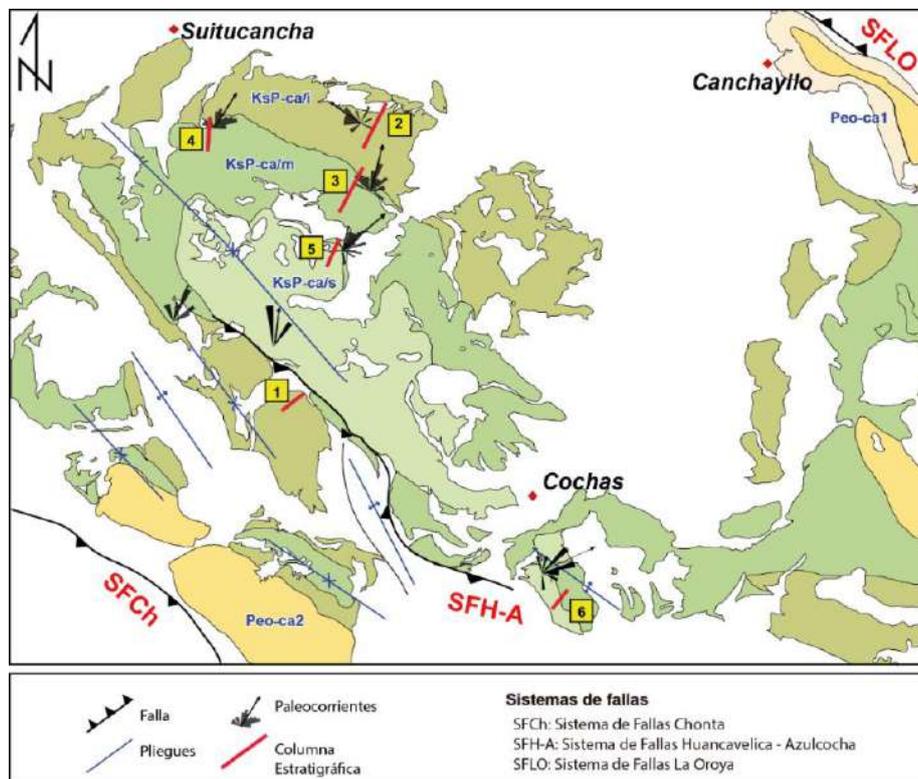


Figura 5.4 Mapa geológico de la Formación Casapalca, donde se muestra la distribución de las paleocorrientes medidas.



5.3 CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA REGIONAL

Las Capas Rojas del Cretácico superior– Paleógeno en el centro del Perú, se encuentran principalmente en las regiones de Huánuco, Cerro de Pasco, Junín y límite noreste de Lima, cuya división estratigráfica fue desarrollada utilizando diversas nomenclaturas; entre las que tuvieron mayor uso son la nomenclatura usada por Jacay (1994) en la zona de Casapalca y Ángeles (1999) en Cerro de Pasco, y recientemente Romero, D. & Latorre, O. (2003) proponen la Formación Lacsacocha como base de las capas rojas hacia el suroeste de la Región de Cerro de Pasco.

La figura 5.6 en conjunto con la figura 5.7 muestran un esquema de correlación estratigráfica entre las capas rojas de las regiones de Cerro de Pasco y Casapalca; descritos por los autores ya mencionados, en comparación con las capas rojas del presente estudio. En esta correlación estratigráfica se sintetiza de manera regional tres procesos geológicos, que incluyen a la Formación Calera, que sobreyace a la Formación Casapalca y fue recientemente diferenciada y cartografiada en nuestra zona de estudio.

Primer Proceso Geológico correspondiente a la unidad inferior de las Capas Rojas del Centro peruano, a las cuales Jacay (1994) denomina como Capas Rojas inferiores y Romero, D. & Latorre, O. (2003) denomina como Formación Lacsacocha en Cerro de Pasco, y en nuestra zona de estudio se correlacionan con la base del miembro inferior de la Formación Casapalca. Estos niveles muestran la transición de la sedimentación marina somera a sedimentación continental suscitada durante el Cretácico Superior.

En el **segundo Proceso Geológico** se diferencia dos sub procesos, el subproceso “a” corresponde a la Formación Casapalca mencionada por Jacay (1994) y el miembro Cacúan de la Formación Pocobamba en Cerro de Pasco, estos corresponden al nivel superior del Miembro Inferior en nuestra zona de estudio, cuya sedimentación se habría dado en el Paleoceno principalmente. El subproceso “b” corresponde principalmente a los miembros conglomerádicos, el Miembro El Carmen en la región de Casapalca y El Miembro Shuco en Cerro de Pasco, los cuales corresponden a los miembros Medio y Superior en nuestra zona de estudio, estos se habrían depositado entre el Eoceno Inferior y Eoceno Superior (Figura 3.20) tras la Fase Inca I, tal como menciona Jacay (1994).

El **Tercer Proceso Geológico** corresponde a la Formación Calera, con ocurrencia principalmente en la Región de Cerro de Pasco, estudiada por Ángeles (1999) y Cueva (2008),



y recientemente diferenciada de la Formación Casapalca en nuestra zona de estudio (Rodríguez, et al., 2021). Esta Unidad se habría depositado tras la Fase Inca II entre el Eoceno Superior al Oligoceno, lo que se corrobora por las dataciones K-Ar 36.5 Ma en la base de la Formación Calera en Cerro de Pasco y 39. 8 a 36.7 Ma (Noble et al.,1979) en la base de la Formación Calera en la localidad de Usibamba, lo que marcaría el cierre de la sedimentación de la cuenca de la Formación Casapalca.

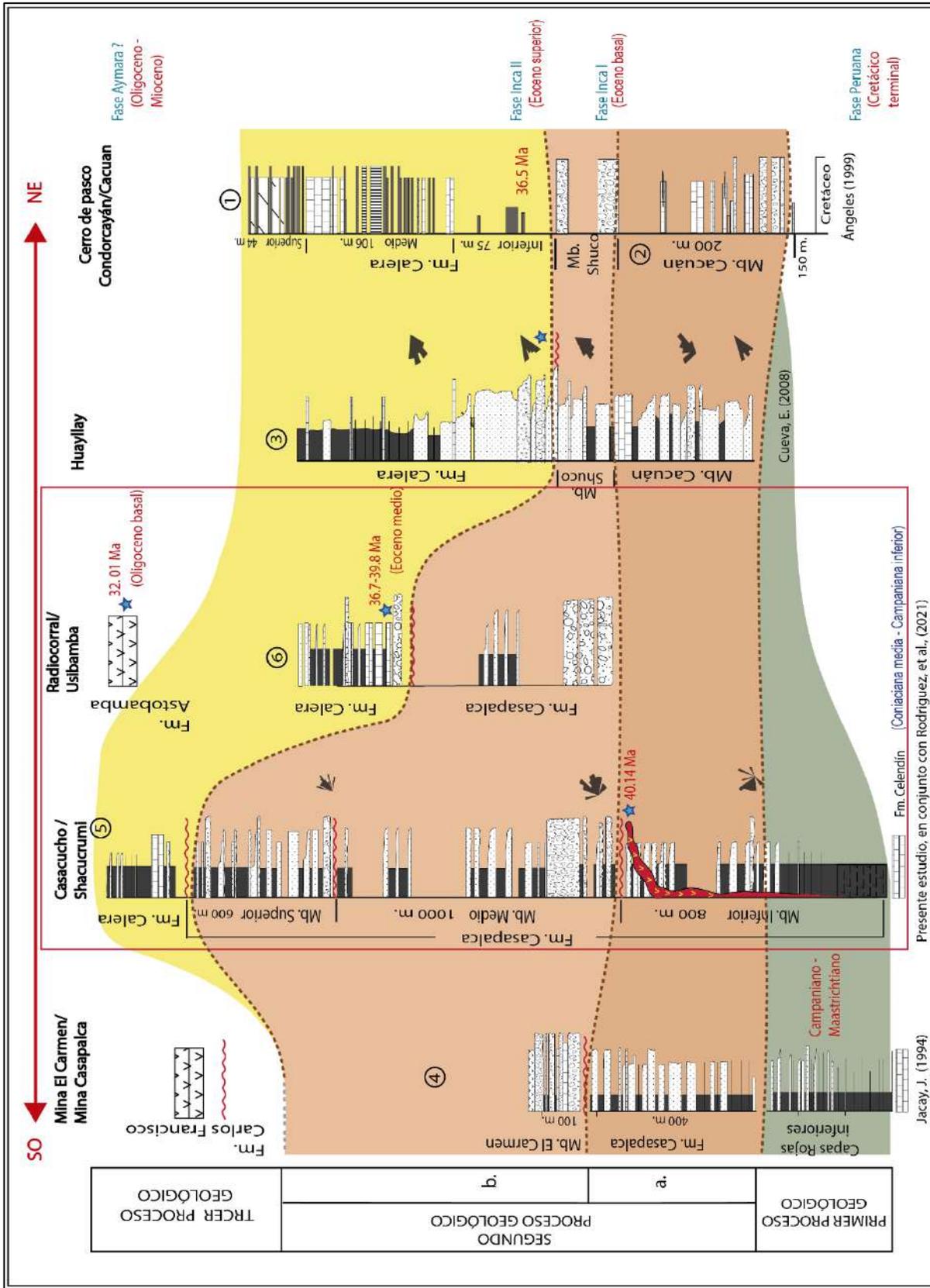


Figura 5.6 Esquema de correlación estratigráfica regional de las capas rojas en el centro de Perú, entre las localidades de La Oroya y Cerro de Pasco (Tomado y modificado de Rodríguez, et al., 2021)

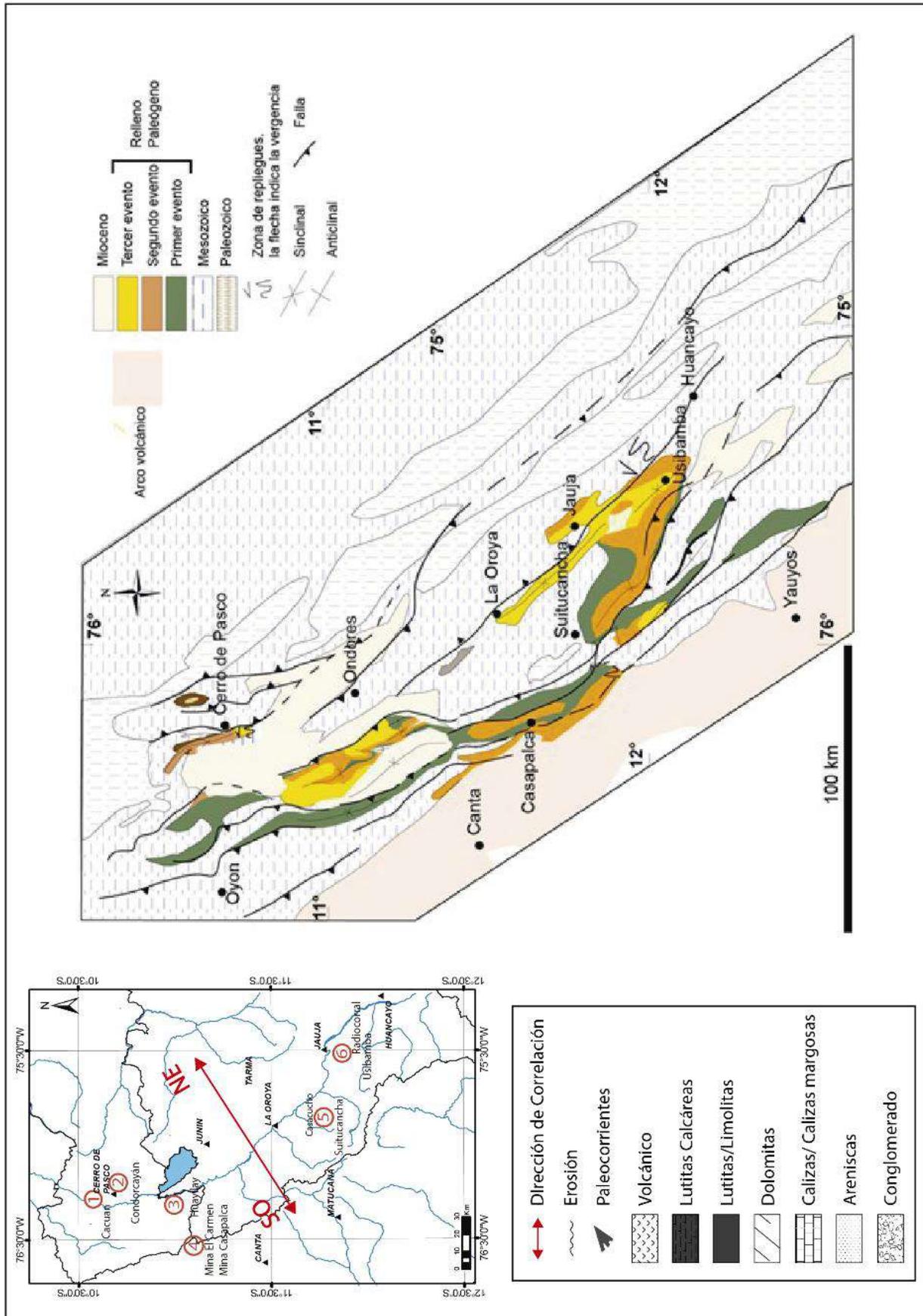


Figura 5.7 Mapa geológico representativo de los eventos geológicos dados en la sedimentación de las capas rojas del centro del Perú, y ubicación de columnas estratigráficas correlacionadas (Tomado y modificado de Rodríguez et al. 2021)



CONCLUSIONES

Primera. - Estratigráficamente, en la zona de estudio, se determinó tres unidades inferiores de la Formación Casapalca, donde:

- *El Miembro Inferior (Campaniano -Maastrichtiano)*, sobreyace a la Formación Celendín de forma concordante y continua.
- *El Miembro Medio (Eoceno basal)*, que sobreyace con leve discordancia erosional al Miembro Inferior.
- *El Miembro Superior (Eoceno superior)*, que sobreyace en discordancia erosional y progresiva al Miembro Medio.

Segunda. - Se definió litofacies y elementos arquitecturales en cada miembro de la Formación Casapalca:

- *El Miembro Inferior*, dominada en la base por argilitas y limolitas calcáreas (Fl(c), Fm(c)), que progradan a areniscas (Sm, Sh, St, Sm(e)) intercaladas con limolitas al techo (Fl); con conglomerados ocasionales (Gmm, Gmm(i)); están asociados a depósitos de finos fluviolacustres (FL), barras y canales arenosos (BA,CH) y llanuras de inundación (LI) y flujo de detritos (DF).
- *El Miembro Medio*, caracterizado por su secuencia basal progradante de varios niveles de conglomerados (Gcm, Gp, Gmm), seguido de secuencias arenosas (Sm, Sh, St, Sl, Sm(e)) intercaladas con limolitas (Fl) hacia niveles superiores; estas facies están asociados a canales (CH) y flujo de detritos (DF), con. barras arenosas (BA) y llanuras de inundación (LI).
- *El Miembro Superior*, presenta a la base un nivel conglomerádico con presencia de material volcánico (Gcm, Gv, Gmm), seguido de secuencias granodecrecientes dominadas por areniscas (Sm, Sh, St, Sl, Sm(e)), intercaladas con limolitas (Fl), hacia el techo presenta conglomerados brechosos (Gb, Gv); asociados principalmente a canales arenosos (CH) y flujo de detritos (DF), con. barras arenosas (BA), llanuras de inundación (LI) y flujos en lamina (SF).

Tercera. - Se definió los ambientes sedimentarios característicos de cada miembro de la Formación Casapalca:



- *El Miembro Inferior*, asociado a dos ambientes principales: *la primera*, que corresponde a una sedimentación de ambiente **lacustre calcáreo poco profundo**, de baja energía gobernada por una sedimentación fangosa y *la segunda*, asociado a un paso progresivo hacia un sistema de abanico aluvial, se observa la **zona externa del pie**, con predominio de aportes detríticos finos y la **zona interna y externa del pie**, donde se ve aportes detríticos de granulometría más gruesa y de mayor energía.
- *El Miembro Medio*, asociado a **ambientes de abanico aluvial**, la parte inferior corresponde a la **zona de cuerpo**, donde se ve sistemas fluviales de ríos entrelazados de alta y moderada energía, con carga de lecho gravoso, que transitan hacia la **zona de la cabecera**. Mientras que la parte superior, este asociado a sistemas de baja a moderada energía, con periodos de calma sedimentaria y presencia de humedad constante, mientras que la parte superior, se asocia a la **zona del pie y cuerpo** de un nuevo sistema de abanicos aluviales.
- *El Miembro Superior*, corresponde principalmente a la **zona de cuerpo**, donde se ve sistemas fluviales de ríos entrelazados de moderada energía que gradan a sistemas de baja a moderada a alta energía. También se puede ver el inicio de la **zona de la cabecera** del abanico o la parte más interna del cuerpo del abanico aluvial.

Cuarta. – El análisis paleogeográfico y geodinámico de la Formación Casapalca muestra que:

- *El Miembro inferior*, representa la zona distal de la apertura sedimentaria de la cuenca, que desarrollo abanicos aluviales de baja energía, pero de gran extensión que desembocan en un desnivel lacustre; entre el Campaniano – Maastrichtiano hasta el Cretácico terminal-Paleoceno, a causa de la “Fase tectónica Peruana”, que causa el levantamiento de la margen peruana y la formación de cuenca de antepaís de dirección noroeste sureste, limitada por el desarrollo de fallas inversas al oeste correspondientes al Sistema de Fallas Chonta.
- *El Miembro Medio*, representa el desarrollo y crecimiento de la parte central del sistema de abanicos aluviales de ríos entrelazados con mayor carga detrítica, debido a un cambio considerable en la velocidad de exhumación de las zonas de aporte, asociado al evento tectónico Inca I durante el Eoceno Inferior, tiempo en el cual se tenía emergida unidades del cretácico superior por implicancia de fallas inversas de los sistemas de fallas Chonta, Huancavelica –Azulcocha y La Oroya.



- *El Miembro Superior*, representa un segundo crecimiento que desarrollo ambientes de abanico aluvial con sistemas de ríos entrelazados de menor extensión que sus predecesores, a causa de un nuevo pulso tectónico entre la Fase Inca I e Inca II, cuyos aportes sedimentarios provendrían de unidades emergente ubicadas al suroeste, principalmente de las unidades del cretácico superior y en menor proporción de unidades volcánicas que se venían formando para entonces (Arco Volcánico del Calipuy cuya base esta datada a 52.5 Ma en Tapacocha Ancash).

Quinta. – Con base en la correlación estratigráfica y dataciones radiométricas (K/Ar) realizada por Noble et al. (1979) en el área este de Usibamba, se ha logrado correlacionar los miembros de la Formación Casapalca.

- *El Miembro inferior*, la base de este miembro, es correlacionable con la Formación Lacsacocha (Romero & Latorre, 2003) en Cerro de Pasco y las Capas rojas inferiores (Jacay, 1994) de Casapalca y representarían la transición de la sedimentación marina somera a sedimentación continental suscitada durante el Cretácico Superior; mientras que la parte superior es correlacionable con el Miembro Cacuan de la Formación Pocobamba en Huayllay (Cueva, 2008) y Cerro de Pasco (Ángeles, 1999); y con la Formación Casapalca en Casapalca (Jacay, 1994).
- *El Miembro Medio y el Miembro Superior*, son correlacionables con el Miembro el Carmen en Casapalca (Jacay, 1994) y el Miembro Shuco en Cerro de Pasco (Ángeles, 1999; Cueva, 2008).



RECOMENDACIONES

Primera. - Se recomienda realizar estudios radiométricos de zircones heredados en los niveles discordantes de la Formación Casapalca; de esta manera se tendrá mayor detalle del proceso evolutivo de esta unidad y su relación con los eventos volcánicos suscitados durante el cenozoico en el centro del Perú.

Segunda. - Dado que en este trabajo no se muestra detalles de la definición del límite Cretácico – Paleógeno, se recomienda realizar estudios geoquímicos sistemáticos en las capas rojas inferiores de la Formación Casapalca, ya que, cabe la posibilidad de contar con un nivel con anomalías importantes de iridio y estructuras sedimentarias de sismos (sismitas), relacionados al posible impacto de un meteorito en la Península de Yucatán.

Tercera. - Se recomienda realizar estudios geoquímicos, petrológicos y petrográficos a los cuerpos intrusivos que cortan a la Formación Casapalca, para determinar su importancia con la posible presencia de minerales metálicos asociados a estos.

Cuarta. - Se recomienda realizar estudios estructurales a detalle para analizar la cinemática de los Sistemas de Fallas Azulcocha – Huancavelica, Sistema de Fallas La Oroya y el Sistema de Fallas Cerro de Pasco - Ayacucho.



BIBLIOGRAFIA

- Acuña, S & Cajachagua, V. (2010). Proyecto Tajo Carahuacra Norte Domo De Yauli – Junín. XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9, Cusco, pp. 492-495
- ANA (2019). Hidrografía. Recuperado de <https://cutt.ly/RhwLFQe>
- Ángeles, C. (1999). Los Sedimentos Cenozoicos de Cerro de Pasco: Estratigrafía, Sedimentación y Tectónica. Volumen Jubilar N°5, 75 Aniversario de la Sociedad Geológica del Perú, Lima, pp. 103-118.
- Arche, A. (2010). Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Consejo Superior de Investigaciones Científicas-CSIC. Madrid.
- Bellido, E. & De Montreuil, L. (1972). Aspectos generales de la metalogenia del Perú. Servicio de Geología y Minería, Boletín, Serie B: Geología Económica, pp. 1-149. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/226>
- Benavides V. (1956). Cretaceous system in northern Peru. -Amer. Mus. Nat. Hist. Bull., pp. 108, 352-494.
- Bissig, T., Ulrich, T.D., Tosdal, R.M., Ebert, S.W. (2004). The late Eocene to late Miocene magmatic arc of Central Peru: new ⁴⁰Ar - ³⁹Ar age constraints from Yauricocha to Cerro de Pasco, Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos, Lima: Sociedad
- Bissig, T., Ullrich, T., Tosdal, R.M., Friedman, R.M., Ebert, S.W. (2008). The time-space distribution of Eocene to Miocene magmatism in the central Peruvian polymetallic province and its metallogenetic implications: Journal of South American Earth Scienc
- Campbell, D.T. y Stanley, J.C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. En N.L. Gage (Ed.), Handbook of research teaching. Chicago, IL: Rand McNally.
- Carlotto, V.; Cárdenas, J.; Carlier, G.; Díaz, E.; Cerpa, L.; Valderrama, P. & Robles, T. (2004). Evolución tectónica y sedimentaria de la Cuenca Mito (Permo-Triásico) de la región de Abancay-Cusco-Sicuani (Sur del Perú). En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 412-415 Sarah et al., 2019



- Carlotto, V.; Mamani, M.; Cerpa, L.; Rodríguez, R.; Jaimes, F.; et al. (2010). Los dominios geotectónicos del territorio peruano. En: Congreso Peruano de Geología, 15, Cusco, 27 setiembre - 1 octubre 2010, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, pp. 47-50. Publicación Especial, 9. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2884>
- Carlotto, V.; Quispe, J.; Acosta, H.; Rodríguez, R.; Romero, D.; Cerpa, L.; Mamani, M.; Díaz, E.; Navarro, P.; Jaimes, F.; Velarde, K.; Lu, S. & Cueva, E. (2009). Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 103, pp. 1-89. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3499>
- Cedillo E. (1990). Stratabound lead-zinc deposits in the Jurassic Chaucha Formation, central Peru Fontboté, Lluís, ed.; Amstutz, Gerhardt Christian, ed.; Cardozo Goytizolo, Luis Miguel, ed.; Cedillo Pardo, Esteban; Frutos J., José, ed., Stratabound ore deposits in the Andes. Berlín: Springer-Verlag, 1990, pp. 537-553. Society for Geology Applied to Mineral Deposits. Special Publication.
- Chacaltana, C., Valdivia, W., Peña, G. (2012). Estudio Geológico de la Cuenca Santiago Sectores Centro y Sur. Dirección de Geología Regional, INGEMMET, Lima, Perú. Boletín No. 30, Serie D: Estudios Regionales, 189 pp.
- Chew, D.M., Pedemonte, G., Corbett, E., (2016). Proto-Andean evolution of the Eastern Cordillera of Peru. Gondwana Res. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2016.03.016>.
- Cobbing, E.J., Pitcher, W., Wilson, J., Baldock, J., Taylor, W., Mc Court, W. & Snelling, N. (1981). Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del norte del Perú: INGEMMET. Boletín. Serie D: Estudios Especiales, n. pp. 175, 197. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/330>
- Cobbing, E.J.; Quispesivana, L. & Paz, M. (1996). Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores (hojas 21-k, 22-k, 23-k). INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, pp. 77- 238. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/200>
- Cueva, E., Romero, D., Cerpa, L., & Cárdenas, J. (2008). Evolución Sedimentológica de la Formación Pocobamba en el Distrito de Huayllay, Departamento de Cerro de Pasco. Lima, Perú.
- Einsele, G. (1992). Sedimentary basins: Evolution, facies and sediment Budget. Springer-Verlag. Alemania.
- Giraldo, E. (2010). Análisis tectónico sedimentario de las Formaciones Chunumayo, Cercapuquio y Chaucha entre Totos (Ayacucho) y La Oroya (Junín). Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, 144 p.



- Gómez, H. & Pari, W. (2020). Peligro geológico en la región Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2575>
- Harrison, J. V (1943). Geología de los Andes centrales en parte del departamento de Junín (Perú). Boletín de la Sociedad geológica del Perú, N.º 16, pp.16-97 p.
- Hubp, J. (2011). Diccionario Geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México. México
- Jacay, J. (1994). Evolution Tectono-Sedimentaire de la Marge Andine: Le Cretace Superieur des Andes du Perou Central et Ceptentrional.
- Jacay, J. (2005). Análisis de Sedimentación del Sistema cretáceo de los Andes del Perú Central. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG, pp. 49-59.
- Jaillard, E., & Jacay, J. (1989). Les “couches Chicama” du nord du Pérou : colmatage d’un bassin né d’une collision oblique au tithonique. Comptes Rendus Hebdomadaire Des Séances de l’Académie Des Sciences de Paris, II (308), 1459–1465. https://www.researchgate.net/publication/32982309_Les_couches_Chicama_du_nord_du_Perou_colmatage_d%27un_bassin_ne_d%27une_collision_oblique_au_tithonique
- Jaillard, E. & Sempere, T. (1989). Cretaceous sequence stratigraphy of Peru and Bolivia. In: Contribuciones de los Simposios sobre el Cretácico de America Latina. A: Eventos y registro sedimentario, pp. 1-27.
- Jenks, W.F. (1951). Triassic to Tertiary stratigraphy near Cerro de Pasco, Peru. Geological Society of America Bulletin, 62(2), pp. 203-220.
- León, W., Palacios, O., Vargas, L. & Sánchez, A. (1999). Memoria explicativa del Mapa Geológico del Perú. INGEMMET, Boletín N°136, Serie A: Carta Geológica Nacional. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/97>
- Mabire, B. (1961). La "Serie de Capas Rojas" Cretáceo Terciarias en los Andes Centrales del Perú. Lima, Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del. Perú. T. 36, pp. 151-185.
- Mamani, Y.; Gómez, E.W. & Guerrero, L. (2021). Geología del cuadrángulo de Matucana (hojas 24k2, 24k3, 24k4). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 29, 96 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3172>
- Mc Kinstry, H. E. (1936). Geology of the silver deposit at Golquijirca, Peru, Economic Geology, Vol. 31, N°.6, pp. 619-635.



- Mc Laughlin D.L. (1924). Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Departments of Junin and Lima. Geological Society of America Bulletin, Vol.35, N°.3, 591 - 632
- Mégard F. (1978). “Etude géologique des Andes du Pérou Central, contribution a l'étude géologique des Andes”. Paris: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, pp. 310.
- Mégard, F.; Caldas, J.; Paredes, J. & De la Cruz, N. (1996). Geología de los cuadrángulos de Tarma, La Oroya y Yauyos. Hojas: 23-I, 24-I, 25-I. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, pp. 69-293. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/192>
- Miall, A. (1978). Litofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary.
- Miall, A. (1985). Architectural-Element Analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits.
- MINEM (2015). Memoria descriptiva del estudio de cobertura vegetal del departamento de Junín a escala 1:100000. Zonificación Ecológica y Económica de la Región Junín – ZEE Junín.
- Moulin N. (1989). “Facies et sequences de depot de la plate-forme du Jurasique moyen a l'Albien, et une coupe structurale des Andes du Perou central”. These Doct., Univ. Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, pp. 287.
- Mourier T., Bengstone P., Bonhomme M., BUGE E., Cappeta H., Crochet J. -Y., Hirsch K., Jailard E., Laubacher G., LeFranc J. P., Moullade M., Noblet C., Pons D., Rey J., Sige B., Tambareau Y. & Taquet P. (1988). The Upper Cretaceous-Lower Tertiary marine to continental transition in the Bagua basin, northern Peru.- Newsl. Stratigr., 19, pp.143-177.
- Noble, D., McKee, E. & Mégard, F. (1979). Early Tertiary Incaic tectonism, uplift, and volcanic activity, Andes of central Peru: Geological Society of America Bull. v. 90, n. 10, pp. 903-907.
- NOBLE, D., McKee, E., MOURIER, T., MÉGARD, F. (1990) - Cenozoic stratigraphy, magmatic activity compressive deformation, and uplift in Northern Peru. Geological Society of America Bulletin, vol. 102, p. 1105-1113
- Noble, D., Vidal. C., Angeles, C., Wise, J., Zanneti, K. & Spell., T., (2005). Caldera related ash-flow tuff of paleocene age in central Perú and its significance for late cretaceous and paleocene magmatism, sedimentation and tectonism. Boletín Especial.
- Paredes, J. (1994). Geología del cuadrángulo de Jauja, Hoja 24-m. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 48, 104 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/168>.



- Ramos, V.A. (1988). The tectonics of the Central Andes: 30 to 33 S latitude. In: Clark, S., Burchfiel, D. (Eds.), Processes in Continental Lithospheric Deformation, vol. 218. Geological Society of America Special Paper, pp. 31 e 54.
- Rivera, N. & Kobe, H.W. (1983). Evolución geológica del Domo de Yauli. Boletín Sociedad Geológica del Perú N° 72, pp. 159-175.
- Rodríguez, R. (2008). El sistema de fallas Chonta y sus implicancias metalogenéticas entre 12° 15' S y 13°30' S (Huancavelica-Perú). Tesis Maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Red DESIR, 116 p.
- Rodríguez, R.; Coba, L. & Huachaca, C. (2022) – Mapa de dominios geotectónicos del Perú - versión 2022, escala: 1:1 000 000. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. URL <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/1baae8c5-77e8-45d9-a62e-fce2d21e9ddc>
- Rodríguez, R.; Cueva, E. & Carlotto, V. (2011). Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco, hoja 22-k, escala 1:50,000. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 144, 160 p, 4 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/106>
- Rodríguez, R.; Huachaca, C. & Orozco, Y. (2021) - Geología del cuadrángulo de La Oroya (hojas 2411, 2412, 2413, 2414). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000), 3, 46 p., 4 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3091>
- Romero, D. & Latorre, O. (2003). Memoria Descriptiva de la Revisión y Actualización del Cuadrángulo de Oyón (22-j) - Cuadrante II. Escala 1: 50 000. Ingemmet, Lima Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2166>
- Rosas, S. (1994). Facies, diagenetic evolution. and sequence análisis along a SW-NE profile in the southern Pueani basin (Upper Triassic-Lower Jurassic). Central Peru. HeideIberger Geowissenschaftliche Abhandlungen, pp. 80-337 p.
- Rosas S. & Fontboté L. (1990). “Análisis sedimentológico y litogeoquímico de las formaciones Cercapuquio y Chaucha en un corte (12°04'19"S, 75°40'45"W) al Sur de la Mina Azulcocha, Perú Central”. Sociedad Geológica del Perú. Boletín, Vol. 81, pp. 15-32
- Rosas, S. & Fontboté, L. (1995) - Evolución sedimentológica del Grupo Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior) en un perfil SW-NE en el centro del Perú. En: Sociedad Geológica del Perú. Volumen Jubilar Alberto Benavides. Lima: Sociedad Geológica del Perú, pp. 279-309



- Salazar, H. (1983) - Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochirí. Hojas: 24-k y 25-K. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, pp. 36- 68. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/155>
- Sánchez, A. & Herrera, I. (1998) Geología de los cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjui, hojas: 13-j, 14-j y 15-j – [Boletín A 122]. Dirección de Geología Regional, INGEMMET, Lima, Perú. Boletín No. 122, Serie A: Carta Geológica Nacional, 269 pp.
- Sánchez, E.; Sánchez, A.; Tica, S.; Arellano, J. & Jiménez, A. (2021) - Geología del cuadrángulo de Yauyos (hojas 2511, 2513, 2514). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000), 12, 52 p, 3 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3131>
- Selley, R. (2000). Applied sedimentology (2nd. Ed). Academy Press.
- SENAMHI (2020) Mapa climático del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Sosa, N. & Astete, I. (2019). Evaluación de Peligros Geológicos en El barrio San Juan de Huariaca. INGEMMET, Informe Técnico A6958. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2391>
- Steinmann, G. (1929). Geologie von Peru. Heidelberg: Carl Winters Universitäts Buchhandlung, pp. 448.
- Torres, D.; Machaca, C. & López, Y. (2021) - Geología del cuadrángulo de Huancayo (hojas 25m1, 25m2, 25m3, 25m4). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000), 19, 58 p, 4 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3139>
- Trinidad, I.; Santisteban, A. & Huanca, W. (2021) - Geología del cuadrángulo de Huarochirí (hojas 25k1, 25k2, 25k3, 25k4). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 15, 75 p., 4 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3134>
- Valdivia, W.; Chapilliquén, P.; Gonzales, V. & Ochoa, J. (2021) - Geología del cuadrángulo de Jauja (hojas 24m1, 24m2, 24m3, 24m4). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 22, 90 p., 4 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3142>
- Valencia, M. & Atencio, E. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de La Oroya (24-l), Escala 1:100 000, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, pp. 24. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2158>



Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá D.C.

Wentworth, C.K. (1922) A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-392. <https://doi.org/10.1086/622910>

PUBLICACIONES

Huachaca, C., Rodríguez, R., García, B., Orozco, Y. & Mamani, E. (2021a). La formación Calera Eoceno – Oligoceno en la zona suroccidental de la región de Junín. En: Congreso Peruano de Geología, 20, Lima, 2021. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, pp. 244-247.

Huachaca, C., Rodríguez, R., García, B. & Mamani, E. (2021b). Sedimentología y estratigrafía de la formación Casapalca entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba – Junín. En: Congreso Peruano de Geología, 20, Lima, 2021. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, pp. 276-279.



INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1.1 Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	4
Figura 1.2 Mapa de accesibilidad a la zona de estudio.	5

CAPITULO II

Figura 2.1 Unidades geomorfológicas. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.....	16
Figura 2.2 Mapa geomorfológico. Elaborado y modificado en base a datos proporcionados de INGEMMET.	17
Figura 2.3 Sub unidades geomorfológicas de la unidad de montañas. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.....	18
Figura 2.4 Identificación de unidades geomorfológicas. Sub unidad de valle glacial con laguna y sub unidad de colina en rocas sedimentarias (RC-rs) del cretácico (Grupo Goyllarisquiza). Al fondo Montañas en roca intrusiva(RM-ri) del nevado Pariacaca, conformada por afloramientos de granodiorita cretácica. Fotografía tomada con vista hacia el NE.	19
Figura 2.5 Identificación de unidades geomorfológicas. A-B. SE del poblado de La Oroya, sub unidad de Vertiente de detritos (V-d) de depósitos coluviales, sub unidad de terrazas aluviales (T-al), sub unidad de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs) de la Fm. Chúlec (areniscas calcáreas y calizas arenosas) y Colinas estructurales (RCE-rs) de la Fm. Goyllarisquiza. C. Oeste del Sector Pomacancha y Cachicachi, sub unidad de montañas y colinas estructurales (RME-rs/ RCE-rs) en el Grupo Pucará.	20
Figura 2.6 Sub unidades geomorfológicas de la unidad de colinas. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.	21
Figura 2.7 Identificación de unidades geomorfológicas. Sector Consac, Sub unidad de colina en roca intrusiva (RC-ri), correspondiente a la intrusión subvolcánica dacítica, en contacto con la sub unidad de colina en roca sedimentaria (RC-rs) de la Fm. Casapalca.	22
Figura 2.8 Sub unidades geomorfológicas de la unidad de piedemonte. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.....	23
Figura 2.9 Sub unidades geomorfológicas de la unidad de planicies y depresiones. Elaborado y modificado en base a datos del INGEMMET.	25
Figura 2.10 Identificación de unidades geomorfológicas locales. A. Sector Canchayllo, montaña en roca sedimentaria (RM-rs) corresponden a afloramientos de la Formación Chúlec y valle glacial con laguna (VII-gl/l). B. Sector Huayhuay, colinas en roca sedimentaria (RC-rs) en las areniscas cuarzosas y calizas arenosas de la Formación Chúlec y la vertiente glacial (V-gl), al fondo la sub unidad de montañas en rocas intrusiva (RM-ri), corresponde a afloramientos de plutones del Neógeno (tonalitas y granodioritas) en el nevado Tunshu. C. Sector, SuitucanCHA, colinas estructurales en roca sedimentaria (RCE-rs) con lineamientos estructurales (NO-SE) de la Formación Casapalca y Valle Glacial (VII-gl).....	26
Figura 2.11 Arriba, datos analizados de Temperatura (°C) de la Estación Jauja. Abajo, datos analizados de la precipitación total mensual (mm) de la Estación Jauja. Fuente: SENAMHI, 2017-2018.....	27
Figura 2.12 Vegetación tipo Herbazal. A la izquierda Ichu (<i>Stipa</i> sp.) y a la derecha Chilca (<i>Baccharis pentlandii</i>)	28



Figura 2.13 Circuito de lagunas presentes en el área de estudio. las cuales se formaron por el retroceso glaciario y son fuentes para el inicio de la red hidrográfica del Valle del Mantaro. 30

Figura 2.14 Mapa hídrico y de cobertura vegetal en el área de estudio. Data tomada de la ZEE Junín (2015)..... 31

Figura 2.15 Ubicación del área de estudio dentro de los dominios geotectónicos. Tomado y modificado del INGEMMET (Rodríguez et al., 2022). 34

Figura 2.16 Mapa geológico regional. Elaborado y modificado en base a datos proporcionados de INGEMMET. 36

Figura 2.17 Resumen esquemático de unidades litoestratigráficas regionales del Paleozoico presentes en la zona de estudio. 38

Figura 2.18 Afloramiento del Grupo Mitu. En el sector de Ricrán, correspondientes a niveles conglomeraditos con clastos volcánicos del color gris. 39

Figura 2.19 A) Vista panorámica de los estratos de la Formación Condorsinga en el Sector de la Laguna Aricocha, al E del Valle del Mantaro. B) Secuencia monótona de calizas grises y calizas arenosas. C) Bóclastos de Amonites en el grupo Pucará..... 41

Figura 2.20 Distribución paleogeográfica del Grupo Pucara entre el Noriano y Toarciano (Carlotto et al, 2009; Giraldo, 2010). Arriba derecha, Sección esquemática del Grupo Pucará e interpretación de modelo de cuenca tipo semigraben (Rosas, 1994)..... 43

Figura 2.21 A la izquierda, esquema paleogeográfico del Bathoniano al Caloviano en la cuenca Arequipa y el Alto Totos-Paras (Carlotto et al., 2009, tomado de Giraldo, 2010). A la derecha, paleogeografía del sector Tarma- Lircay en el Aaleniano Sup. Bajociano Inf, según Moulin, 1989 (Tomado de Mégard et al, 1996)..... 44

Figura 2.22 Grupo Goyllarisquizga, detalle secuencias de areniscas cuarzosas con laminación entrecruzada..... 46

Figura 2.23 Formación Chúlec. Detalle A, estratos bien estratificados de areniscas y limo arcillitas calcáreas. Detalle B, calizas bioclásticas. 47

Figura 2.24 A) Caliza bituminosa de la Formación Pariatambo. B) Estratos laminares de la Formación Pariatambo 48

Figura 2.25 Vista panorámica de la Formación Jumasha en inmediaciones de la localidad de Chacapalca. A) Secuencia de calizas gris claras. 49

Figura 2.26 Formación Celendín, detalle de calizas amarillentas wackstone y niveles delgados de margas amarillentas. 49

Figura 2.27 Resumen esquemático de unidades litoestratigráficas regionales del Mesozoico presentes en la zona de estudio. 50

Figura 2.28 Resumen esquemático de unidades litoestratigráficas regionales del Cenozoico presentes en la zona de estudio. 54

Figura 2.29 Ubicación de las rocas intrusivas y subvolcánicas en los dominios geotectónicos. Fuente: INGEMMET 56

Figura 2.30. Esquema ilustrativo del tipo de deformación en flor positiva del sistema de fallas Huancavelica en la zona de San Juan de Jarpa de oeste a este. Tomado de Torres et al., 2021..... 62

Figura 2.31 Mapa estructural. Elaborado y modificado en base a datos proporcionados de INGEMMET..... 66

CAPITULO III

Figura 3.1 Facies conglomerádicas más comunes de la Fm. Casapalca; en **a**) Facies **Gmm** conglomerados masivos con soporte de matriz y **Gp**, conglomerados polimícticos con estratificación cruzada planar débil; en **b**) Facies **Gmm(i)**, conglomerados matriz soportada



con gradación inversa, sobreyaciendo a **Sgm**, areniscas conglomerádicas; en **c**) Facies **Gcm**, conglomerados clastosoportados; en **d**) Facies de conglomerados clastos soportados de gradación normal (**Gcm**) e inversa (**Gcm(i)**); en **e**) Facies **Gb**, conglomerados brechosos y en **f**) Facies **Gv**, conglomerados con clastos volcánicos..... 71

Figura 3.2 Vista ejemplar de facies arenosas principales que se encuentran en la Formación Casapalca; en **a**) Facies **Sm**, areniscas masivas intercaladas con un estrato de facies **Gp**; en **b**) Intercalación de Facies **Sm** y **Fm**; en **c**) Facies **Sm(e)** areniscas masivas con clastos blandos a la base y presencia de bioturbación vertical al techo; en **d**) Facies **Sm(c)**, areniscas débilmente laminadas con efervescencia al HCl que sobreyace a la facie **Fm**; en **e**) En la base, facie **Sh**, areniscas con laminación horizontal, seguido de facie **St**, areniscas con laminación en artesa y al techo facies **Sm**, areniscas masivas; en **f**) Facies **Sp** compuesta de areniscas de grano grueso con laminación entrecruzada planar, dispuesta sobre facies **St** compuesta de areniscas de grano grueso con laminación en artesa; en **g**) Facies **Sl**, arenisca con estratificación cruzada de bajo ángulo con clastos blandos y en **h**) Facies **St**, areniscas con estratificación cruzada festoneada. 73

Figura 3.3 Vista ejemplar de la facies limolíticas y otros más frecuentes, que se encuentran dentro de nuestra zona de estudio. En **a**) Vista de facies **Fm** que consta limolitas masivas de tonalidad rojiza y facies de areniscas masivas **Sm**; en **b**) Facies **Fm(c)** limolitas masivas con efervescencia al HCl y nódulos de epidota; en **c**) vista de las Facies **Fm** que muestra estratos de limolitas masivo de color marrón rojizo y la facies **Fl** que consta de limolita de coloración marrón con estructuras de laminación horizontal; en **d**) Facies **Fl(c)** que consta de limolitas con laminación horizontal y efervescencia al HCl; en **e**) A la base, facies volcánicas **V**, sobre yacida por facies **Sm** y **Sh** y en **f**) Secuencias de facies de calizas de tonalidades beige claras (**L**) y niveles de volcánicos (**V**) que constan de tobas limosas de tonalidades beige claras amarillentas..... 76

Figura 3.4 Principales elementos Arquitecturales identificados. **a**) Fluviolacustre (FL); **b**) Llanura de inundación y barras (LI+BA); **c, d**) Barras de arenas (BA), llanuras de inundación (LI) y canales (CH); **e**) Canales (CH) y Llanuras de Inundación (LI); **f-i**) Canales conglomerádicos (CH); **g**) Flujo de detritos (DF); **h**) Crebasse splay (CS). 78

Figura 3.5 Principales elementos Arquitecturales identificados. **i**) Canales conglomerádicos (CH); **j**) Flujo en láminas o Sheet floods (SF); **k**) Barras de grabas (BG), Barras arenosas y Llanuras de Inundación (BA+LI)..... 79

Figura 3.6 Distribución geológica de los miembros inferior, medio y superior de la Formación Casapalca. En líneas rojas se muestra los tramos de las 6 columnas estratigráficas levantadas en campo. 80

Figura 3.7 Columna estratigráfica generalizada de la Formación Casapalca entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba. 81

Figura 3.8 Vista al noroeste de la laguna Quiuyupa y el cerro Quiuyupa, se muestra afloramientos del miembro Inferior de la Formación Casapalca que comprende una secuencia inferior marrón violáceo y una secuencia superior de tonalidad rojiza. 82

Figura 3.9 Columna estratigráfica local del Miembro inferior de la Formación Casapalca, levantada en las inmediaciones de la Laguna Quiuyupa..... 84

Figura 3.10 Columna estratigráfica local de los niveles inferiores de la Formación Casapalca, levantada en inmediaciones del Cerro Chuycho. 86

Figura 3.11 Vista parcial del cerro Shururo en el que se hizo el levantamiento de una columna estratigráfica del miembro medio de la Formación Casapalca; **a**) Vista en afloramiento de las facies conglomerádicas intercaladas con facies de areniscas rojizas con laminaciones entrecruzadas planares y areniscas con laminaciones horizontales; **b**) vista ampliada de la facies conglomerádicas masiva clasto soportado (**Gcm**); **c**) Vista ampliada de las facies de areniscas



de grano grueso con laminaciones entrecruzadas planares (**Sp**) y laminaciones en arteza (**St**);
d) Vista ampliada de las areniscas de grano grueso asociados a trazas de bioturbación. 88

Figura 3.12 Columna estratigráfica local del miembro medio de la Formación Casapalca, levantada en inmediaciones del Cerro Shururo. 90

Figura 3.13 Columna estratigráfica local del miembro medio de la Formación Casapalca levantada en la localidad de Casacucho. 94

Figura 3.14 Vista del contacto del miembro medio y superior de la Formación Casapalca en la Laguna Ñahuincocha, en este sector se levantó la columna estratigráfica del miembro superior de la Formación Casapalca. La flecha amarilla muestra la parte inferior del desarrollo de la columna estratigráfica. 95

Figura 3.15 Columna estratigráfica local del miembro superior de la Formación Casapalca, en inmediaciones de la laguna Nahuincocha. 98

Figura 3.16 Columna estratigráfica local del miembro superior de la Formación Casapalca, levantada en inmediaciones de la Laguna de Caullau, al sur de Cochas. 101

Figura 3.17 Columnas estratigráficas generalizadas y correlacionadas de la Formaciones Casapalca entre las localidades de SuitucanCHA y Usibamba. 105

CAPITULO IV

Figura 4.1 Secciones estructurales del área de trabajo, en referencia a los dominios geotectónicos. 109

Figura 4.2 Esquema representativo de la evolución sedimentológica, paleogeográfica y tectónica del centro del territorio peruano. Construcción esquemática en base a la estratigrafía y mapa geológico desarrollado por el INGEMMET. 110

Figura 4.3 Vista de la discordancia progresiva entre los miembros Medio y Superior de la Formación Casapalca, en inmediaciones de la localidad de Cochas. (Fotografía con vista al suroeste). 114

Figura 4.4 Sección estructural esquemático en inmediaciones de la localidad de Radiocorral, se observa la disposición en discordancia angular y erosiva de la Formación Calera sobre la Formación Casapalca y unidades más antiguas. 114

CAPITULO V

Figura 5.1 Esquema paleogeográfico de la base de la Formación Casapalca (Capas Rojas Inferiores) durante el Cretácico Superior. 117

Figura 5.2 Esquema paleogeográfico del Miembro Inferior de la Formación Casapalca (Sobre las Capas Rojas Inferiores) durante el Paleoceno. 118

Figura 5.3 Esquema paleogeográfico del Miembro Medio de la Formación Casapalca durante el Eoceno basal. 119

Figura 5.4 Esquema paleogeográfico del Miembro Superior de la Formación Casapalca durante el Eoceno. 121

Figura 5.5 Mapa geológico de la Formación Casapalca, donde se muestra la distribución de las paleocorrientes medidas. 121

Figura 5.6 Esquema de correlación estratigráfica regional de las capas rojas en el centro de Perú, entre las localidades de La Oroya y Cerro de Pasco (Tomado y modificado de Rodríguez, et al, 2021) 124

Figura 5.7 Mapa geológico representativo de los eventos geológicos dados en la sedimentación de las capas rojas del centro del Perú, y ubicación de columnas estratigráficas correlacionadas (Tomado y modificado de Rodríguez et al, 2021) 125



INDICE DE TABLAS

CAPITULO I

Tabla 1.1 Coordenadas del área de estudio.....	3
Tabla 1.2 Rutas para accesibilidad de la zona de estudio.....	3
Tabla 1.3 Operacionalidad de variables.....	11

CAPITULO II

Tabla 2.1 Resumen de unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio. Data base tomada de INGEMMET	16
Tabla 2.2 Resumen de las Unidades de Vegetación identificadas en el área de estudio FUENTE: Base de datos tomada de ZEE-Junín	29

CAPITULO III

Tabla 3.1 Identificación de litofacies sedimentarias propias del estudio	69
Tabla 3.2 Elementos arquitecturales asociados a ambientes aluviales	77



ANEXOS



ANEXO 1. Matriz de consistencia

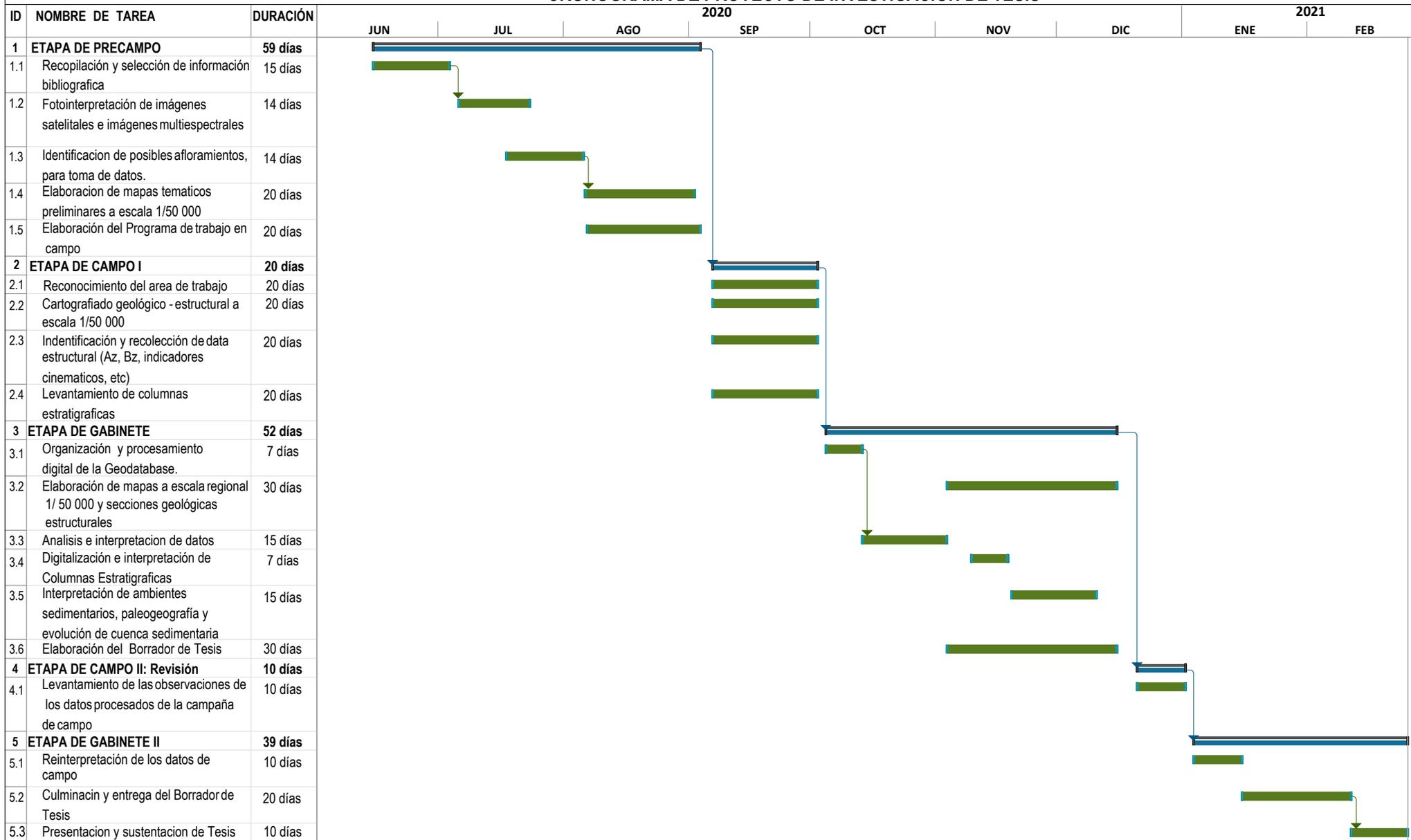
EVOLUCIÓN DE CUENCA SEDIMENTARIA DE LA FORMACIÓN CASAPALCA, ENTRE LA LOCALIDAD DE SUITUCANCHA Y USIBAMBA – JUNIN

MARCO TEORICO	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		HIPOTESIS	OPERACIONALIDAD DE VARIABLES				EQUIPOS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
MARCO CONCEPTUAL	Descripción de la problemática	Objetivos de la investigación		VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR	DIMENSIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<p>- Guía para Elaboración de mapas y boletines de la Carta Geológica Nacional” elaborado por el INGGEMMET</p> <p>- Sedimentología, Del Proceso Físico a la Cuenca”. Arche A.</p>	<p>Entre las localidades de Suitucan-cha y Usibamba se encuentran una secuencia detrítica potente, denominada localmente como las capas rojas de la Formación Casapalca, del cual no se cuenta con estudios detallados de análisis de evolución de cuenca, así como tampoco se cuenta con una subdivisión entre sus miembros y la posible diferenciación con unidades más recientes.</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Realizar un estudio de la evolución de cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca entre las Localidades de Suitucan-cha y Usibamba del departamento de Junín</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir la división litoestratigráfica del relleno sedimentario de la Formación Casapalca - Definir y analizar las litofacies sedimentarias y elementos arquitecturales de la Formación Casapalca - Definir una interpretación de ambientes sedimentarios de deposición, y cómo estos varían en el tiempo 	<p>El inicio y la evolución de la cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca se debe a los diversos eventos tectónicos que se dan entre el cretácico superior y eoceno, los cuales constan de eventos mayormente compresivos, por los que se forman plegamientos regionales, fallamientos y fracturamientos, como los que se muestran en los límites suroccidentales (SFSQ) y nororiental (SFLOH) de la cuenca de la Formación Casapalca. Estos eventos habrían formado una cuenca sin tectónica, evidenciadas en el registro sedimentológico, estratigráfico y estructural que presenta esta unidad a lo largo de su evolución.</p>	<p>Estudio de la evolución de cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca</p>	<p>Geomorfología</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Unidades geomorfológicas - Morfologías locales 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominios - Pendientes - Fisiografía 	<p><i>Instrumentos de campo:</i> Brújula, GPS, picota, cinta métrica, lupa, tablet.</p> <p><i>Instrumentos de gabinete:</i> Laptop, impresora, escáner, etc.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>- Medio sedimentario</p> <p>- Cuenca sedimentaria</p> <p>- Evento tectónico</p> <p>- Ley de Walter</p> <p>- Paleogeografía</p> <p>- Facies de Miall</p>	<p>Formulación del problema</p> <p>Cómo se da la evolución de cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca entre las localidades de Suitucan-cha y Usibamba?</p>							<p>RECURSOS</p> <p><i>Recursos Humanos</i> - 2 Geólogos - 1 Asesor</p> <p><i>Recursos Físicos</i> Las localidades de Suitucan-cha y Usibamba Instrumentación a utilizar.</p> <p><i>Recursos Financieros</i> A cargo del suscrito.</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>ANTECEDENTES</p> <p>- Mc Laughlin (1924) “Geology and Physiography of the Peruvian Cordillera, Departments of Junin and Lima”.</p> <p>- Cueva, E. et al. (2008) Evolución Sedimentológica de la Formación Pocabamba en el Distrito de Huayllay, Departamento de Cerro de Pasco. Lima, Perú.</p>	<p>Justificación de la investigación</p> <p>La importancia del estudio de la evolución la cuenca sedimentaria de la Formación Casapalca entre las localidades de Suitucan-cha y Usibamba, se centra principalmente en el ámbito geocientífico; ya que su elaboración aportará en el conocimiento de la evolución sedimentaria y su entorno tectónico entre el Cretáceo superior al eoceno de los andes centrales peruanos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Deducir la variación paleogeográfica durante el relleno del depocentro de Suitucan-cha-Usibamba - Desarrollar un modelo de evolución geodinámica, considerando la sedimentología y su posible relación tectónica. - Determinar relaciones estratigráficas con unidades correspondientes a la Formación Casapalca en la zona de Casapalca y Cerro de Pasco 	<p>METODOLOGIA DE TRABAJO</p> <p>TIPO DE INVESTIGACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pura o fundamental <p>METODO TEORICO—DISEÑO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No experimental: Descriptivo - Cualitativo - Hipotético- Analítico <p>TECNICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fotointerpretación, mapeo y medición directa., mapeo geológico digital, LCE, Kink Bands for section cross. <p>PROCEDIMIENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pre campo, Campo 1, Gabinete 1, Campo 2 y Gabinete 2. 	<p>CRONOGRAMA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ACTIVIDADES</th> <th colspan="8">AÑO 2020</th> <th colspan="2">AÑO 2021</th> </tr> <tr> <th>JUN</th> <th>JUL</th> <th>AGO</th> <th>SEP</th> <th>OCT</th> <th>NOV</th> <th>DIC</th> <th>ENE</th> <th>FEB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="11">ETAPA DE PRECAMPO</td> </tr> <tr> <td>Recopilación y selección de información bibliográfica.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Fotointerpretación de imágenes satelitales e imágenes multiespectrales.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Identificación de posibles afloramientos, para toma de datos.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Elaboración de mapas temáticos preliminares a escala 1/50 000.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Elaboración del Programa de trabajo en campo.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="11">CAMPO 1</td> </tr> <tr> <td>Reconocimiento del área de trabajo.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Cartografiado geológico - estructural a escala 1/50 000.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Identificación y recolección de data estructural (Az, Bz, indicadores cinemáticos, etc).</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Levantamiento de columnas estratigráficas.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="11">GABINETE 1</td> </tr> <tr> <td>Organización y procesamiento digital de la Geodatabase.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Elaboración de mapas a escala regional 1/ 50 000 y secciones geológicas estructurales.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Análisis e interpretación de datos.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Digitalización e interpretación de Columnas Estratigráficas.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Interpretación de ambientes sedimentarios, paleogeografía y evolución de cuenca.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Elaboración del Borrador de Tesis.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="11">CAMPO 2: Revisión</td> </tr> <tr> <td>Levantamiento de las observaciones de los datos procesados de la campaña de campo.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="11">GABINETE 2</td> </tr> <tr> <td>Reinterpretación de los datos de campo.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Culminación y entrega del Borrador de Tesis.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Presentación y sustentación de Tesis.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	ACTIVIDADES	AÑO 2020								AÑO 2021		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	ETAPA DE PRECAMPO											Recopilación y selección de información bibliográfica.											Fotointerpretación de imágenes satelitales e imágenes multiespectrales.											Identificación de posibles afloramientos, para toma de datos.											Elaboración de mapas temáticos preliminares a escala 1/50 000.											Elaboración del Programa de trabajo en campo.											CAMPO 1											Reconocimiento del área de trabajo.											Cartografiado geológico - estructural a escala 1/50 000.											Identificación y recolección de data estructural (Az, Bz, indicadores cinemáticos, etc).											Levantamiento de columnas estratigráficas.											GABINETE 1											Organización y procesamiento digital de la Geodatabase.											Elaboración de mapas a escala regional 1/ 50 000 y secciones geológicas estructurales.											Análisis e interpretación de datos.											Digitalización e interpretación de Columnas Estratigráficas.											Interpretación de ambientes sedimentarios, paleogeografía y evolución de cuenca.											Elaboración del Borrador de Tesis.											CAMPO 2: Revisión											Levantamiento de las observaciones de los datos procesados de la campaña de campo.											GABINETE 2											Reinterpretación de los datos de campo.											Culminación y entrega del Borrador de Tesis.											Presentación y sustentación de Tesis.											<p>PRESUPUESTO</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>RUBRO</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Materiales</td> <td>S/. 350.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Equipos</td> <td>S/.14,175.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Recursos Humanos</td> <td>S/. 0.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Gastos Operativos</td> <td>S/.15,000.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Subtotal</td> <td>S/.29,525.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Imprevistos (10%)</td> <td>S/. 2,952.50</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL</td> <td>S/.32,477.50</td> </tr> </tbody> </table>	ITEM	RUBRO	TOTAL	1	Materiales	S/. 350.00	2	Equipos	S/.14,175.00	3	Recursos Humanos	S/. 0.00	4	Gastos Operativos	S/.15,000.00	Subtotal		S/.29,525.00	Imprevistos (10%)		S/. 2,952.50	TOTAL		S/.32,477.50
ACTIVIDADES	AÑO 2020								AÑO 2021																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
ETAPA DE PRECAMPO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Recopilación y selección de información bibliográfica.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Fotointerpretación de imágenes satelitales e imágenes multiespectrales.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Identificación de posibles afloramientos, para toma de datos.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Elaboración de mapas temáticos preliminares a escala 1/50 000.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Elaboración del Programa de trabajo en campo.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
CAMPO 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Reconocimiento del área de trabajo.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Cartografiado geológico - estructural a escala 1/50 000.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Identificación y recolección de data estructural (Az, Bz, indicadores cinemáticos, etc).																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Levantamiento de columnas estratigráficas.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
GABINETE 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Organización y procesamiento digital de la Geodatabase.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Elaboración de mapas a escala regional 1/ 50 000 y secciones geológicas estructurales.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Análisis e interpretación de datos.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Digitalización e interpretación de Columnas Estratigráficas.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Interpretación de ambientes sedimentarios, paleogeografía y evolución de cuenca.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Elaboración del Borrador de Tesis.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
CAMPO 2: Revisión																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Levantamiento de las observaciones de los datos procesados de la campaña de campo.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
GABINETE 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Reinterpretación de los datos de campo.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Culminación y entrega del Borrador de Tesis.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Presentación y sustentación de Tesis.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
ITEM	RUBRO	TOTAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	Materiales	S/. 350.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2	Equipos	S/.14,175.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
3	Recursos Humanos	S/. 0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
4	Gastos Operativos	S/.15,000.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Subtotal		S/.29,525.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Imprevistos (10%)		S/. 2,952.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
TOTAL		S/.32,477.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							



ANEXO 2. Cronograma de proyecto de investigación de tesis

CRONOGRAMA DE PROYECTO DE INVESTIGACION DE TESIS



PROYECTO: ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE CUENCA SEDIMENTARIA DE LA FORMACIÓN CASAPALCA, ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUITUCANCHA Y USIBAMBA – JUNIN

ETAPA



RESUMEN DE ETAPA



TAREA

