

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



TESIS

**CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE
LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE
COCHABAMBA Y LAJAS**

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

AUTOR:

Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN

ASESOR:

Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador : Marlyth Evelyn Linares Samamé
2. DNI : 71896959
3. Escuela Profesional : Ingeniería Geológica
4. Asesor : Crispín Zenón Quispe Mamani
Facultad : Ingeniería

5. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor

6. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

7. Título de Trabajo de Investigación: **CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS.**

8. Fecha de evaluación : 25 de julio de 2025

9. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

10. Porcentaje de Informe de Similitud : 3%

11. Código Documento : trn:oid: 3117: 476316757

12. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión : 25 de julio de 2025

 <hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: Crispín Zenón Quispe Mamani DNI : 29243825</p>	 <p>Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 25/07/2025 20:28:15-0500 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>
---	---

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM 135+800 A KM 141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS.*

ASESOR : *Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0442-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 01 de agosto de 2024, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **cuatro días del mes de setiembre de 2025**, siendo las ocho horas (08:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

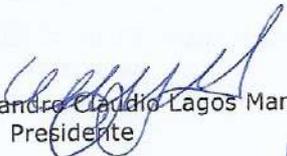
- Presidente : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
- Vocal : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
- Secretario : M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.

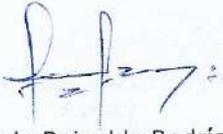
Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM 135+800 A KM 141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS*, presentado por la Bachiller en Ingeniería Geológica *MARLYTH EVELYN LINARES SAMAMÉ*, asesorada por el Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron a la sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y la evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : *05* PTS.
 EVALUACIÓN PÚBLICA : *11* PTS.
 EVALUACIÓN FINAL : *16* PTS *DIECISEN* (En letras)

En consecuencia, se la declara *APROBADA* con el calificativo de *DIECISEN* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *9.00 am* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


 Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
 Presidente


 Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
 Vocal


 M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.
 Secretario


 Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
 Asesor

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a mi alma mater, la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, y a mi asesor, el Dr. Quispe Mamani Crispín Zenón, por impartirme sus valiosos conocimientos y motivarme a superarme en mi formación profesional. También agradezco a mi familia, especialmente a mis padres y hermanos, por su incondicional apoyo y aliento constante.

M. E. L. S.

DEDICATORIA

A Dios por regalarme la vida, protegerme y guiarme en este camino.

A mis padres Antonio y Carmela, por ser el pilar principal de mi existencia y brindarme apoyo incondicional.

A mis hermanos y familiares, por su apoyo y presencia en los momentos clave de mi formación profesional.

Y a mis amigos, por su amistad, motivación, y hacer esta experiencia inolvidable.

M. E. L. S.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO.....	iv
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	3
2.1.3. Antecedentes Locales	4
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. Estratigrafía	5
2.2.1.1. <i>Principios de la Estratigrafía</i>	5
2.2.2. Rocas Sedimentarias.....	7
2.2.2.1. <i>Rocas Calcáreas</i>	7
2.2.2.2. <i>Rocas Intermedias</i>	9
2.2.3. Estratificación	9
2.2.3.1. <i>Superficies de Estratificación</i>	10
2.2.3.2. <i>Geometría de los Estratos</i>	11
2.2.3.3. <i>Asociaciones de Estratos</i>	13
2.2.4. Estructuras Sedimentarias.....	14
2.2.4.1. <i>Estructuras de Ordenamiento Interno</i>	15
2.2.4.2. <i>Estructuras Sobre la Superficie de Estratificación</i>	17
2.2.4.3. <i>Estructuras de Deformación</i>	18
2.2.4.4. <i>Estructuras Orgánicas</i>	19
2.2.4.5. <i>Estructuras Químicas</i>	20

	Pág.
2.2.5. Ambientes Sedimentarios	20
2.2.5.1. <i>Ambientes Continentales</i>	21
2.2.5.2. <i>Ambientes Marinos</i>	21
2.2.5.3. <i>Ambientes Transicionales</i>	21
2.2.6. Columna Estratigráfica	22
2.2.6.1. <i>Parámetros Sedimentológicos</i>	22
2.2.6.2. <i>Elaboración de una Columna Estratigráfica</i>	22
2.2.7. Unidades Litoestratigráficas	24
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	25

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	26
3.1.1. Geográfica	26
3.1.2. Política	26
3.1.3. Accesibilidad.....	26
3.2. PROCEDIMIENTOS	28
3.2.1. Metodología	28
3.2.1.1. <i>Población de Estudio</i>	29
3.2.1.2. <i>Muestra</i>	29
3.2.1.3. <i>Unidad de Análisis</i>	30
3.2.2. Identificación de Variables	30
3.2.3. Técnicas.....	30
3.2.4. Instrumentos y Equipos	31
3.3. GEOLOGÍA LOCAL.....	31
3.3.1. Formación Inca.....	32
3.3.2. Formación Chúlec.....	32
3.3.3. Formación Pariatambo	33
3.3.4. Grupo Pulluicana	33
3.3.5. Grupo Quilquiñán.....	33
3.3.6. Formación Cajamarca.....	33
3.3.7. Depósitos Fluviales	34

**CAPÍTULO IV.
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

4.1.	FORMACIÓN INCA	35
4.1.1.	Características Litológicas	35
4.1.2.	Características Estratigráficas	37
4.1.3.	Ambiente de Sedimentación	38
4.2.	FORMACIÓN CHÚLEC	38
4.2.1.	Características Litológicas	38
4.2.2.	Características Estratigráficas	40
4.2.3.	Ambiente de Sedimentación	40
4.3.	FORMACIÓN PARIATAMBO.....	41
4.3.1.	Características Litológicas	41
4.3.2.	Características Estratigráficas	42
4.3.3.	Ambiente de Sedimentación	42
4.4.	GRUPO PULLUICANA.....	43
4.4.1.	Características Litológicas	43
4.4.2.	Características Estratigráficas	44
4.4.3.	Ambiente de Sedimentación	45
4.5.	GRUPO QUILQUIÑÁN	45
4.5.1.	Características Litológicas	45
4.5.2.	Características Estratigráficas	46
4.5.3.	Ambiente de Sedimentación	47
4.6.	FORMACIÓN CAJAMARCA	47
4.6.1.	Características Litológicas	47
4.6.2.	Características Estratigráficas	48
4.6.3.	Ambiente de Sedimentación	49
4.7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
4.8.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	54

**CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	CONCLUSIONES	55
5.2.	RECOMENDACIONES.....	56
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ANEXOS

ANEXO 01.	TABLAS DE CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS
ANEXO 02.	PLANOS
PLANO 01.	Plano de Ubicación
PLANO 02.	Plano Satelital
PLANO 03.	Plano Geológico
ANEXO 03.	COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS
COLUMNA 01.	Columna Estratigráfica de la Formación Inca
COLUMNA 02.	Columna Estratigráfica de la Formación Chúlec
COLUMNA 03.	Columna Estratigráfica de la Formación Pariatambo
COLUMNA 04.	Columna Estratigráfica del Grupo Pulluicana
COLUMNA 05.	Columna Estratigráfica del Grupo Quilquiñán
COLUMNA 06.	Columna Estratigráfica de la Formación Cajamarca
COLUMNA 07.	Columna Estratigráfica del Cretácico

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de rocas y sedimentos calcáreos. Basada en Dunham (1962) y Embrie y Klován (1971).....	8
Tabla 2. Coordenadas UTM. DATUM WGS-84 del área de investigación.	26
Tabla 3. Ubicación política del área en estudio.	26
Tabla 4. Rutas de acceso a las áreas de investigación.....	27
Tabla 5. Clasificación y tipos de investigación	29
Tabla 6. Variables Independientes y Variables Dependientes.	30
Tabla 7. Resumen de características litoestratigráficas de las unidades presentes en el área de investigación.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Principio de horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos.	6
Figura 2. Clasificación simplificada para las rocas sedimentarias intermedias.....	9
Figura 3. Tipos de superficies de estratificación.	11
Figura 4. Clasificación básica de geometrías de estratos.	12
Figura 5. Visualización de geometría de estratos.....	12
Figura 6. Acuñaamiento lateral en estratos de areniscas.....	12
Figura 7. Clasificación de asociaciones de estratos.....	14
Figura 8. a) Secuencia estratodecreciente en areniscas y limolitas. b) Secuencia de estratocreciente en areniscas y arcillolitas grises....	14
Figura 9. Esquema mostrando la disposición de los clastos imbricados.....	16
Figura 10. Se muestra ripples de olas en el techo de un estrato.	17
Figura 11. Presencia de grietas de desecación en sedimentos producto de erosión de las calizas margosas y arcillolitas de la Fm. Santa.....	18
Figura 12. Traza fósil negativa Oxytropidoceras en la Fm. Pariatambo en calizas negras a grises del flanco izquierdo del anticlinal ubicado en el distrito La Encañada.....	19
Figura 13. a) Concreción de calizas en la Fm. Pariatambo, intercalada con limolitas color pardo amarillento producto del intemperismo. b) Concreción de calizas altamente oxidadas y alteradas encontradas entre los estratos de arcillolitas.	20
Figura 14. Propuesta de Formato de columna estratigráfica.....	23
Figura 15. Simbología de estructuras sedimentarias, litología de rocas sedimentarias y secuencias.	24
Figura 16. Accesibilidad al área de investigación.....	27
Figura 17. Unidades Litoestratigráficas del cuadrángulo de Chota.	32
Figura 18. En el apartado a y b se observa los depósitos fluviales correspondientes al cuaternario, colindantes al área de estudio....	34
Figura 19. a) Afloramiento de arcillitas margosas intercaladas con calizas arenosas. b) Estratos delgados de marga intercalados con caliza. c) Contacto de estratos de arcillita margosa con caliza arenosa)..	35

	Pág.
Figura 20. Muestra estratos de calizas, texturalmente se clasifica como Packstone.	36
Figura 21. a) Estrato de arcillita margosa. b) Vista en lupa 30x.....	36
Figura 22. a) Estructuras de carga presente en margas. b) Contacto nodular entre calizas. c) Marga con venillas de calcita y óxidos de hierro. d) Marcas de gotas de lluvia. e) Superficie de estratificación neta planar. f) Laminación interna.....	37
Figura 23. a) Molde externo de un Bivalvo <i>Pllgiostoma sp.</i> b) Molde interno de un amonites del género <i>Parahoplites LyelfreertIS lyelli.</i> c) Molde interno de <i>Tylostoma cf. T. whitei.</i> d) Fósil in situ y sus dos vistas pertenecientes a <i>Buchotrigonia abrupta Trigonia</i>	38
Figura 24. a) Intercalación de estratos tabulares caliza con marga, con el típico color amarillento terroso de la Formación. b) Afloramiento de estratos de caliza con intercalación de estratos delgados de marga. c) Estratos de caliza packstone con presencia de fósiles. .	39
Figura 25. a) se observa dos fósiles: i) Fósil bivalvo <i>Nicaisolopha nicaisei</i> y ii) Fósil <i>Exogyra Olisiponensis</i> en caliza Wackestone. b) Biozona de bivalvos en caliza. c) Superficie de estratificación nodular. d) Estratificación delgada tabular de margas.	40
Figura 26. a) Secuencia rítmica de margas bituminosas con intercalaciones de arcillita margosa. b) Estratos delgados de caliza con superficie de estratificación nodulosa intercalados con arcillita margosa uniformemente estratificados. c) Caliza bituminosa lenticular con olor fétido intercaladas con delgados estratos de arcillitas margosas, en contacto con caliza de textura mudstone negruzca..	41
Figura 27. a) Laminación interna en marga. b) Venilla de calcita ocasionada por fallamiento. c) Estratos de calizas con superficies de estratificación nodulosas. d) Estratos lenticulares de caliza bituminosa con intercalaciones arcillitas margosa bituminosa de espesor: 0.10 m. 0.15 m.....	42
Figura 28. a) Intercalación de margas con calizas de textura wackestone. b) Intercalación de caliza estrato decreciente (de caliza wackestone a caliza packstone) con marga.....	43

Figura 29. a) Contacto nodular entre un estrato de caliza fosilífera con uno de arcillita margosa; adjunto se aprecia un fósil de especie <i>Exogyra olisiponensis</i> . b) Superficie de estratificación nodulosa en el techo de un estrato de marga. c) Laminación interna en marga. d) Grietas de disecación en margas. f) Estrato de marga con presencia de fósiles bivalvos. g) Estratificación tabular de calizas.	44
Figura 30. a) Intercalación de estratos delgados de arcillita margosa con marga en contacto con estratos uniformes de caliza wackestone. b) Contacto entre el Gpo. Quilquiñán (estratos de arcillitas margosas) y la Fm. Cajamarca (estratos de calizas tabulares).....	45
Figura 31. a) Intercalación de estratos de caliza margosa con arcillita margosa (N: 9274678, E: 749064, C:2120 msnm).....	46
Figura 32. a) Asociación de estratos tipo rítmica de caliza con textura packstone intercalada con marga nodular. b) Superficie de estratificación neta planar de estratos tabulares de caliza con textura wackestone.	46
Figura 33. a) Estrato de arcillitas con presencia de laminación interna. b) Estructura sedimentaria química de disolución de tipo Lapiáz.....	47
Figura 34. Estratificación lenticular de calizas nodulares con arcillitas margosas	47
Figura 35. a) Afloramiento de calizas de espesores que varían de 40cm a 80cm en secuencia negativa. b) Estratos de Calizas tabulares con textura mudstone.	48
Figura 36. a) Intercalación de estratos de caliza de 25cm a 35cm; con marga espesor. b) Calizas en contacto nodular con margas	48
Figura 37. a y b) Estructuras sedimentarias químicas – geodas. c) Estructuras sedimentarias químicas Estilolitas producidas por la disolución. d) Estructuras sedimentarias de disolución tipo lapiáz en caliza. f) Fósil equinodermo - <i>Mecaster fourneli</i> Deshayes. g) Fósiles Bivalvos <i>Inoceramus</i> sp.....	49
Figura 38. Ambiente Marino / Fm. Inca y Fm. Chúlec.	53

	Pág.
Figura 39. Ambiente de Formación anóxico, ausencia de oxígeno; Fm. Pariatambo.....	53
Figura 40. Ambiente Marino / Gpo. Pulluicana, Gpo. Quilquiñán y Fm. Cajamarca.....	53
Figura 41. Ambientes sedimentarios de calizas.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS

Amf	: Arena media fina.
Af	: Arena fina.
Ag	: Arena gruesa.
Amg	: Arena media gruesa.
CaCO ₃	: Carbonato de calcio.
et al.	: Y otros autores.
Fm.	: Formación.
Gpo.	: Grupo.
INGEMMET	: Instituto geológico minero y metalúrgico del Perú.
msnm	: Metros sobre el nivel del mar.
Pág.	: Página.
PE-3N	: Ruta Longitudinal de la Sierra Norte en Perú.
UTM	: Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator.
WGS-84	: World Geodetic System 1984.

RESUMEN

El Cretácico en el tramo de la carretera Km135+800 a Km141+500, en los distritos de Lajas y Cochabamba, provincia de Chota, carece de estudios detallados en estratigrafía y geología en general. Esta investigación tiene como objetivo caracterizar la estratigrafía, identificar las unidades litoestratigráficas, elaborar columnas litoestratigráficas y determinar los ambientes de formación, así como las estructuras y texturas sedimentarias presentes. La investigación se desarrolló en tres etapas: trabajo de recopilación de información bibliográfica, elaboración de planos temáticos, formatos de muestras y de columna estratigráfica; trabajo de campo, con levantamiento de columnas estratigráficas y descripción detallada de unidades litoestratigráficas y el procesamiento de datos en gabinete, que permitió integrar los resultados. Se caracterizaron satisfactoriamente las Formaciones pertenecientes al Cretácico las cuales son: Formación Inca, Formación Chúlec, Formación Pariatambo, Grupo Pulluicana, Grupo Quilquiñán y Formación Cajamarca; a partir de ellas, se levantaron seis columnas estratigráficas, con un total de 1280 metros acumulados, asimismo se identificaron los ambientes de formación; la Formación Inca de ambiente transgresivo, la Formación Chúlec de ambiente marino, la Formación Pariatambo en un ambiente marino profundo con deficiencia de oxígeno, el Grupo Pulluicana y el Grupo Quilquiñán se depositaron en un ambiente marino hemipelágico, la Formación Cajamarca se desarrolló en un ambiente marino carbonatado. Estos resultados nos permiten una mejor comprensión de la evolución geológica de la región y proporcionan una base para futuros estudios geológicos en el área de investigación.

Palabras clave: Cretácico, Ambiente de Formación, Estructuras y Texturas Sedimentarias, Caracterización Estratigráfica, Litoestratigrafía.

ABSTRACT

The Cretaceous period in the section of the road between Km135+800 and Km141+500, in the districts of Lajas and Cochabamba, province of Chota, lacks detailed studies on stratigraphy and geology in general. This research aims to characterise the stratigraphy, identify lithostratigraphic units, develop lithostratigraphic columns, and determine the environments of formation, as well as the sedimentary structures and textures present. The research was carried out in three stages: compilation of bibliographic information, preparation of thematic plans, sample formats and stratigraphic columns; fieldwork, with the survey of stratigraphic columns and detailed description of lithostratigraphic units; and data processing in the laboratory, which allowed the results to be integrated. The Cretaceous formations were successfully characterised, namely: the Inca Formation, the Chúlec Formation, the Pariatambo Formation, the Pulluicana Group, the Quilquiñán Group and the Cajamarca Formation. From these, six stratigraphic columns were surveyed, with a total of 1,280 metres accumulated, and the formation environments were identified: the Inca Formation in a transgressive environment, the Chúlec Formation in a marine environment, the Pariatambo Formation in a deep marine environment with oxygen deficiency, the Pulluicana Group and the Quilquiñán Group were deposited in a hemipelagic marine environment, and the Cajamarca Formation developed in a carbonate marine environment. These results allow us to better understand the geological evolution of the region and provide a basis for future geological studies in the research area.

Key words: Cretaceous, Formation Environment, Sedimentary Structures and Textures, Stratigraphic Characterization, Lithostratigraphy.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las rocas sedimentarias son clave para entender la historia geológica, ya que guardan la memoria de la vida pasada a través de los fósiles y proporcionan información valiosa sobre los ambientes en los que esos organismos habitaban. El Sistema Cretácico está bien desarrollado en el territorio peruano, tiene afloramientos de secuencias estratigráficas completas en las regiones Norte y Centro de los Andes del Perú constituyen más del 70% de las rocas Mesozoicas, consiste de sedimentos de ambientes marinos y en menor proporción continentales (Palacios et al., 1995).

Los estratos pertenecientes al Cretácico ubicados en el Tramo de la Carretera PE-3N Km135+800 a Km141+500 en los Distritos de Cochabamba y Lajas, no cuentan con estudios detallados de estratigrafía y geología en general; por lo que se pretende conocer las Características Estratigráficas del Cretácico a partir de la descripción de la litología, textura, estructuras sedimentarias, determinación de espesores mediante columnas estratigráficas, para una interpretación del ambiente de formación. Asimismo, este estudio servirá como fuente de información local de la estratigrafía y tener una visión más amplia de la historia geocronoestratigráfica en la provincia de Chota.

Teniendo en cuenta el planteamiento del problema se ha formulado la siguiente pregunta ¿Cuál es la Caracterización Estratigráfica del Cretácico en el Tramo de la Carretera Km135+800 a Km141+500 en los distritos de Cochabamba y Lajas, provincia de Chota, 2025?.

Se llega a la siguiente hipótesis: La Caracterización Estratigráfica del Cretácico en el Tramo de la Carretera Km135+800 a Km141+500 en los Distritos de Lajas y Cochabamba, provincia de Chota, pertenece al sistema Cretácico Superior e Inferior correspondiente a un ambiente de sedimentación marino y transicional.

El estudio se elaboró porque no se cuenta con información estratigráfica en área de investigación, por ello se tiene la finalidad de ampliar el conocimiento geológico, aportando datos litológicos, paleontológicos, estratigráficos y sedimentológicos; para ser utilizado por investigadores y personas con intereses en esta línea de investigación.

La investigación tiene un alcance descriptivo, analítico, explicativo y correlacional no experimental transversal en el tiempo; que pretende dar a conocer la Caracterización Estratigráfica del Cretácico entre los distritos de Cochabamba y Lajas, aportando conocimiento de características litológicas, estructuras y texturas sedimentarias; con el fin de tener una data actualizada para investigadores en la línea de investigación de Estratigrafía y Sedimentología.

Las limitaciones de la presenta investigación es que no se cuenta con data de estudios de perforación, para poder complementar la descripción estratigráfica de las Formaciones estudiadas a través de los cortes de carretera; además de no contar con equipos de microscopia de última generación para identificación de las características petrográficas de las rocas sedimentarias calcáreas y silicoclásticas. Como objetivo se logró Caracterizar la Estratigrafía del Cretácico en el Tramo de la Carretera Km135+800 a Km141+500 en los Distritos de Lajas y Cochabamba, provincia de Chota; asimismo se identificó las Unidades Litoestratigráficas, se elaboró Columnas Litoestratigráficas y determinó los ambientes de formación como también las Estructuras y texturas Sedimentarias presentes.

La investigación se divide en cinco capítulos: Capítulo II, Marco teórico, que incluye antecedentes teóricos internacionales, nacionales y locales, así como bases teóricas y definiciones de términos clave. Capítulo III, Materiales y Métodos, que describe la ubicación de la investigación, accesibilidad, procedimiento y metodología de la investigación. Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados, donde se explican y discuten los hallazgos en relación con los objetivos. Capítulo V, Conclusiones y recomendaciones, que resume las conclusiones alcanzadas para cada objetivo y presenta referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Polanco (2016), en su Estudio Sedimentológico de las Formaciones del límite Cretácico Superior/Paleógeno Inferior en secciones de la cuenca Sagua de Tánamo; tiene como objetivo determinar las características sedimentológicas de las Formaciones a partir del análisis de facies sedimentarias, lo que permitió proponer un modelo de evolución paleoambiental; demostrando que las Formaciones Mícara y La Picota se acumularon bajo un régimen turbidítico, en zonas del talud y llanura abisal, asociadas a las partes planas de los abanicos submarinos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Valdivia et al. (2022), en su boletín Geología de la cuenca Mesozoica sedimentaria peruana occidental entre 13° 30' y 14° 30'; el cual tiene como uno de sus objetivos es establecer la procedencia sedimentaria del Cretácico de esta parte de la Cordillera Occidental; logrando describir su litología, distribución, edad, Límites, relaciones estratigráficas y espesor de la Formación Hualhuani, Formación Murco y Formación Arcurquina.

Palacios et al. (1995), en el Boletín N° 55 Geología del Perú, describió la estratigrafía del territorio peruano, detallando la composición litológica de las Formaciones pertenecientes al cretácico; además de describir diferentes episodios que han modelado el territorio peruano en base a la interpretación del registro rocoso, paleontológico y las estructuras que conforma; en el departamento de Cajamarca las series post-Albianas son arcillo-carbonatadas, comprendiendo varias transgresiones y regresiones.

Wilson (1984), en el Boletín N° 38, Geología de los Cuadrángulos de Jayanca (13-d) Incahuasi (13-e) Cutervo (13-f) Chiclayo (14-d) Chongoyape (14-e) Chota (14-f) Celendín (14-g) Pacasmayo (15-d) Chepen (15-e); con apoyo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), indica que el cretácico tanto superior e inferior aflora en el cuadrángulo de Chota; la Formación Inca, presenta un grosor de 150-250 m. de caliza con intercalaciones delgadas de lutitas; existe un contraste marcado entre los sedimentos claros estratificados en capas medianas a gruesas del Grupo Pulluicana y las calizas en capas delgadas de la Formación Pariatambo; la litología y la fauna del Grupo Pulluicana indican deposición en un mar somero. El contraste litológico con la Formación Pariatambo, infrayacente, sugiere que hubo una regresión del mar de corta duración, más o menos a fines del Albiano medio. La Formación Cajamarca está compuesta por 100 a 400 m. de caliza cuyos afloramientos principales se ubican en los cuadrángulos de Cutervo, Chota y Celendín.

2.1.3. Antecedentes Locales

Días (2023), en su investigación titulada Caracterización Estratigráfica y Paleoambiental de las Secuencias Sedimentarias del Cretácico Superior entre los Caseríos de Chetilla y Laguna Chamis, concluyó que las secuencias estratigráficas del Cretácico Superior se caracterizan porque sus estratos muestran un paso transicional entre ellas evidenciando una depositación en forma continua, después de realizar el análisis minucioso de las características litológicas, texturales y de ambiente de sedimentación de las secuencias sedimentarias del Cretácico superior.

Rodríguez (2022), en su tesis Caracterización Estratigráfica y Sedimentológica del Cretácico en el distrito La Encañada; se elaboraron Tres columnas litoestratigráficas levantadas de la Formación Pariatambo, Formación Chúlec-Formación Pariatambo, Formación Pulluicana con un total de 580 m acumulados donde se concluyó que los carbonatos de plataforma continental en el distrito La Encañada están compuestos en su mayoría por material esquelético y la geodinámica interna influyo mucho en la presencia de los diques y sills, los cuales están asociados a cuerpos plutónicos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Estratigrafía

La estratigrafía, derivada del latín *stratum* y del griego *graphia*, es la ciencia que describe los cuerpos rocosos que componen la corteza terrestre, organizándolos en unidades distintas, útiles y cartografiables. Estas unidades se basan en sus características para determinar su distribución y relaciones espaciales, así como su secuencia temporal, con el fin de interpretar la historia geológica (Reguant y Ortiz, 2001).

La estratigrafía es esencialmente el estudio de la historia de la Tierra tal y como ha quedado registrada hasta hoy en las rocas estratificadas. Es la ciencia que estudia la secuencia o sucesión de las capas o estratos que se han formado a través del tiempo geológico. La estratigrafía tiene dos bases fundamentales en el estudio de la secuencia: la de los fósiles que marca la edad relativa de las capas y de las facies que determina la naturaleza y el origen de los materiales. Gracias al desarrollo de la estratigrafía se puede datar ciertas capas o estratos por analogía con otras capas ya datadas (Dávila, 2011).

La Estratigrafía, entendida en un sentido amplio, trata no solo de la sucesión y relaciones cronológicas de los estratos, sino también de sus propiedades y atributos, de la interpretación de su ambiente de formación y de su historia geológica (Hedberg, 1980, como se citó en Aurell y Bádenas, 1997).

2.2.1.1. Principios de la Estratigrafía

La estratigrafía se fundamenta en principios básicos, a partir de los cuales se han desarrollado otros conceptos. Según Vera (1994), estos principios son los siguientes:

Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos. determina que los estratos en el momento de su depósito son horizontales y paralelos a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral.

Principio de la superposición. establece que en una sucesión de estratos los más bajos son los más antiguos y los más altos los más modernos. En la actualidad, este principio se usa con gran frecuencia, aunque apoyándose además en el uso de criterios de polaridad vertical, y constituye la base del levantamiento de secciones estratigráficas, técnica por otra parte fundamental en todo estudio estratigráfico.

Principio del uniformismo o actualismo. dice que los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes y semejantes a los actuales. El desarrollo de la teoría originaria lleva a su correcta aplicación como método de trabajo con algunas ligeras correcciones. Una primera es considerar que los procesos no son totalmente uniformes, sino que han cambiado en el ritmo e intensidad, y además en ellos hay un factor no repetible como es los organismos que han ido cambiando de manera lineal (no cíclica) de acuerdo con las pautas establecidas en la teoría de la evolución.

Principio de la simultaneidad de eventos. Consiste en aceptar que en la naturaleza ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales como los que vemos en la actualidad, pero además otros raros y eventuales que mayoritariamente coinciden con las grandes catástrofes.

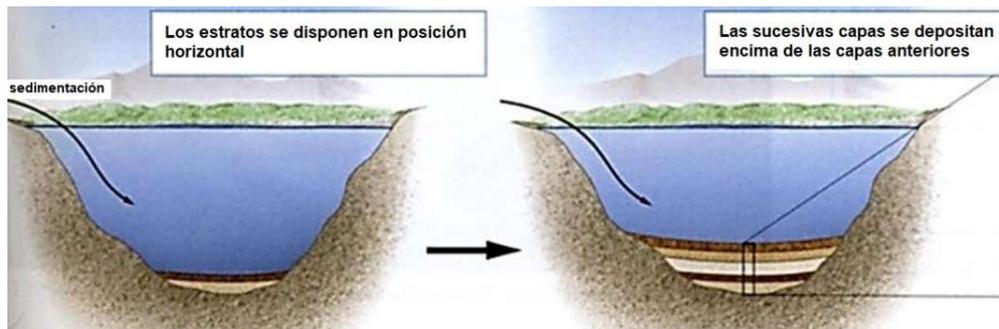


Figura 1. Principio de horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos. Fuente: Adaptado de Botella (2014); como se citó en Balcázar (2019).

2.2.2. Rocas Sedimentarias

Delleur (1945); llama sedimentos, o rocas sedimentarias, aquellos depósitos, o rocas, cuya formación se debe a la acción de agentes dinámicos externos; se les da también el nombre de rocas exógenas, por oposición a las endógenas, o rocas eruptivas. Las rocas sedimentarias son de origen secundario, es decir, que los materiales de que están compuestas provienen de la erosión de otras rocas preexistentes.

El número total de minerales registrados en las rocas sedimentarias es muy grande, puesto que casi cada mineral de origen ígneo o metamórfico puede tener una existencia transitoria en un sedimento. Sin embargo, los minerales más comunes y abundantes de las rocas sedimentarias son poco. Ellos son el cuarzo, feldespato, micas, calcita, dolomita y material arcilloso (Huang, 2009).

Boggs (2006); define las rocas sedimentarias como el resultado de procesos físicos, químicos y biológicos que provocan la acumulación, transporte y litificación de sedimentos. Estas rocas se caracterizan por su estratificación, presencia de fósiles, estructuras sedimentarias y por registrar la historia ambiental del planeta.

2.2.2.1. Rocas Calcáreas

Las rocas calcáreas son rocas sedimentarias, pertenecen al grupo de rocas no clásticas, están compuestas predominantemente por minerales de calcita, aragonito y dolomita (López, 2011). Están compuestas por material formado mayoritariamente en el mismo lugar donde se produce la acumulación final del sedimento, o próximo a él. Gran parte del sedimento se produce por procesos biológicos (Adams, Mackenzie y Guilford, 1997).

López (2011), menciona que la clasificación en rocas carbonáticas según Dunham (1962); se basa en la textura que domina la roca en el momento de la depositación; separando las calizas de acuerdo a si están soportadas por granos (>10% de granos o <10% de granos) o por lodo (menor a veinte micras 20 micras), relacionando esto con los niveles de energía.

El lodo carbonático es asociado con aguas quietas que permiten su precipitación, mientras los granos son comunes en aguas agitadas con suficiente energía para transportarlos. Mudstone: soportada por lodo carbonático (menos del 10% de granos). Su formación tiene implicaciones de aguas calmadas donde es escasa la producción de organismos. Wackestone: soportada por lodo carbonático (más de un 10% de granos). Es una mezcla de lodo carbonático y granos. Packstone: soportada por granos con poco contenido de lodo carbonático. Estas rocas son depositadas en aguas agitadas. Grainstone: soportada por granos que no contiene lodo. No tiene implicaciones hidráulicas, muchas son producto de una rápida producción local y acumulación de granos antes de que puedan ser contaminados por lodo.

Embry y Klovan (1971), proponen una clasificación textural de calizas incluyendo: Rudstone, calizas con textura de grano soportado, caracterizadas por clastos de más de 2 mm que superan el 10% del total; Floatstone, calizas con textura de matriz soportada, con clastos de más de 2 mm que superan el 10% del total; Boundstone, se distinguen tres tipos de bioconstrucción: Framestone, estructuras rígidas construidas por organismos; Bindstone, sedimentos incrustados y atrapados por organismos esqueléticos o no. Y Bafflestone, sedimentos atrapados por efecto pantalla, gracias a la acción de organismos.

Tabla 1. Clasificación de rocas y sedimentos calcáreos. Basada en Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971)

Textura Depositional Reconocible								Textura Depositional No Reconocible
Componentes Originales No Unidos Durante El Depósito				Componentes Originales Unidos Durante El Depósito				Caliza cristalina
Con matriz micrítica		Esqueleto grano-soportado, sin matriz	> 10% granos > 2 mm**		Boundstone			
Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado		Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	En grupos separados	Unidos entre sí	Formando una estructura rígida	
< 10% granos	> 10% granos							
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone***	Bafflestone	Bindstone	Framestone

*Incluye, entre otras: Caliza oolítica (Oolitic limestone). **Incluye, entre otras: Caliza oncolítica (Oncolitic limestone) y Caliza pisolítica (Pisolitic limestone). ***Incluye, entre otras: Lumaquela (Caliza lumaquélica, Coquina) (Lumachelle limestone, Coquina) y Caliza conchífera (Coquinoïd limestone).

Fuente: Tomado de Díaz de Neira Sánchez et al. (2019).

2.2.2.2. Rocas Intermedias

Las rocas intermedias son rocas sedimentarias híbridas que contienen proporciones variables de carbonato de calcio (CaCO_3) y fragmentos siliciclásticos; por ello estas no encajan completamente en la clasificación de rocas calcárea o rocas dentriticas, por lo que requieren una clasificación especial; por ello Vatan (1967), propone un triángulo de composición que identifica tres componentes principales: caliza, arenisca y arcillita. Para determinar el nombre específico de la roca debemos tener en cuenta la cantidad de la proporción de cada componente. Teruggi (1982), científico argentino, que incluyó por primera vez la nomenclatura correcta en español de los clastos, sedimentos.

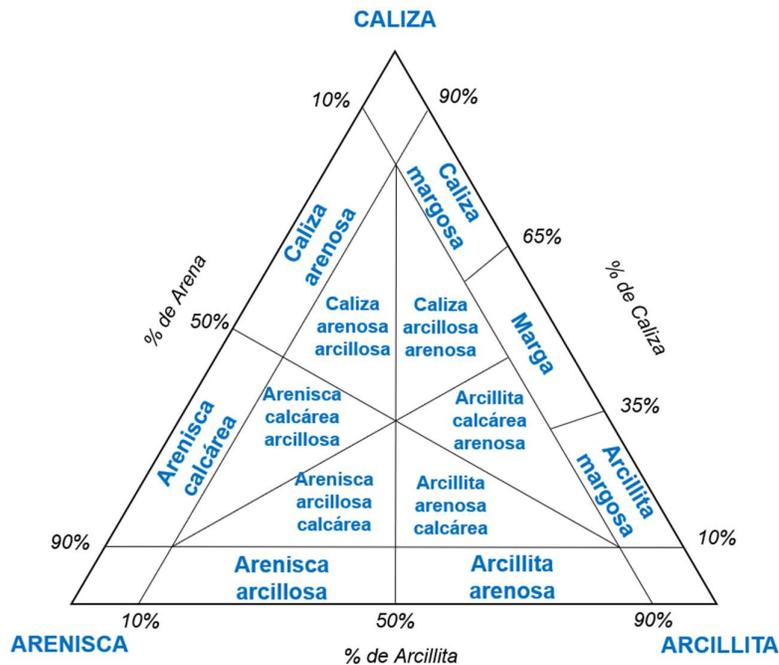


Figura 2. Clasificación simplificada para las rocas sedimentarias intermedias.
Fuente: Modificado de Vatan (1967), utilizando la nomenclatura de Teruggi (1982).

2.2.3. Estratificación

La estratificación es un fenómeno ligado a la sedimentación en lo cual los sedimentos se depositan en un medio sedimentario formando capas apiladas unas encima de las otras que se denominan estratos horizontales y que constituyen secuencias estratigráficas (Vera, 1994).

Boggs (2006); define la estratificación como la organización de los sedimentos en capas o estratos que reflejan variaciones en las condiciones de depósito a lo largo del tiempo geológico. Cada estrato representa una unidad con identidad temporal y ambiental propia, diferenciada por su textura, composición, color o estructuras internas, y separada por superficies de estratificación que marcan interrupciones en el régimen sedimentario, tales como cambios de energía, eventos erosivos o transiciones de facies. Asimismo, resalta que la geometría de los estratos (tabular, lenticular, acuñada) y sus asociaciones verticales rítmicas permiten inferir el tipo de ambiente deposicional y reconstruir la historia geológica regional.

INGEMMET (2001); señala que la estratificación permite establecer relaciones espaciales y temporales entre los estratos, siendo esencial para la interpretación geológica y la delimitación de unidades litoestratigráficas.

Pomar (2001); enfatiza que la geometría y la asociación de los estratos son claves para interpretar la dinámica sedimentaria y los procesos que modelaron el medio deposicional.

2.2.3.1. Superficies de Estratificación

Vera (1994); afirma que, en muchos afloramientos, las superficies de estratificación se observan con mayor claridad cuando hay diferencias litológicas entre capas sucesivas y cuando la erosión moderna ataca preferentemente a los materiales más blandos. Estas superficies pueden ser:

Netas, en algunos casos separan materiales con la misma litología encima y debajo, mientras que en otros casos separan estratos con diferente litología. Difusas, existe una franja paralela a la superficie de estratificación en la que tiene lugar el cambio gradual entre los dos términos litológicos o texturales. Desde una perspectiva geométrica, se pueden distinguir varios tipos de superficies de estratificación: Superficies Planas, Irregulares con un carácter erosivo marcado, con estructuras de corrientes, con pistas de organismos, con estructuras de carga, onduladas, bioturbadas, nodulosas (especialmente visible en el techo de ciertos bancos calizos).

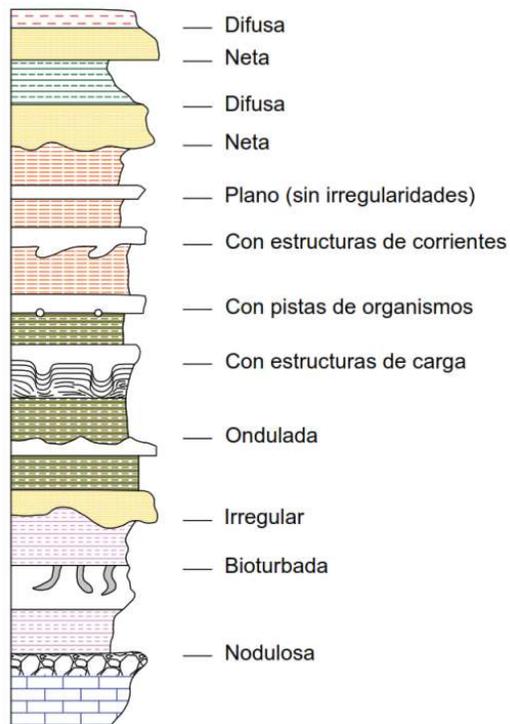


Figura 3. Tipos de superficies de estratificación.
Fuente: Adaptado de Vera (1994).

2.2.3.2. Geometría de los Estratos

Estudiando cada estrato de manera individual, se puede establecer una clasificación de tipos geométricos en función de la morfología del techo y del muro; Vera (1994) los clasifica en:

Estratos tabulares: Cuando las dos superficies de estratificación (techo y muro) son planas y paralelas entre sí. Estratos irregulares, con muro erosivo: Son estratos con gran extensión lateral, con un muro irregular y un techo plano, por lo que su espesor varía. Estratos acanalados: Con escasa extensión lateral y espesor muy variable, con una geometría interna semejante a la de la sección de un canal. Estratos en forma de cuña: Se trata de estratos limitados por superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida progresiva de espesor. Estratos lenticulares: Son discontinuos con el muro plano y el techo convexo. Una variante de estos son los estratos con forma biconvexa. Estratos ondulados: Se caracterizan por ser continuos con muro plano y techo ondulado, con estructuras de ripples de corrientes o de olas.

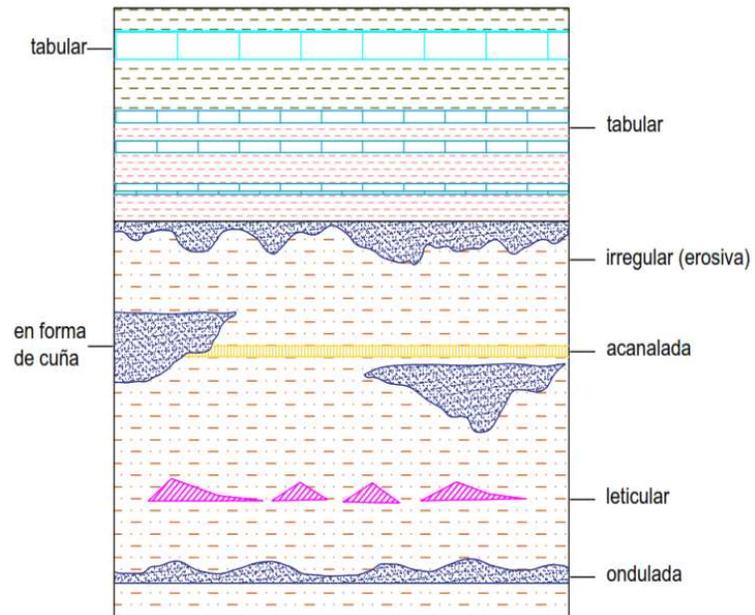


Figura 4. Clasificación básica de geometrías de estratos.
Fuente: Adaptado de Vera (1994).

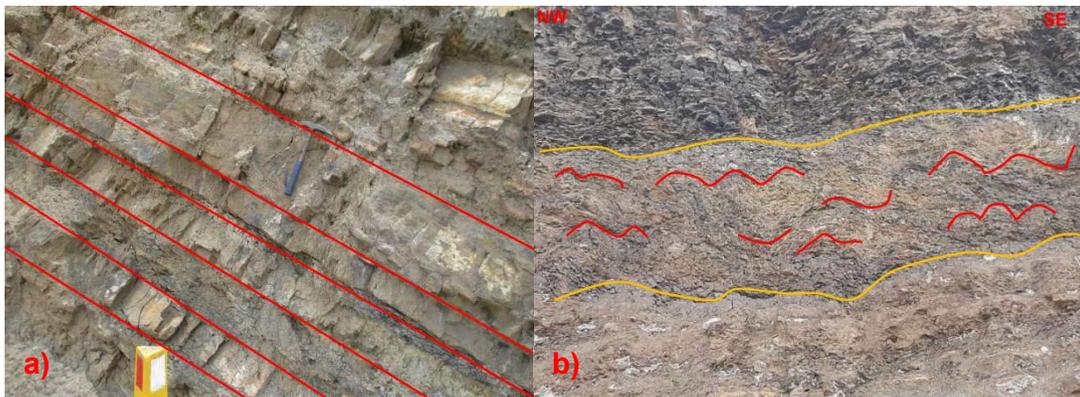


Figura 5. Visualización de geometría de estratos, a) Estratos tabulares en areniscas y b) Estratos ondulados en limolitas.
Fuente: Adaptado de Romero (2022).



Figura 6. Se puede apreciar un acuífamiento lateral en estratos de areniscas.
Fuente: Tomado de Serrano (2017).

2.2.3.3. Asociaciones de Estratos

Vera, (1994); realiza la clasificación en base a criterios de tipo descriptivo, que en gran parte representan diferentes tipos genéticos. Uniforme: Los espesores de los estratos sucesivos tienen todos ellos unos valores análogos. Aleatoria o de espesor variable: Los espesores de los diferentes estratos superpuestos son muy variables y no presentan ninguna ordenación definida. Estratocreciente: Los espesores tienen una ordenación en lotes de estratos con valores de espesores crecientes hacia el techo, dentro de cada lote. Estratodecreciente: Es el contrario del anterior, o sea, con disminución de los espesores de los estratos hacia el techo en cada lote. En haces: Los espesores de los estratos se distribuyen por lotes de estratos de espesores uniformes dentro de cada lote y diferentes entre lotes. Se pueden diferenciar los siguientes tipos: homogénea cuando los estratos sucesivos tienen la misma naturaleza, heterogénea cuando estos cambian de manera desordenada, rítmica cuando alternan ordenadamente dos tipos de litología y cíclica cuando el módulo que se repite es de más de dos litologías (Vera, 1994).

Concretamente tienen importancia para la interpretación genética las asociaciones de estratos en los que hay un dispositivo de espesor creciente hacia el techo al mismo tiempo que hay un aumento del tamaño medio de grano, de manera que hacia el techo dominan los niveles de grano más grueso. Igualmente, en la naturaleza son abundantes las ordenaciones en las que hacia el techo disminuyen simultáneamente el espesor de los estratos y el tamaño medio del grano de las rocas detríticas que los componen.

Otro aspecto complementario, pero también interesante en la interpretación genética, es el de la distribución de litologías y espesores en el caso de estratificaciones rítmicas y cíclicas. En el caso de estratificación rítmica, en la que alternan dos clases de litologías (a y b) se diferencian dos subtipos ($a > b$ y $b > a$) que generalmente pasan lateralmente uno al otro. En el caso de la estratificación cíclica, en la que alternan tres clases de litologías (a, b y c) con cambios laterales desde secciones donde $a > b > c$ a otras donde $a < b$ (Vera, 1994).

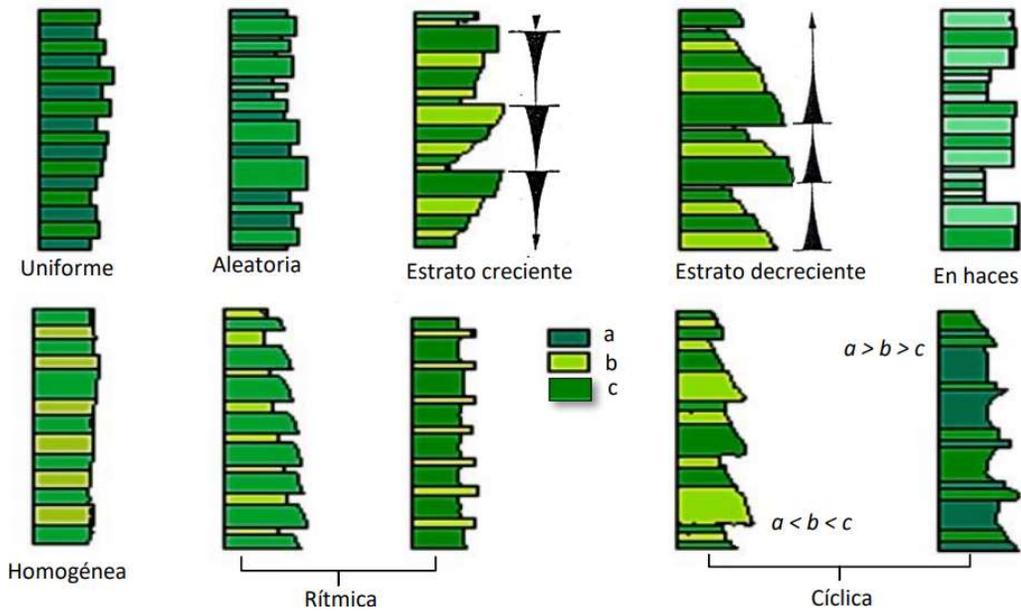


Figura 7. Clasificación de asociaciones de estratos. Los términos a, b y c corresponden a tres tipos litológicos, en los que a sería el término de mayor tamaño de grano o de mayor energía. Fuente: Adaptado de Vera (1994).

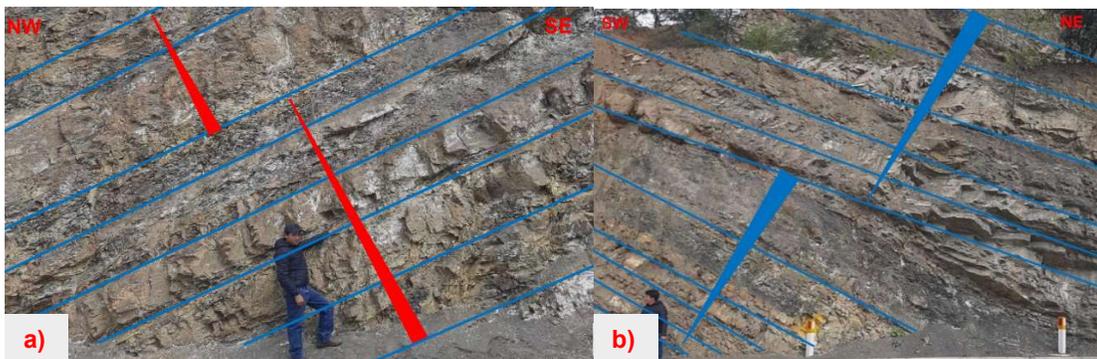


Figura 8. a) Visualización una secuencia estratodecreciente en areniscas y limolitas. b) Se visualiza secuencia de estratocreciente en areniscas y arcillolitas grises. Fuente: Adaptado de Romero (2022).

2.2.4. Estructuras Sedimentarias

Las estructuras sedimentarias se refieren a características de gran escala que suelen ser más visibles en afloramientos que en muestras pequeñas o cortes delgados. Estos rasgos son de mayor tamaño en las rocas y pueden tener un origen orgánico o inorgánico. Las estructuras inorgánicas se pueden clasificar en primarias y secundarias, dependiendo de si se formaron durante o después de la creación del estrato (Spikerman, 2010).

Una estructura sedimentaria es la organización que presentan las partículas que componen los sedimentos y las rocas sedimentarias debida a los procesos físicos (corrientes), químicos o biológicos (acción de organismos) que han interactuado con el sedimento en el momento de su formación. Una estructura sedimentaria nos habla de un proceso sedimentario concreto, mientras que el conjunto de estructuras, es decir de procesos, nos permite precisar cómo era el medio de sedimentación donde se formaron sus sedimentos precursores (Pérez, Aurell, y Bádenas, 2021).

Las estructuras sedimentarias nos permiten inferir cuáles fueron los mecanismos de transporte, las condiciones del flujo (turbulento o laminar, alta o baja energía, unidireccional o bidireccional), la dirección de migración de los sedimentos, las condiciones del sustrato, las condiciones paleoambientales, la polaridad de los estratos y la geometría (Ponce et al., 2018).

2.2.4.1. Estructuras de Ordenamiento Interno

Las estructuras de ordenamiento interno son rasgos físicos que se desarrollan durante la deposición de sedimentos y que reflejan las condiciones del flujo, el régimen de transporte y el medio de acumulación (Boggs, 2006). Estas estructuras comprenden:

La laminación, se presenta en rocas con un tamaño de fino a muy fino; y ocurre cuando los planos de estratificación están muy próximos entre sí, a una escala de milímetros, es una estructura sedimentaria que se puede producir en granulometrías que van desde arcillas hasta arenas gruesas; esta estructura se caracteriza por desarrollar una superficie plana y por presentar una tasa de transporte de sedimentos relativamente baja (Ponce et al., 2018).

La estratificación sesgada, agrupa a un conjunto de estratos de grano medio a fino que no presentan planos de estratificación paralelos sino cruzados y/o cóncavos, el origen se debe a una rápida erosión y o sedimentación continua, tanto en zonas de playa y en ambientes desérticos, se puede distinguir pequeñas discordancias (las capas no concuerdan) (Soto, 2005).

La estratificación lenticular se caracteriza por la presencia de lentes de arenisca delgados en una capa de lutita, y es una estructura casi exclusiva de las planicies de mareas y la estratificación flaser se caracteriza por tener estrechos estratos de arenisca separados por láminas de lutita que llenan las curvas cóncavas de las rizaduras, y es una estructura muy común en las planicies de mareas (Spikerman, 2010).

La estratificación gradada es cíclica y es característica de ciertos depósitos lacustres y marinos y además es típica de los ambientes con abundante aporte de material clástico poco seleccionado, quizás en forma de corrientes de turbidez. Puede aparecer también, pero en forma poco común, en depósitos fluviales donde ha ocurrido disminución de la velocidad de corriente; es indicadora de techo y base de un estrato, la granometría va disminuyendo generalmente hacia el techo del estrato (Spikerman, 2010).

La imbricación es el mecanismo por el cual los clastos orientan sus ejes mayores de manera paralela o perpendicular a la dirección del flujo, y adquieren una suave inclinación corriente arriba, dependiendo del medio en el que fueron transportados (Ponce et al., 2018). Asimismo, Spikerman (2010), define imbricación como la disposición natural de clastos alargados en un medio corrientoso; por los efectos de un flujo torrentoso.

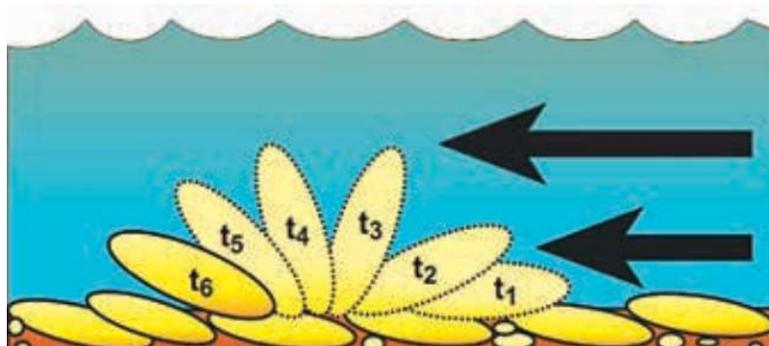


Figura 9. Esquema mostrando la disposición de los clastos imbricados. La dirección del flujo es de derecha a izquierda como indican las flechas negras. T1-6 indican el movimiento del clasto a través del tiempo.

Fuente: Tomado de Ponce et al. (2018).

Los Ripple Marks son estructuras sedimentarias que se originan cuando el viento o el agua agitan un sustrato no consolidado como la arena de cubetas poco profundas de agua, playas, originando una serie de ondulaciones perpendiculares a la dirección de la corriente del fluido (Harms, 1975, como se citó en Balcázar, 2019); también se puede observar cómo ondulaciones rítmicas de un sedimento dejada por el movimiento del agua o del viento (Spikerman, 2010).



Figura 10. Se muestra ripples de olas en el techo de un estrato.
Fuente: Tomado de Serrano (2017).

2.2.4.2. Estructuras Sobre la Superficie de Estratificación

Las estructuras en superficie de estratificación son rasgos que se forman después del depósito, cuando la superficie sedimentaria es modificada por organismos o procesos físicos (Boggs, 2006). Tenemos las siguientes estructuras:

Las marcas de resaca se tratan de marcas semiesféricas interconectadas que se forman cuando la ola retrocede, dejando un patrón de huellas superpuestas en la arena, conocidas también como marcas de oleaje y las marcas de erosión son marcas causadas por el flujo de corriente, donde forma una depresión asimétrica del lado donde proviene el flujo; se presentan generalmente en corrientes de turbidez marinas y lacustres. Las huellas de gotas de lluvia son microcráteres generados por el impacto de gotas de lluvia en el barro o sedimento fino, y las grietas de desecación se forman en sedimentos finos, limos o arcillas, como resultado de la pérdida de agua por desecación. Indican techo del estrato. Se forman por tensión superficial al secarse (Spikerman, 2010).



Figura 11. Presencia de grietas de desecación en sedimentos producto de erosión de las calizas margosas y arcillolitas de la Fm. Santa.
Fuente: Tomado de Romero (2022).

2.2.4.3. Estructuras de Deformación

Las estructuras de deformación se forman cuando los sedimentos aún están blandos, y pueden incluir estructuras de carga, laminación convoluta y deformaciones por escape de agua, siendo indicativas de una rápida acumulación y procesos inestables posteriores al depósito (Boggs, 2006).

Las estructuras de carga son estructuras irregulares que sobresalen de la base de un estrato (generalmente arenoso), con tamaños que van desde pocos milímetros hasta varios centímetros, pueden aparecer de forma aislada o en grupos compactos. Permiten determinar la polaridad del estrato y se forman por la acción de la gravedad sobre las diferencias de densidad entre las capas, lo que provoca el hundimiento de la arena en el fango más poroso (Ponce et al., 2018).

La génesis de las estructuras en almohadilla es semejante a la de las estructuras de carga; la diferencia radica en que en las estructuras de almohadilla hay ruptura de los estratos, llegando a formarse en algunos casos pseudonódulos, generalmente son planas o cóncavas hacia el techo y convexas hacia la parte inferior (Ponce et al., 2018).

Laminación convoluta es una estructura caracterizada por una sucesión de láminas contorsionadas y replegadas, que se desarrollan dentro de un estrato generalmente compuesto por arenas finas o limos. Asimismo, es más visible en sección que en planta, y es frecuente en depósitos turbidíticos, pero también se ha identificado en sedimentos de ambientes mareales, deltaicos y fluviales (Ponce et al., 2018).

Las estilolitas son la interpenetración de dos partes de una roca, generalmente calcárea, tienen el trazo de una sutura en forma columnar o dentada. Estas se originan por disolución diferencial a través de un plano de presiones. Se generan comúnmente en depósitos carbonáticos, por efecto de la presión se disuelve parte del carbonato que se desplaza y queda la fisura de disolución enriquecida en material limolítico como resto del material carbonático disuelto (Spikerman, 2010).

2.2.4.4. Estructuras Orgánicas

Las estructuras orgánicas incluyen marcas fósiles, trazas biogénicas y deformaciones en el sedimento causadas por organismos, ya sea durante su vida o por procesos postmortem; reflejan el comportamiento de los organismos y las condiciones del sustrato (Boggs, 2006). Los cuerpos arrecifales se tratan de asociaciones y concentraciones de organismos que habitan en aguas poco profundas. Estos organismos crean una estructura rígida al secretar carbonato de calcio, que utilizan para construir sus esqueletos y partes duras. Las trazas fósiles se refieren a las marcas, rastros o cavidades que quedan en los sedimentos debido al paso o la actividad de organismos.



Figura 12. Traza fósil negativa *Oxytropidoceras* en calizas negras a grises del flanco izquierdo del anticlinal ubicado en el distrito La Encañada. Fuente: Tomado de Rodríguez (2022).

2.2.4.5. Estructuras Químicas

Las estructuras sedimentarias químicas se generan como resultado de procesos químicos que modifican el sedimento, tales como la precipitación de minerales, la disolución parcial o la formación de concreciones (Boggs, 2006).

Las concreciones son cuerpos con formas aproximadamente esféricas que se encuentran en las rocas sedimentarias y se forman debido a la acumulación de sustancias químicas (como óxidos e hidróxidos de hierro o carbonatos) alrededor de un punto o área específica. Incluyen todas las formas de crecimiento químico centrífugo. Las más comunes son de naturaleza calcárea y, en menor medida, limolítica. Los nódulos tienen generalmente formas esféricas a subesféricas y se diferencian de las concreciones debido a que los nódulos desplazan el sedimento durante su formación (Spikerman, 2010).

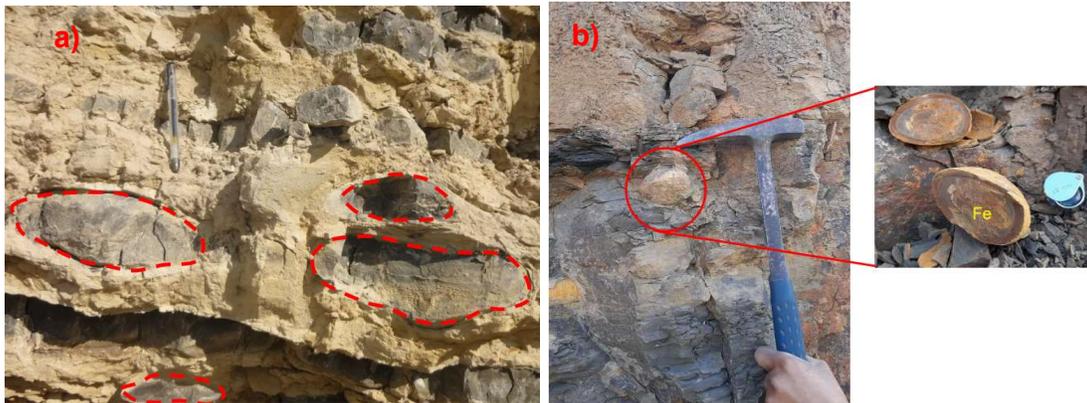


Figura 13. a) Concreción de calizas en la Fm. Pariatambo, intercalada con limolitas color pardo amarillento producto del intemperismo. b) Concreción de calizas altamente oxidadas y alteradas encontradas entre los estratos de arcillolitas.
Fuente: Adaptado de Romero (2022).

2.2.5. Ambientes Sedimentarios

Un ambiente sedimentario es un área tridimensional en la que los sedimentos se depositan de forma sistemática, reflejando un conjunto de condiciones físicas, biológicas y químicas específicas que controlan el tipo de sedimento, las estructuras y la distribución espacial de los depósitos (Boggs, 2006).

Para Allen (1982); los ambientes sedimentarios comprenden sistemas naturales donde los procesos de transporte y depósito del sedimento responden a la energía del medio, origen del material y dinámica interna del flujo.

2.2.5.1. Ambientes Continentales

En las zonas continentales emergidas, la erosión y la meteorización son los procesos dominantes, especialmente en áreas elevadas. Sin embargo, en ciertas regiones, la sedimentación puede ser significativa. Los contextos específicos incluyen abanicos aluviales, medios fluviales, lagos, desiertos y ambientes glaciares (Arche, 2010). La sedimentación ocurre por acción de ríos, lagos, viento o hielo; caracterizados por una alta variabilidad energética y climas diversos que determinan la litología y estructura de los depósitos (Boggs, 2006).

2.2.5.2. Ambientes Marinos

En los ambientes marinos, se distinguen dos categorías: someros y profundos. Los someros incluyen la plataforma continental, con sedimentación carbonatada y/or terrígena, y el ambiente arrecifal, caracterizado por bioconstrucciones de corales. Los profundos se dividen en el ambiente pelágico, con sedimentos autóctonos, y los abanicos submarinos, con sedimentos alóctonos depositados por corrientes de turbidez (Arche, 2010). Los ambientes marinos incluyen zonas desde el litoral hasta las profundidades oceánicas, donde los procesos dominantes son las olas, corrientes marinas y acción de mareas. La sedimentación depende de la energía del medio, la profundidad, la biota y la distancia a la costa (Boggs, 2006).

2.2.5.3. Ambientes Transicionales

Los ambientes transicionales comprenden sistemas como estuarios, deltas y llanuras intermareales, donde confluyen procesos continentales y marinos, generando depósitos con marcada heterogeneidad litológica y estructural (Arche, 2010). Se localizan en zonas intermedias entre continente y mar, combinan procesos marinos y continentales, generando facies complejas con alternancia de estructuras físicas y biogénicas (Boggs, 2006).

2.2.6. Columna Estratigráfica

Las columnas estratigráficas son representaciones de las variaciones verticales que presentan los cuerpos rocosos en un determinado sitio o región. La comparación entre columnas estratigráficas de diversos sitios o regiones permite conocer los cambios horizontales que presentan los cuerpos rocosos. Se obtienen a partir de: Tienen un carácter cronológico y un sentido reconstructivo sedimentológico (Caballero, 2012, como se citó en Balcázar, 2019).

2.2.6.1. Parámetros Sedimentológicos

Litología se determina según la granulometría, clasificándose en arenas, gravas, limos o arcillas. El color de las capas sedimentarias es característico según su litología, pero es variable y requiere verificación mediante observación y descripción de muestras. La textura se refiere a la disposición de los clastos dentro de una capa, usualmente descrita como matriz-soportante o clasto-soportante. Las estructuras sedimentarias revelan los procesos físicos que transportaron cada estrato. Las superficies erosivas son discontinuidades visibles entre capas de distinto grosor, con geometrías variadas, y es importante considerar los paleocorrientes y el contenido fósil.

2.2.6.2. Elaboración de una Columna Estratigráfica

Delimitar los espesores de los estratos a lo largo de un eje Y; la textura según la clasificación de Udden y Wentworth, (1979) y Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971) se coloca en un eje X (la variación según su granulometría aumenta de izquierda a derecha). Llenar litología con la simbología correspondiente de acuerdo a su granulometría, añadir superficies erosivas, estructuras sedimentarias las cuales se posicionan de acuerdo a la capa donde éstas se encuentren, rellenar los colores de cada capa donde afloran los sedimentos de acuerdo al código de colores. Agregar la interpretación de los datos de campo, esto implica determinar el origen del transporte y el medio por donde se transportaron los sedimentos en el pasado (Explorock, 2011).

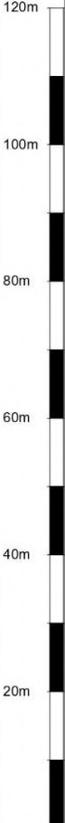
SISTEMA	EDAD	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	SECUENCIA	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	DESCRIPCIÓN
				<p style="text-align: center;">TEXTURA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <div style="text-align: center;">  <p>Clasificación de Dunham (1962)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Clasificación de Udden y Wernerth (1979)</p> </div> </div>			

Figura 14. Propuesta de Formato de columna estratigráfica.

SIMBOLOGÍA DE ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	
	Laminación Interna
	Nódulos
	Estructuras de carga
	Estilolitas
	Bivalvo
	Gasterópodo
	Amonite
	Equinodermo
	Granodecreciente
	Gotas de lluvia
	Grietas de disecación
	Geoda
	Lapiaz
	Superficie Nodulosa
	Estratificación lenticular
	Estratificación tabular

SIMBOLOGÍA LITOLÓGICA	
	Depósito Fluvial
	Arcillita Margosa
	Marga
	Caliza Mudstone
	Caliza Arenosa
	Caliza Wackestone
	Caliza Packstone

SIMBOLOGÍA DE SECUENCIAS			
	Secuencia Rítmica		Secuencia Negativa
	Secuencia Uniforme		Secuencia Positiva

Figura 15. Simbología de estructuras sedimentarias, litología de rocas sedimentarias y secuencias.

2.2.7. Unidades Litoestratigráficas

Son un conjunto de estratos en los que predomina una determinada litología o una determinada combinación, que se diferencia de las adyacentes. Están formadas por cualquier tipo de sedimento o roca sedimentaria, y también por cualquier roca ígnea o metamórfica que cumpla el principio de superposición de estratos. Los límites de una unidad litoestratigráfica deben tomarse en zonas donde haya un límite o cambio neto en la litología o del rasgo que define la unidad. Además, tiene la desventaja de que sus límites no coinciden con los límites cronoestratigráficos, es decir, la base o el tope de la unidad no tiene por qué tener necesariamente la misma edad. Otro problema es la corta extensión lateral, son de escala local y regional, debido a los cambios laterales de los medios sedimentarios, que provoca que no sean útiles para la correlación a gran escala. Aunque son útiles para la correlación a pequeña escala, por su fácil identificación tanto en superficie como en subsuelo (Navarrete, 2003).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Unidad Estratigráfica: Cuerpo rocoso definido como una entidad específica en la clasificación de las rocas terrestres, basándose en alguna de sus características o cualidades o en una combinación de varias de ellas. Las unidades estratigráficas basadas en una característica no tienen por qué coincidir con las basadas en otras (Reguant y Ortiz, 2001).

Estrato: Capa de roca caracterizada por unas características y cualidades propias que la distinguen de las capas adyacentes (Reguant y Ortiz, 2001).

Litoestratigrafía: Parte de la estratigrafía que trata de la descripción y nomenclatura de las rocas de la Tierra basándose en su litología y sus relaciones estratigráficas (Reguant y Ortiz, 2001).

Estructuras Sedimentarias: Es la disposición geométrica de los elementos que constituyen un sedimento, es consecuencia de los agentes geológicos y procesos con predominio de tipo físico, con menor influencia de los de tipo químico y biológico (Navarrete, 2003).

Ambientes Sedimentarios: Un ambiente sedimentario es el lugar de la superficie terrestre donde se realizan procesos sedimentarios que pueden individualizarse en zonas limitadas por sus características físicas, químicas y biológicas, las cuales determinan las propiedades del sedimento o roca sedimentaria (Reineck, 1975, como se citó en Romero, 2022).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada al NW de la ciudad de Chota, ubicada en la parte norte del territorio peruano, en la región de Cajamarca; en el cuadrángulo de Chota (14-f) con una extensión de 5.7 Km (PE-3N KM135+800 a KM141+500).

Tabla 2. Coordenadas UTM. DATUM WGS-84 del área de investigación.

Vértice	Longitud	Latitud	Vértice	Longitud	Latitud
1	750100	9274290	7	745250	9276250
2	749860	9274000	8	745500	9276580
3	749250	9274550	9	746750	9275600
4	748820	9274460	10	748750	9275250
5	748440	9274920	11	748940	9274850
6	746520	9275250	12	749400	9275090

3.1.2. Política

El área de investigación se encuentra ubicada políticamente en el distrito y provincia de Chota, departamento y región de Cajamarca.

Tabla 3. Ubicación política del área en estudio.

Distritos	Provincia	Departamento	Región
Lajas y Cochabamba	Chota	Cajamarca	Cajamarca

3.1.3. Accesibilidad

El acceso al tramo de investigación, es a través de la carretera 3N asfaltada, con pocos tramos de afirmado, trocha y pavimento rígido y básico; con una distancia de 157 kilómetros, un tiempo de 3 horas y 55 minutos en automóvil.

Tabla 4. Rutas de acceso a las áreas de investigación.

Tramo	Longitud (Km)	Tiempo
Cajamarca - Chota	144	3 h 26 min
Chota - Lajas	12.2	25 min
Lajas – Área de Investigación	1	5 min
TOTAL	157	3 h 55 min

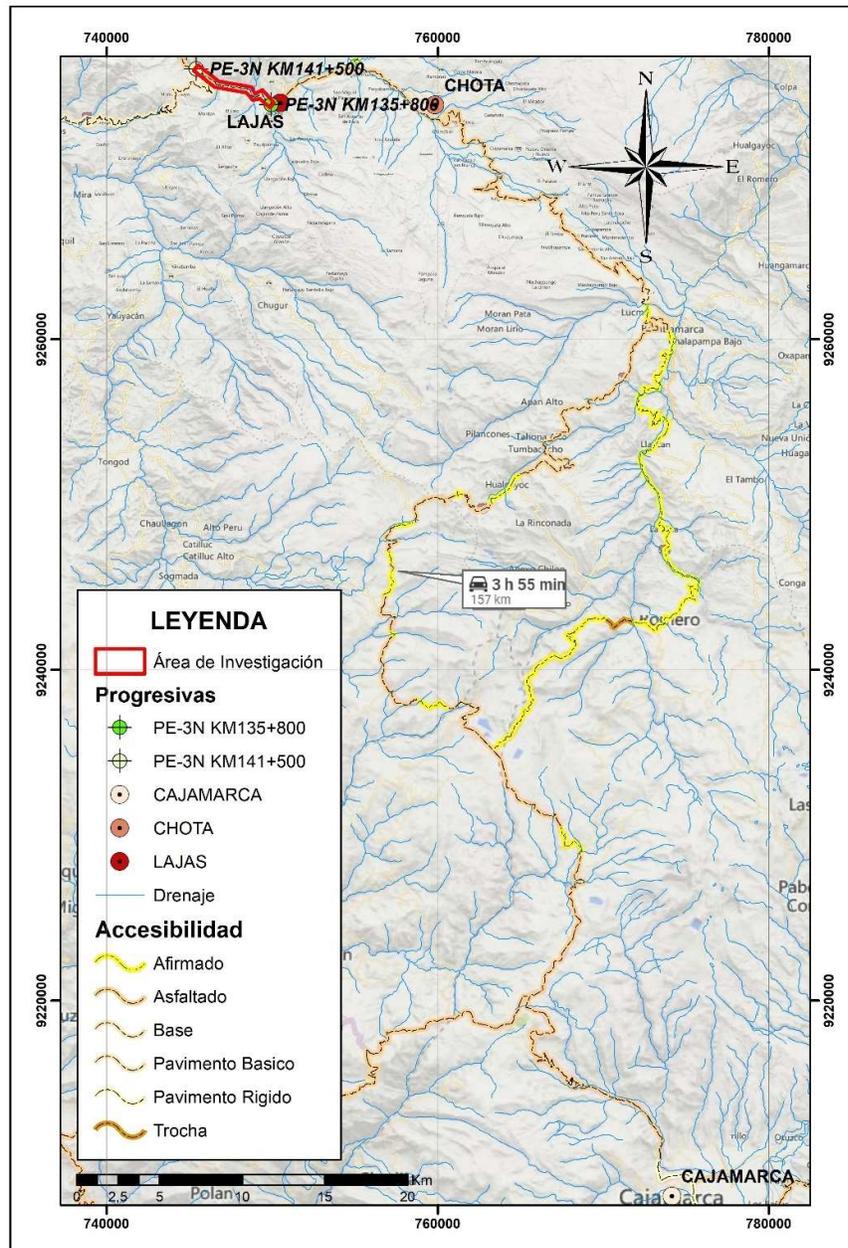


Figura 16. Accesibilidad al área de investigación.
Fuente: Adaptado de Bing Maps – roads SAS.Planet (2024).

3.2. PROCEDIMIENTOS

Etapa I: Recopilación de información bibliográfica, para los antecedentes y marco teórico, documentos digitales como libros, artículos científicos y estudios relacionados a la línea de investigación.

Etapa II: Trabajo De Campo, donde se reconoció y delimitó el área de investigación, asimismo se obtuvo la data mediante visitas a campo, donde se recolectó datos tales como: descripción litológica considerando la clasificación de Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971), y Vatan (1967) utilizando la nomenclatura de Teruggi (1982); estructuras sedimentarias; fósiles (considerando el Boletín N°17 Fauna y Flora Fósil del Perú publicado por el INGEMMET en el año 1995); facies sedimentarias y la medición de espesor de estratos con el flexómetro.

Etapa III: Trabajo De Gabinete, utilizó la data obtenida en campo (litología, textura, estructuras sedimentarias y espesor de estratos), para el procesamiento de datos (levantamiento de columnas estratigráficas, planos geológicos, topográficos, imagen satelital, mediante ArcGIS 10.5 y AutoCAD 2025) e interpretación de la Caracterización Estratigráfica del Cretácico.

3.2.1. Metodología

Según el nivel: Descriptiva, porque pretende identificar las capas, espesor, composición, textura y estructuras sedimentarias. Analítica, porque se va analizar el ambiente de formación. Explicativa, porque trata de dar a entender la caracterización estratigráfica del Cretácico.

Según diseño: No experimental o de campo, nos basamos en la observación directa y recolección de datos en el entorno natural, sin manipular las condiciones o variables.

Según su naturaleza o modo: Cualitativo, porque se realiza un análisis visual de las rocas para identificar su litología, colores, texturas y estructuras sedimentarias.

Cuantitativo porque se basa en el estudio y análisis del Cretácico a través de diferentes procedimientos basados en la medición de estratos.

Según la finalidad: Aplicativa, ya que buscamos la aplicación de los conocimientos adquiridos (estructuras sedimentarias, litología) para realizar la Caracterización Estratigráfica Del Cretácico.

Según el período: Transversal en tiempo porque analizamos la Caracterización Estratigráfica del Cretácico en el tramo de la carretera PE-3N Km135+800 a Km141+500 en los distritos de Cochabamba y Lajas, 2025.

Tabla 5. Clasificación y tipos de investigación

CLASIFICACIÓN	TIPOS DE INVESTIGACIÓN
Según el nivel	Descriptiva/ explicativa/ analítica
Según el diseño	No experimental/ de campo
Según su naturaleza o modo	Cualitativo / cuantitativo
Según la finalidad	Aplicada (tecnológica)
Según el período	Transversal en el tiempo

Fuente: Modificado de Supo (2016).

3.2.1.1. Población de Estudio

Los Afloramientos Cretácicos correspondiente al corte de carretera Km135+800 a Km141+500 (5.7Km) en los Distritos de Lajas y Cochabamba, provincia de Chota.

3.2.1.2. Muestra

La muestra está conformada por las Unidades Litoestratigráficas presentes en el área de investigación: Formación Inca, Formación Chúlec, Formación Pariatambo, Grupo Pulluicana, Grupo Quilquiñán y Formación Cajamarca; estas se analizaron mediante la toma de datos de características litológicas y estratigráficas.

3.2.1.3. Unidad de Análisis

El presente estudio tiene como unidad de análisis aspectos clave como la litología, textura y estructuras sedimentarias, fósiles, espesor de estratos y ambiente de formación, para poder comprender los procesos sedimentarios de las unidades litoestratigráficas.

3.2.2. Identificación de Variables

Las variables de la investigación se han determinado según su relación de causa y efecto. Como variables independientes se encuentran la litología, las estructuras sedimentarias y las columnas estratigráficas, mientras que la variable dependiente es la caracterización estratigráfica.

Tabla 6. Variables Independientes y Variables Dependientes.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Litología	
Estructuras Sedimentarias	Caracterización Estratigráfica
Columnas Estratigráficas	

3.2.3. Técnicas

Las técnicas que se emplearon en la investigación son: Análisis Documental, recopilación de información documental acerca de caracterización estratigráfica del cretácico. Observación Directa, se realizaron visitas a campo. Cartografiado Geológico, para identificar contactos, afloramientos, fallas. Descripción macroscópica de rocas sedimentarias, con ayuda de tablas de clasificación rocas carbonatadas e intermedias. Identificación de estructuras sedimentarias, fósiles, medición de estratos, toma de medidas de rumbo y buzamiento. Tomas Fotográficas. En cada estación estratigráfica, para su descripción correspondiente. Elaboración de columnas estratigráficas, plasmando todos los datos obtenidos en campo. Análisis e interpretación de datos, que se procesará mediante ArcGIS 10.5, AutoCAD 2025, Google Earth, SASPlanet y Global Mapper 18.

3.2.4. Instrumentos y Equipos

Los instrumentos que se van a utilizar son: tablas de Clasificación de textura depositacional en rocas carbonáticas modificado de Dunham (1962) y Embrie y Klován (1971); y Clasificación de rocas intermedias según Vatan (1967) utilizando la nomenclatura de Teruggi (1982); además se ha propuesto un modelo de Formato de columna estratigráfica, empleando métodos directos. Plano Topográfico (para cartografiado), Plano Geológico (identificación de litologías, rumbos y buzamientos). Imágenes Satelitales, identificar afloramientos.

Los equipos que se utilizaron en campo son: GPS Garmin, Brújula tipo Brunton para realizar la toma de rumbos y buzamientos de planos de estratificación. Picota del geólogo para obtener las muestras de rocas y fósiles. HCl diluido: para determinar la presencia de carbonato de calcio. Protactor a escala 1/20000 para realizar apuntes en los planos. Flexómetro de 3-5 m y Wincha 20 m: para la medición de estratos. Libreta de campo: para realizar las anotaciones de las salidas a campo. Lupa 30X (30 aumentos): para realizar una descripción macroscópica de rocas. Cámara fotográfica digital (50mp). Lápiz de dureza (Rayador). Y equipos que se utilizaron en gabinete: Laptop, para la redacción, búsqueda bibliográfica, elaboración de planos y el informe final del presente trabajo de investigación. Impresora, permitió la impresión de los trabajos digitalizados, además de contar con útiles de escritorio como papel, lápiz, colores, plumones.

3.3. GEOLOGÍA LOCAL

En los distritos de Lajas y Cochabamba afloran rocas del Cretácico; de las cuales nos centraremos en estudiar las Unidades litoestratigráficas: Formación Inca, Formación Chúlec, Formación Pariatambo, Grupo Pulluicana, Grupo Quilquiñán y Formación Cajamarca. En la figura 17, se identificaron todas las Unidades Litoestratigráficas del cuadrángulo de Chota– Hoja 14f, las unidades que están dentro del rectángulo rojo son las que estudiaremos y describiremos a continuación.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD (Ma)	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS				
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Depósito fluvial	Q-fl	Gravas con clastos redondeados envueltos en una matriz arenosa, con pequeños lentes arenosos. Formando el cauce de los ríos		
				Depósito aluvial	Qh-al	Acumulaciones de cantos, gravas, arenas redondeadas a subredondeadas en una matriz arenolimosas, formando terrazas en las márgenes de los ríos		
		PLEISTOCENO	0.61					
		PLIOCENO	2.58					
		MIOCENO	5.33					
	PALEOCENO	NEOCENO		23.03	Formación Huambos	Nm-huam	Tobas y brechas dacíticas, con fragmentos de pómez, presenta niveles de tobas andesíticas rojizas. Estratos medios a gruesos bien estratificados	
					Formación Porculla	Po-po	Flujos dacíticos intercalados con derrames andesíticos. Estratos medianos a gruesos pobremente estratificados	
					Formación Llama	P-ll	Conglomerados, clastos de cuarcita, caliza y volcánicos, de color rojizo, intercalados con tobas andesíticas moradas o violáceas	
					Formación Chota	KsP-cho	Conglomerados intercalados con tobas grises verdosas	
					Formación Celendín	Ks-ce	Calizas nodulares arcillosa crema oscura a marrón, intercaladas con lutitas y margas grises	
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR		Formación Cajamarca	Ks-ca	Calizas grisáceas o blanquecinas con estratificación regular y uniforme. Espesor aproximado de 200 m		
				Grupo Quilquiñán	Ks-qu	Lutitas friables gris oscuras a negras y niveles de margas gris azuladas, intercaladas con delgadas niveles de calizas		
				Grupo Pullucana	Ks-pu	Intercalación de calizas grises, lutitas friables gris oscuras a negras y niveles de margas		
				Formación Pariatambo	Ki-pt	Calizas negras, bituminosas, con olor fétido intercalada con delgadas niveles de lutitas negras		
				Formación Inca, Chulec, Pariatambo	Ki-chu	Lutitas grises, margas amarillentas y calizas lutáceas delgadas y nodulares marrones crema		
		INFERIOR				Formación Inca	Ki-i	Caliza masiva arenosa, brechas calcáreas, areniscas y lutitas ferruginosas en capas delgadas intercaladas con caliza impura
						Formación Farrat	Ki-f	Areniscas, cuarcitas blanquecinas y marrones bien estratificadas en capas medianas e intercaladas con horizontes de lutitas grises marrones y rosadas
						Formación Carhuaz	Ki-ca	Lutitas arenosas pardo rojizas, intercaladas con limonitas marrones rojizas y lechos de cuarcita pardo grisácea y ocasionalmente capaz de calizas grises de grano fino
						Grupo Goyllarisquiza	Ki-g	

Figura 17. Unidades Litoestratigráficas del cuadrángulo de Chota – Hoja 14f.
Fuente: Adaptado de INGEMMET, (2016).

3.3.1. Formación Inca

Esta Formación posee un color amarillento por intemperismo, predominante en el área, compuesta por rocas intermedias con presencias de carbonatos calizas arenosas con arcillitas margosas, calizas intercaladas con margas que contienen óxidos de hierro. Presenta estructuras sedimentarias como laminación interna, estructuras de carga, estructuras orgánicas, gotas de lluvia, perteneciente a un mar de poca profundidad con un aparente paso transicional; esta formación cuenta con 111m.

3.3.2. Formación Chulec

Consiste en estratos con coloración pardo amarillento en margas con intercalación de arcillitas margosas y calizas, se identificaron estructuras sedimentarias orgánicas, como fósiles de bivalvos en estratos de caliza. Además, se observó superficies de estratificación nodulosa y estratificación tabular, consta de 200m de espesor.

3.3.3. Formación Pariatambo

Está representada por estratos delgadas de calizas bituminosas con olores fétidos con coloraciones grises a negruzcas intercaladas con arcillita margosa y marga; se observó estratificación planar y lenticular; consta de 163m de espesor.

3.3.4. Grupo Pulluicana

El Grupo Pulluicana se trabajó como una sola unidad litoestratigráfica, ya que no se evidencio la división de las Formaciones que lo componen; litológicamente consiste en estratos predominante de calizas intercaladas con margas amarillentas con abundantes fósiles y arcillitas margosas, se observó en margas laminación interna, grietas de desecación, superficie de estratificación nodular; consta de 440m.

3.3.5. Grupo Quilquiñán

En el área de investigación se presenta como una sola unidad litoestratigráfica con 187m; conformada arcillita margosa con estratos delgados de caliza margosa nodular secuencias de margas y arcillita margosa; presenta superficie de estratificación neta y planar en estratos de caliza, las arcillitas margosas presentan laminación interna; por ellos sugerimos que se encuentra en un mar somero con aportes terrígenos; esta formación cuenta con 187m.

3.3.6. Formación Cajamarca

Consiste principalmente en estratos de gran espesor de caliza con textura mudstone color claro, intercalados con estratos delgados de arcillitas margosa, margas con presencia de fósiles equinodermos y bivalvos; con estructuras sedimentarias químicas como las estilolitas, geodas y lapiaces; lo anterior indica un ambiente de formación marino profundo, caracterizado por baja energía y mínima influencia clástica; esta formación cuenta con 178m.

3.3.7. Depósitos Fluviales

Están ubicados en los márgenes del río Chotano, está compuesto por aglomerados de sedimentos de gravas, arenas, arcillas transportadas por la corriente.

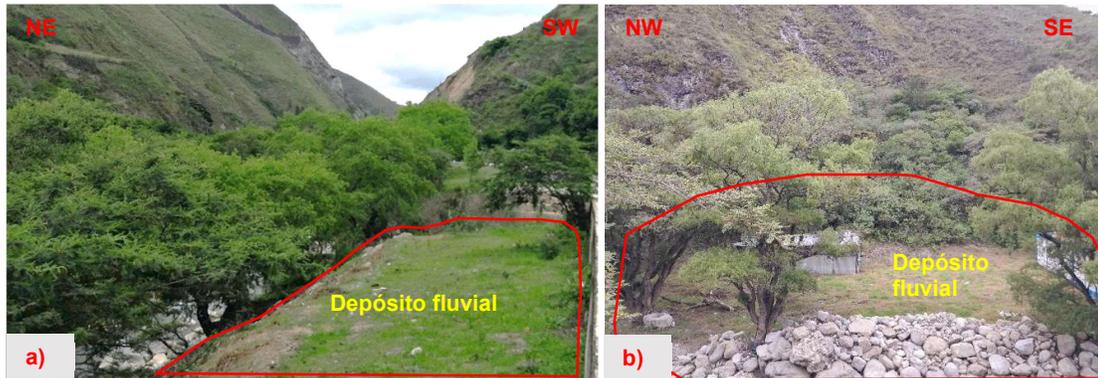


Figura 18. En el apartado a y b se observa los depósitos fluviales correspondientes al cuaternario, colindantes al área de estudio.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. FORMACIÓN INCA

4.1.1. Características Litológicas

La Formación Inca está compuesta rocas intermedias y carbonatadas entre ellas se encontraron: arcillitas margosas, margas, calizas arenosas, y estratos caliza con textura packstone.

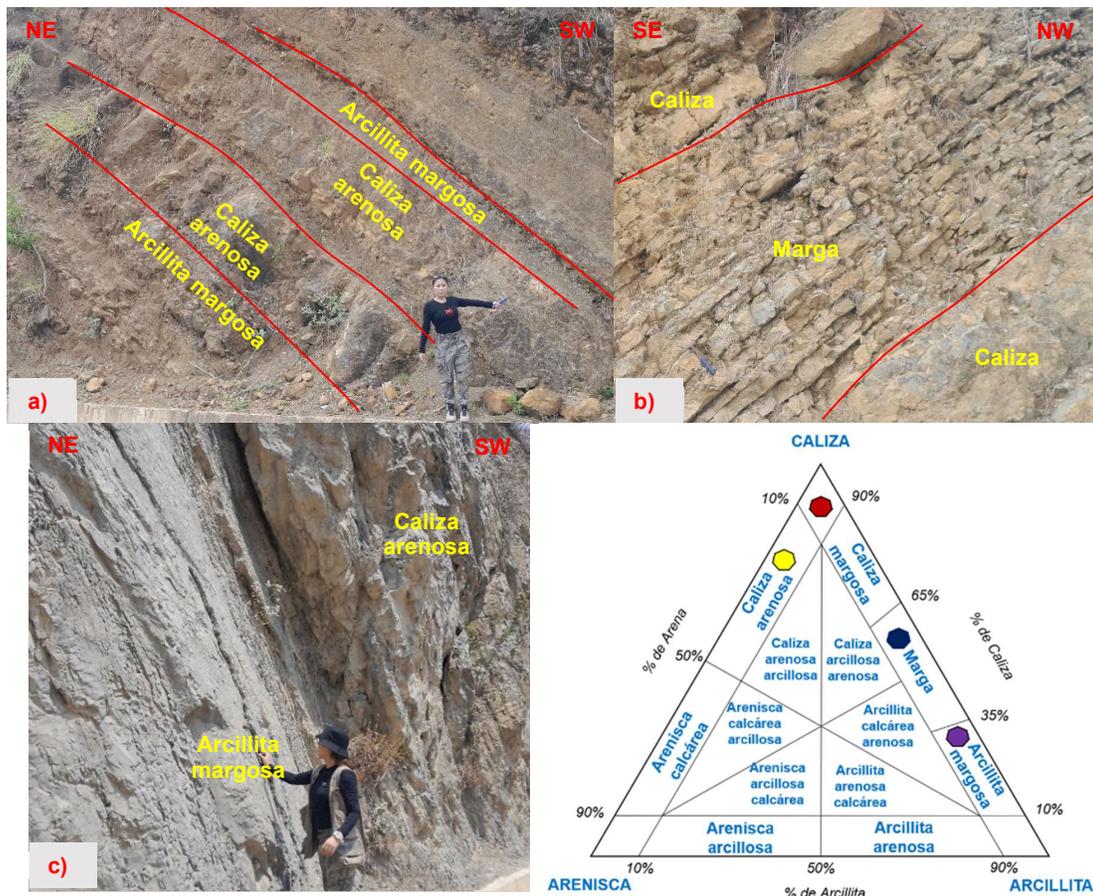
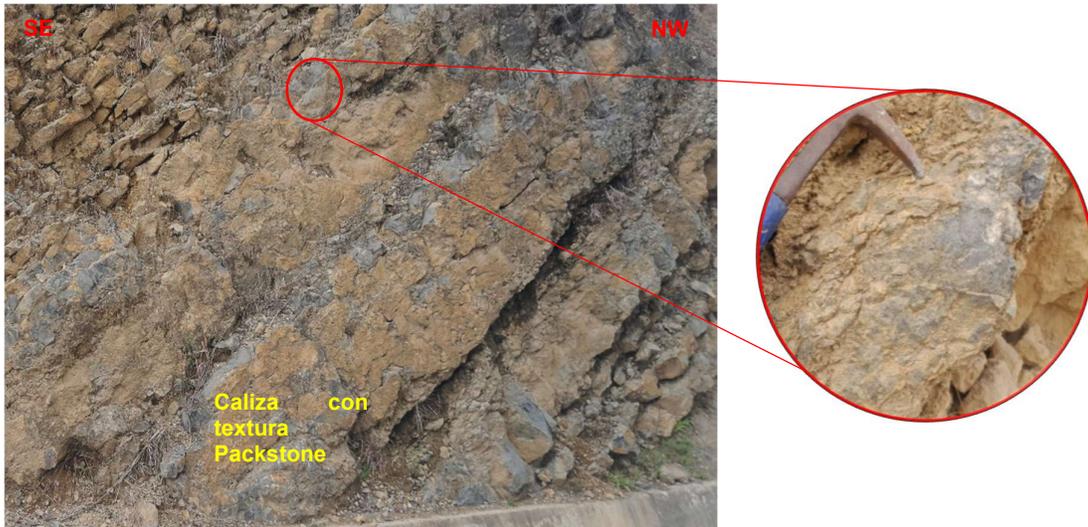


Figura 19. a) Afloramiento de arcillitas margosas intercaladas con calizas arenosas (N:9275919, E:745965, C:2102msnm). b) Estratos delgados de marga intercalados con caliza (N:9276148, E:745673, C:2093msnm). c) Contacto de estratos de arcillita margosa con caliza arenosa (N:9276230, E:745572, C:2094); se utilizó la clasificación simplificada para las rocas sedimentarias intermedias de Vatan (1967), utilizando la nomenclatura de Teruggi (1982).



Textura Depositional Reconocible								Textura Depositional No Reconocible	
Componentes Originales No Unidos Durante El Depósito				Componentes Originales Unidos Durante El Depósito					
Con matriz micrítica		Esqueleto grano-soportado, sin matriz	> 10% granos > 2 mm**		Boundstone				
Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado		Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	En grupos separados	Unidos entre si	Formando una estructura rígida	Caliza cristalina	
< 10% granos	> 10% granos								
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone***	Bafflestone	Bindstone	Framestone	

Figura 20. Muestra estratos de calizas, texturalmente se clasifica como Packstone según la clasificación de rocas calcáreas de Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971). (N:9276148, E:745673, C:2093msnm).

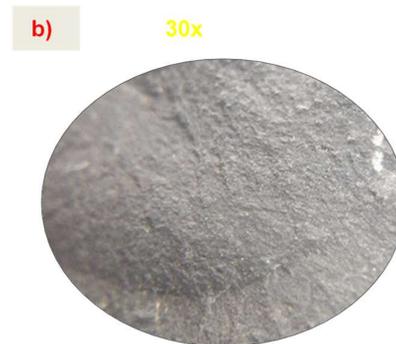
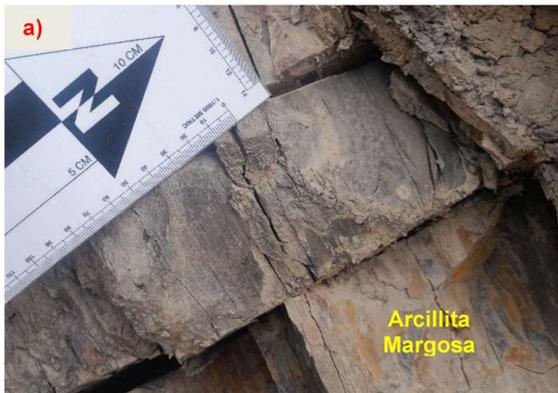


Figura 21. a) Estrato de arcillita margosa, la cual se realizó la denominación mediante la clasificación de Vatan (1967) de rocas intermedias. b) Vista en lupa 30x. (N:9276247, E:745549, C:2096msnm).

4.1.2. Características Estratigráficas

Se observan estructuras sedimentarias como laminación interna, estructuras de carga, estructuras orgánicas como icnofósiles, incluyendo moldes internos y externos de bivalvos, amonites y gasterópodos. Además, se presentan contactos nodulosos, superficies de estratificación neta planar, estructuras post-depositacionales como gotas de lluvia en bancos.

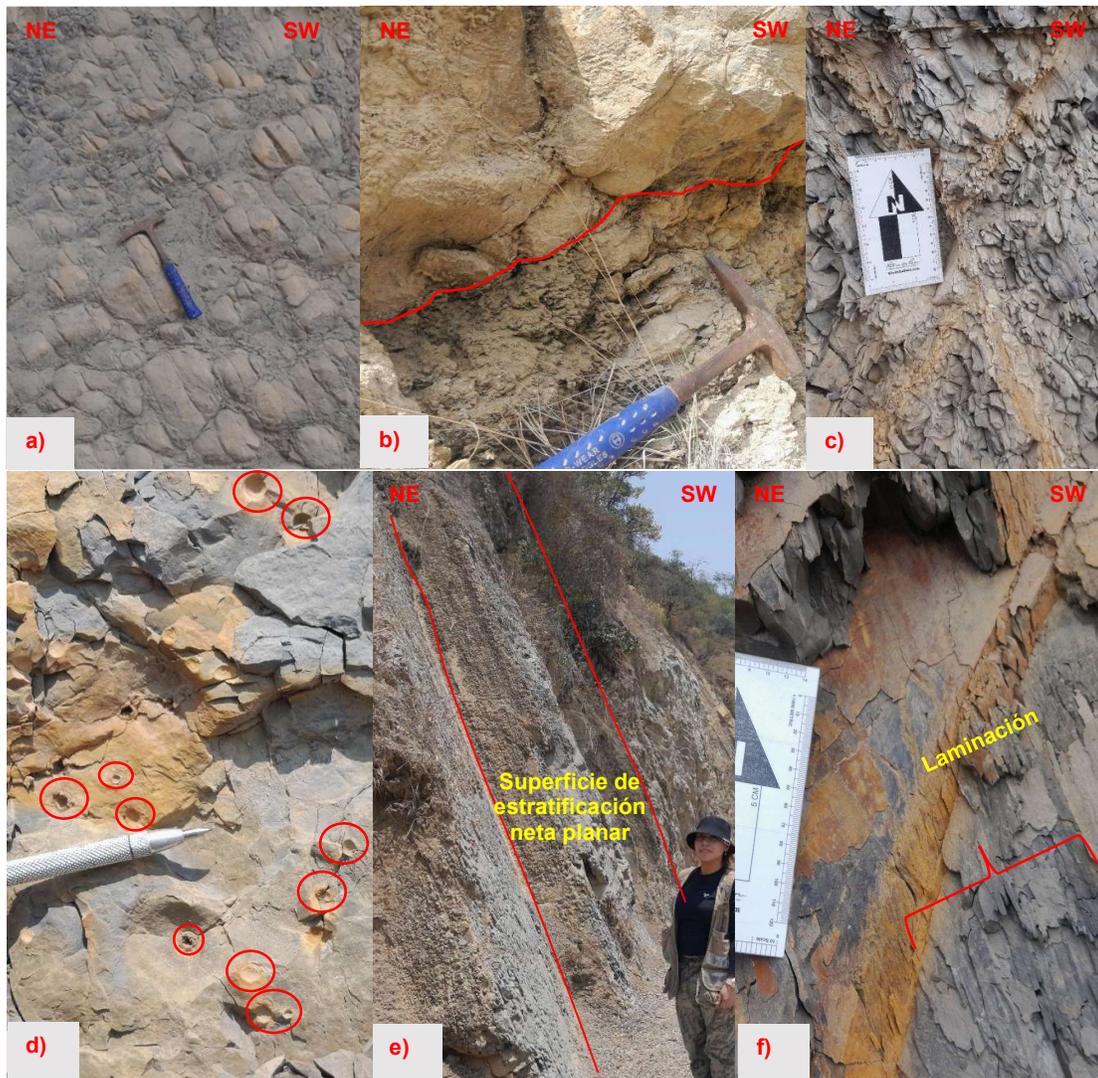


Figura 22. a) Estructuras de carga presente en margas (N: 9276350, E: 745451, C: 2071msnm). b) Contacto nodular entre calizas (N:9276175, E:745658, C: 2088msnm). c) Marga con venillas de calcita y óxidos de hierro. (N: 9276259, E:745542, C:2093msnm). d) Marcas de gotas de lluvia. e) Superficie de estratificación neta planar (N:9276215, E:745602, C:2090msnm). f) Laminación interna (N:9276322, E:745504, C:2075msnm).

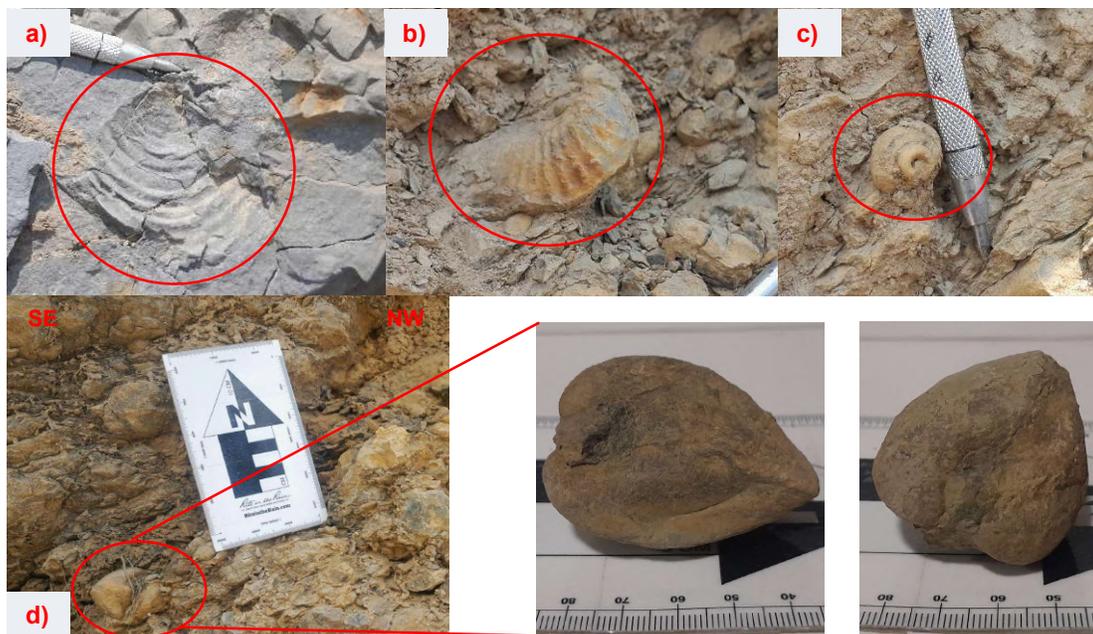


Figura 23. a) Molde externo de un Bivalvo *Pllgiostoma sp* (N:9276211, E:745611, C:2089msnm). b) Molde interno de un amonites del género *Parahoplites Lyelfreert/S lyelli* (N:9276169, E:745662, C:2088msnm). c) Molde interno de *Tylostoma cf. T. whitei*, un Gasterópodo del periodo Cretácico, según (Romero et al., 1995) (N:9276176, E:745651, C:2087msnm). d) Fósil in situ y sus dos vistas pertenecientes a *Buchotriconia abrupta Triconia* según (Wilson, 1984) (N:9276145, E:745675, C:2094msnm).

4.1.3. Ambiente de Sedimentación

Esta formación presenta una variación de aportes terrígenos con sedimentación carbonatada, en condiciones de alta y baja energía; la laminación interna sugiere deposición en un ambiente de baja energía, las estructuras de carga en margas indican una rápida deposición de sedimentos sobre sedimentos más blandos. Los fósiles nos sugieren presencia de actividad biológica, mientras que las marcas de gotas de lluvia sugieren exposición temporal, lo que indica un ambiente de sedimentación marino somero.

4.2. FORMACIÓN CHÚLEC

4.2.1. Características Litológicas

La Formación Chúlec compuesta por estratos con coloración pardo amarillento en margas con intercalación de arcillitas margosas y calizas.

Las calizas se clasificaron texturalmente como packstone y wackestone. Presenta estratos con abundantes fósiles bivalvos en contacto con margas en estratos delgados y con superficies nodulares. Se utilizó la clasificación de Vatan (1967) para rocas intermedias, y la clasificación de Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971) para las texturas de las calizas.

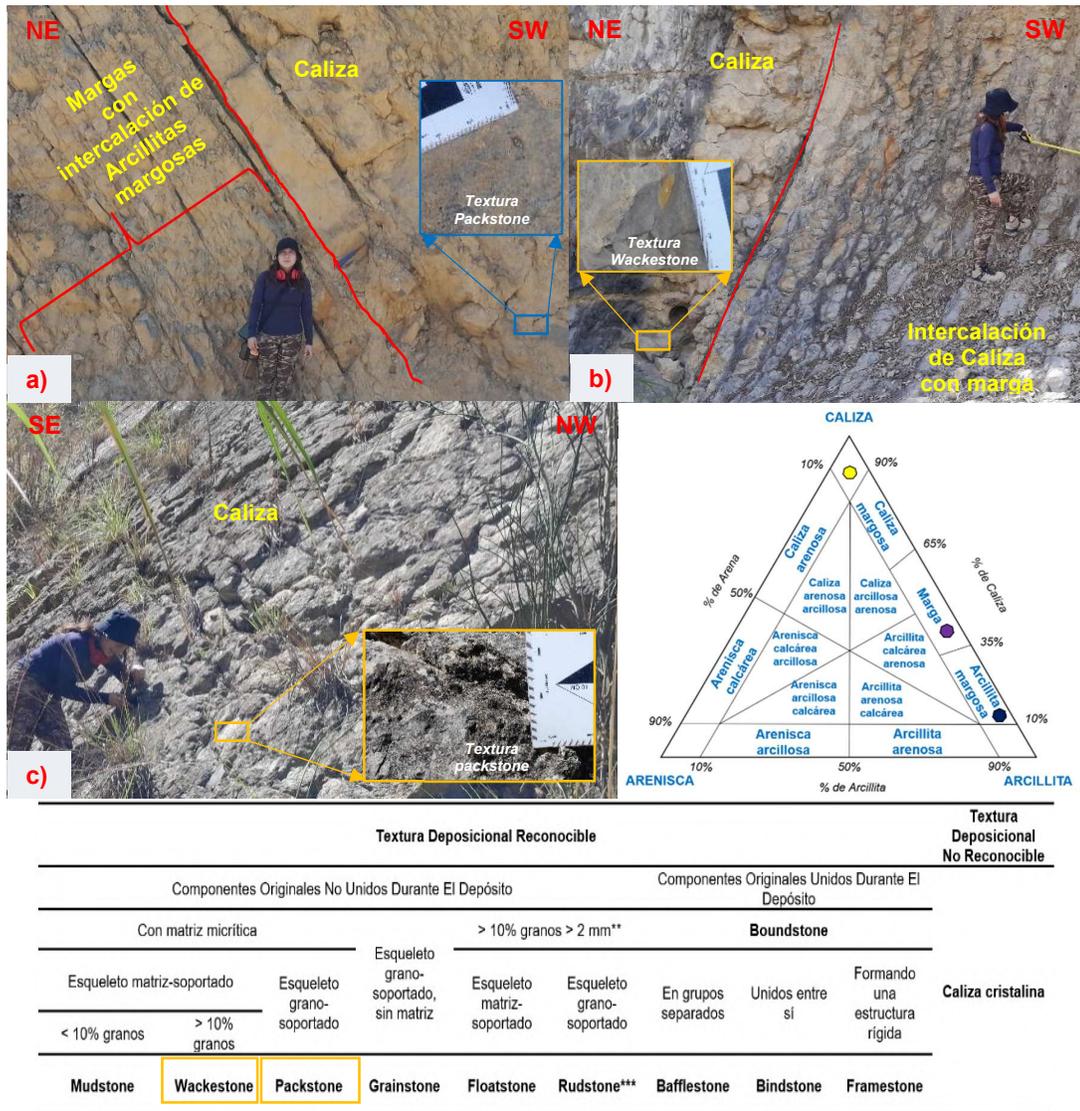


Figura 24. a) Intercalación de estratos tabulares caliza con marga, con el típico color amarillento terroso de la Formación (N:9275409, E:746668, C:2078msnm). b) Afloramiento de estratos de caliza con intercalación de estratos delgados de marga (N:9275334, E:746916, C:2080msnm). c) Estratos de caliza packstone con presencia de fósiles (N:9275326, E:746970, C:2085msnm).

4.2.2. Características Estratigráficas

Se identificaron estructuras sedimentarias orgánicas, como fósiles de bivalvos en estratos de caliza. Además, se observó superficies de estratificación nodulosa y estratificación tabular.

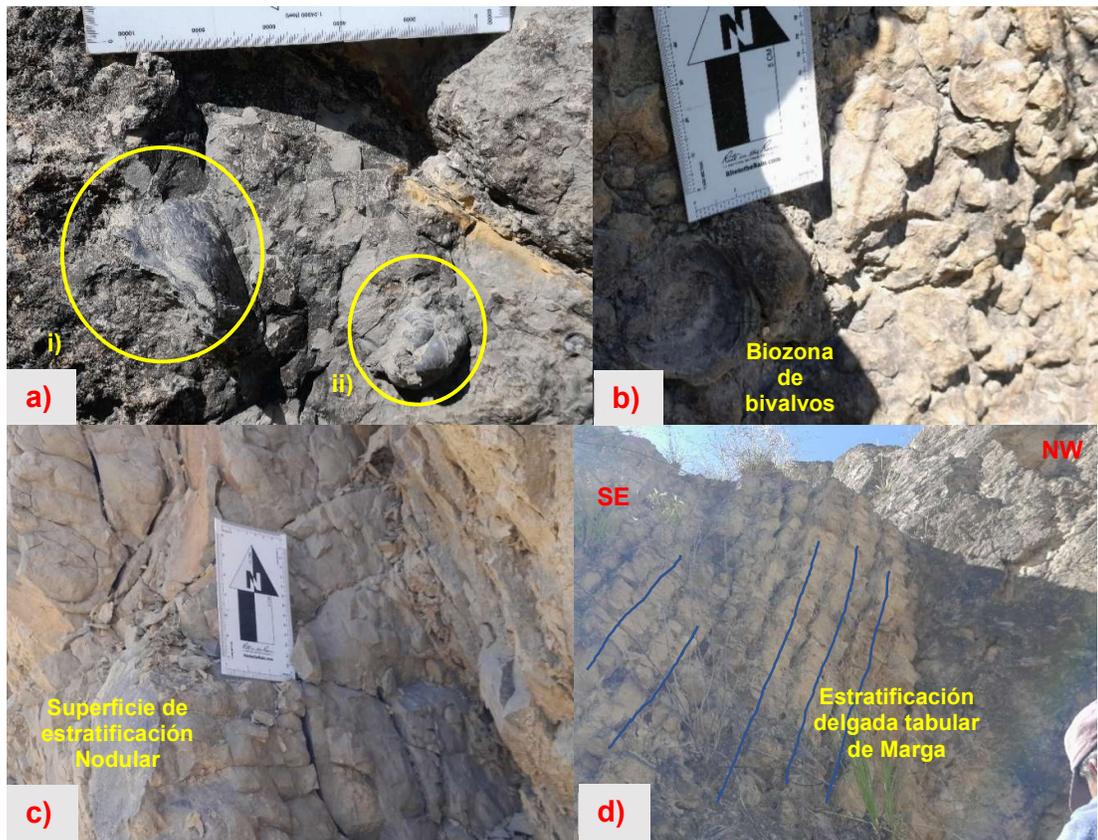


Figura 25. En el apartado a) se observa dos fósiles: i) Fósil bivalvo *Nicaisolopha nicaisei* y ii) Fósil *Exogyra Olisiponensis* en caliza Wackestone, según INGEMMET 1995. (N:9275326, E:746970, C:2085msnm). b) Biozona de bivalvos en caliza (N:9275326, E:746970, C:2085msnm). c) Superficie de estratificación nodular (N:9275409, E:746668, C:2078msnm). d) Estratificación delgada tabular de margas.

4.2.3. Ambiente de Sedimentación

El ambiente de sedimentación de la Formación Chúlec es marino, evidenciado por la presencia de estratos tabulares delgados de caliza packstone y wackestone con marga, lo que es un indicador de alternancia de aportes terrígenos con sedimentos carbonatados; lo que sugiere que se depositó en un ambiente de plataforma marina somera.

4.3. FORMACIÓN PARIATAMBO

4.3.1. Características Litológicas

Litológicamente, esta Formación se caracteriza por margas con superficie de estratificación nodular pardo amarillentas intercaladas con arcillita margosa; intercalación de estratos lenticulares de calizas bituminosas con olor fétido, con textura mudstone con arcillitas margosas.

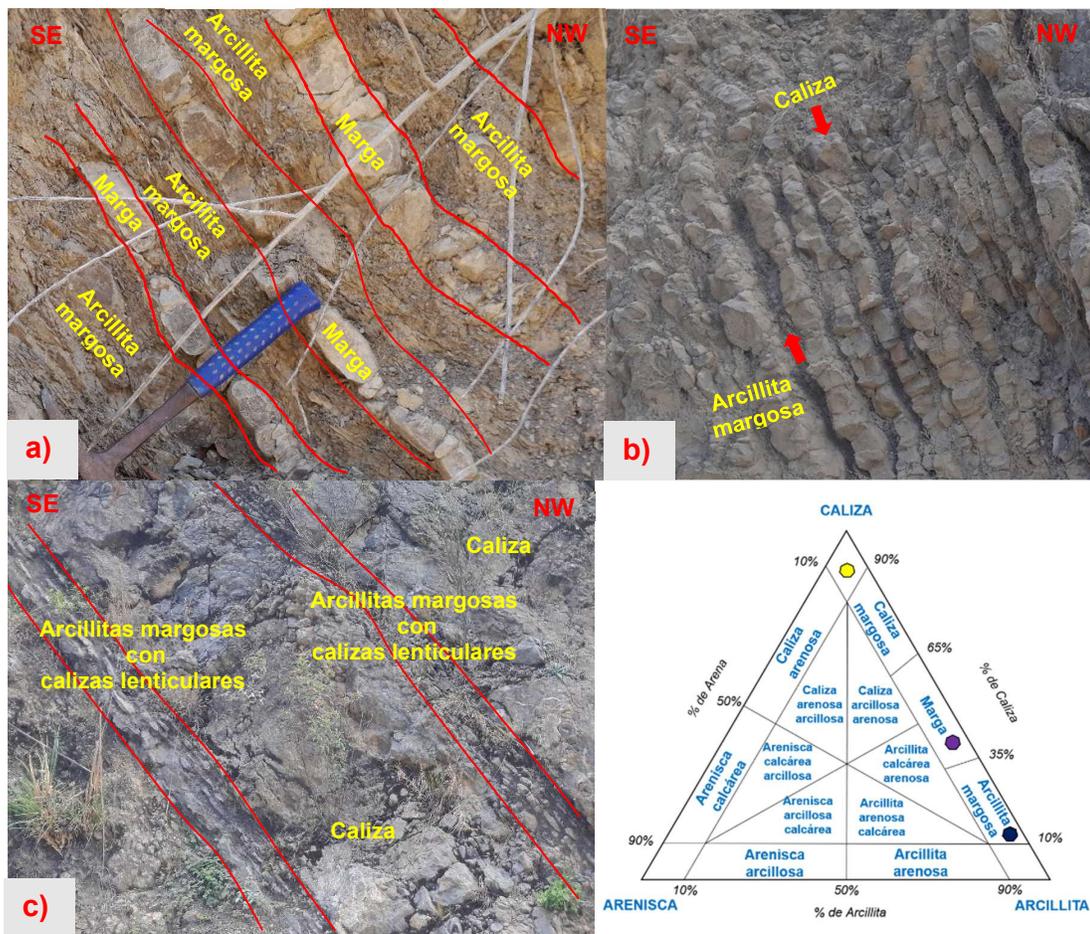


Figura 26. a) Secuencia rítmica de margas bituminosas con intercalaciones de arcillita margosa (N:9275237, E:747869, C:2106msnm). b) Estratos delgados de caliza con superficie de estratificación nodulosa intercalados con arcillita margosa uniformemente estratificados (N:9275235, E:747789, C:2087msnm). c) Caliza bituminosa lenticular con olor fétido intercaladas con delgados estratos de arcillitas margosas, en contacto con caliza de textura mudstone negruzca (N:9275239, E:747815, C:2109msnm).

4.3.2. Características Estratigráficas

En las margas de la Formación Pariatambo se observó laminación interna, venillas de calcita, superficies de estratificación nodulosas, estratificación planar y lenticular, secuencia rítmica en calizas bituminosas con intercalaciones de arcillita margosa.

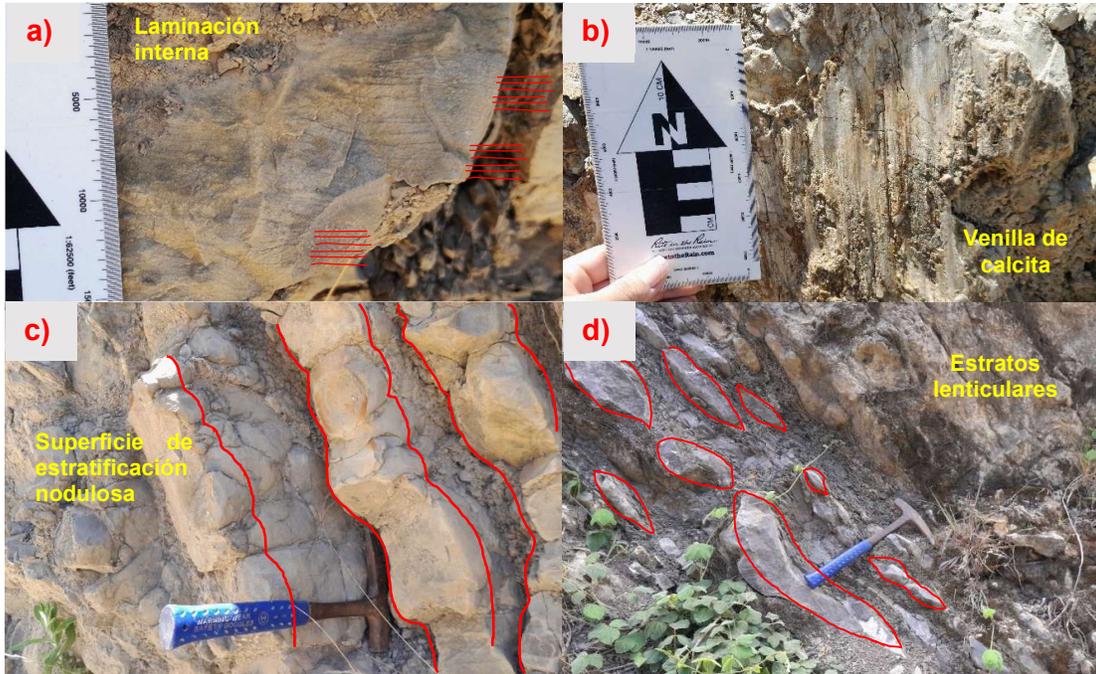


Figura 27. a) Se observa laminación interna en marga (N:9275235, E:747789, C:2087msnm). b) Venilla de calcita ocasionada por fallamiento. c) Se observa estratos de calizas con superficies de estratificación nodulosas (N:9275235, E:747789, C:2087msnm). d) Se aprecia estratos lenticulares de caliza bituminosa con intercalaciones arcillitas margosa bituminosa de espesor: 0.10 m. 0.15 m (N:9275240, E:747818, C:2109msnm).

4.3.3. Ambiente de Sedimentación

La presencia de estratificación lenticular indica variaciones de energía; las calizas bituminosas indican periodos de baja energía con alta acumulación de materia orgánica con deficiencia de oxígeno, lo que indica un ambiente marino euxínico. ambiente de plataforma marina externa a media, con condiciones anóxicas.

4.4. GRUPO PULLUICANA

4.4.1. Características Litológicas

El Grupo Pulluicana consiste en estratos predominante de calizas con texturas según Dunham (1962) en wackestone y packstone intercaladas con margas amarillentas con abundantes fósiles y arcillitas margosas amarillas a grises.

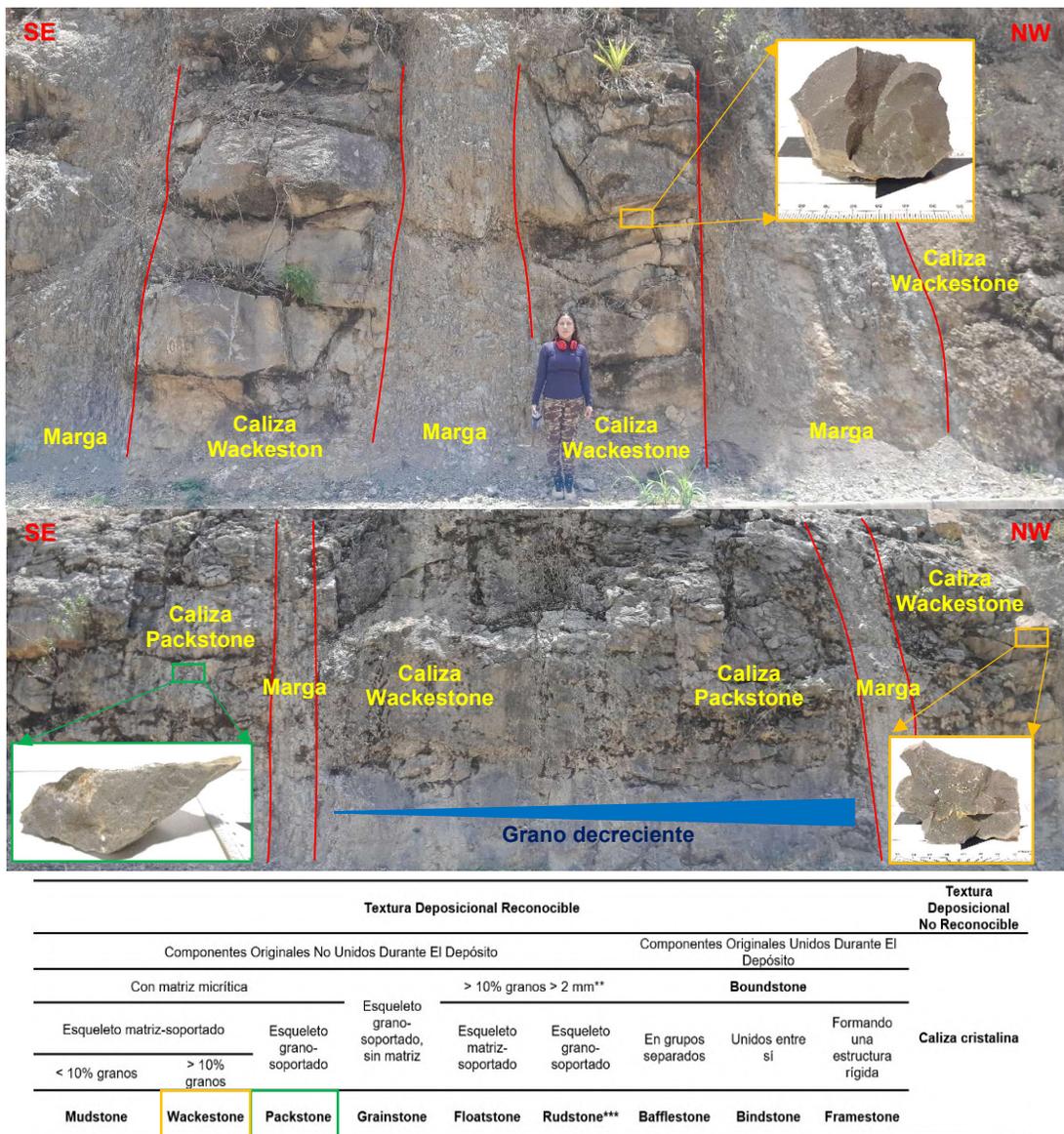


Figura 28. a) Intercalación de margas con calizas de textura wackestone (N:9275132, E:748252, C:2110 msnm). b) Intercalación de caliza estrato decreciente (de caliza wackestone a caliza packstone) con marga (N:9275132, E:748252, C:2110msnm).

4.4.2. Características Estratigráficas

Se observo en margas laminación interna, grietas de desecación, superficie de estratificación nodular; además de la presencia de una estratificación estrato decreciente, pasando de caliza wackestone a caliza packstone. Además de estructuras orgánicas como fósiles bivalvos, exogyra.

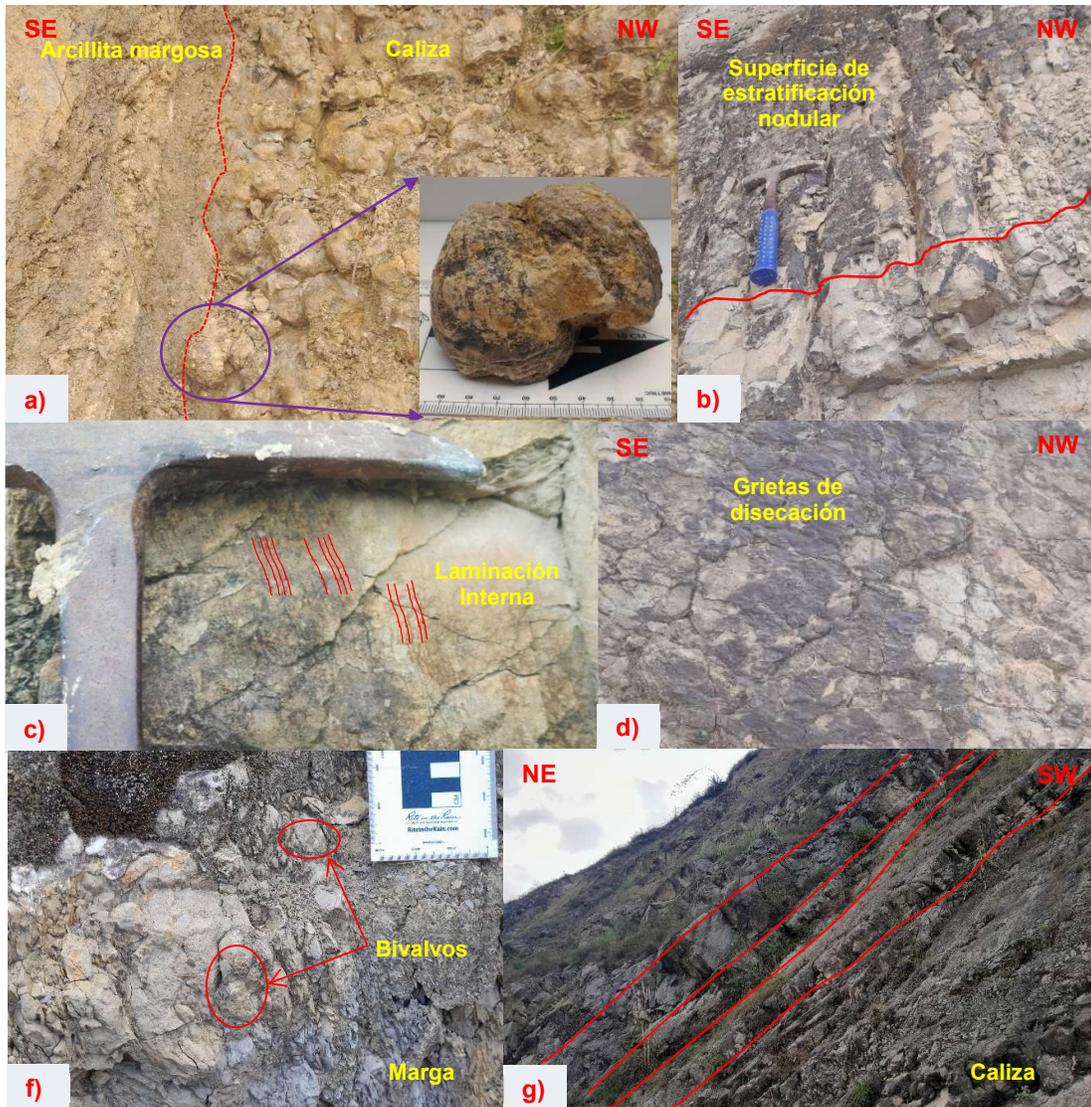


Figura 29. a) Contacto nodular entre un estrato de caliza fosilífera con uno de arcillita margosa; adjunto se aprecia un fósil de especie *Exogyra olisiponensis* según (Ministerio de Cultura, 2014) (N:9274790, E: 748706, C:2131msnm). b) Superficie de estratificación nodulosa en el techo de un estrato de marga. c) Se identificó laminación interna en marga (N:9274846, E:748685, C:2133msnm). d) Se observa grietas de desecación en margas (N:9274834, E:748690, C:2132msnm). e) Se observa grietas de desecación en margas (N:9274834, E:748690, C:2132msnm). f) Se observa un estrato de marga con presencia de fósiles bivalvos. g) Observamos estratificación tabular de calizas (N:9274819, E:748695, C:2133msnm).

4.4.3. Ambiente de Sedimentación

El Grupo Pulluicana tiene variaciones de energía de depositación, con influencias terrígenas alternadas con calizas (wackestone, packstone) y margas; asimismo la presencia de *Exogyra olisiponensis* indica un ambiente bien oxigenado; por lo que corresponde a una plataforma marina somera a media.

4.5. GRUPO QUILQUIÑÁN

4.5.1. Características Litológicas

El Grupo Quilquiñán está conformado por intercalación de estratos de arcillita margosa con estratos delgados de caliza margosa nodular con textura packstone, secuencias rítmicas de estratos delgados de margas y arcillita margosa en contacto con estratos uniformes de caliza con textura wackestone, al techo de la formación se encuentra un banco de arcillitas margosas.

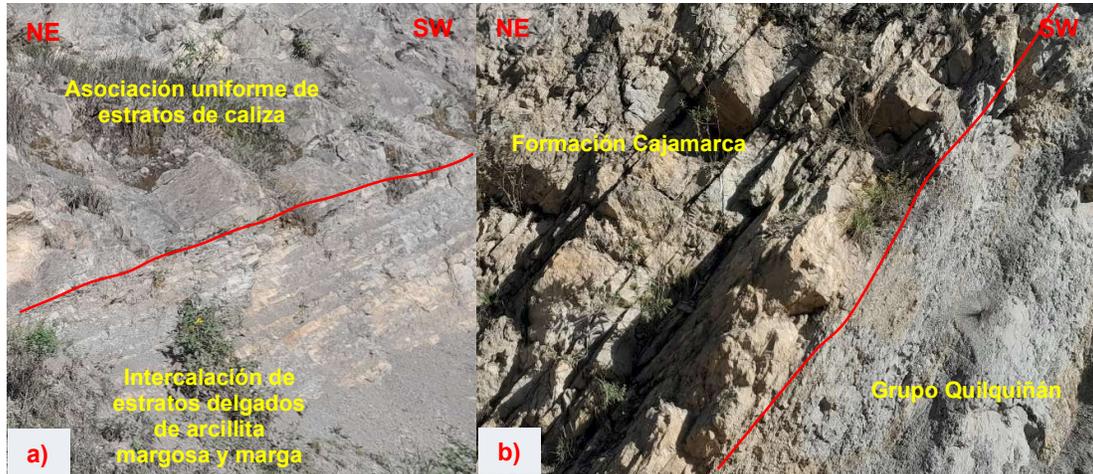


Figura 30. a) Intercalación de estratos delgados de arcillita margosa con marga en contacto con estratos uniformes de caliza wackestone (N: 9274822, E: 749293, C:2117 msnm). b) Contacto entre el Gpo. Quilquiñán (estratos de arcillitas margosas) y la Fm. Cajamarca (estratos de calizas tabulares); (N: 9274885, E: 749331, C: 2128msnm).

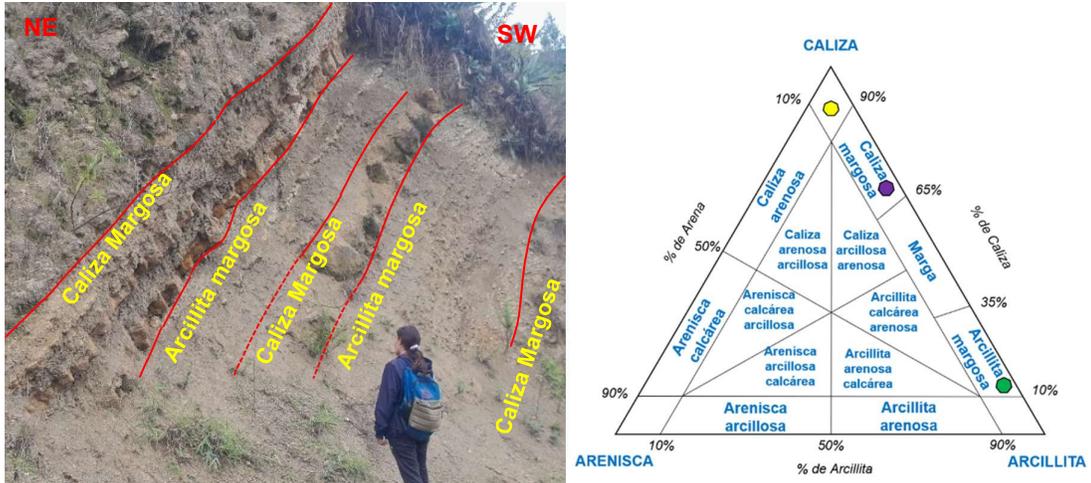


Figura 31. a) Intercalación de estratos de caliza margosa con arcillita margosa (N: 9274678, E: 749064, C:2120 msnm).

4.5.2. Características Estratigráficas

En el Grupo Quilquiñán, se observa estructuras sedimentarias químicas de disolución de tipo lapiáz, se forma a través de la disolución de la roca caliza por acción del agua; además presenta superficie de estratificación neta y planar de los estratos de caliza, las arcillitas margosas presentan laminación interna, estratificación rítmica de calizas en marga y arcillita margosa.

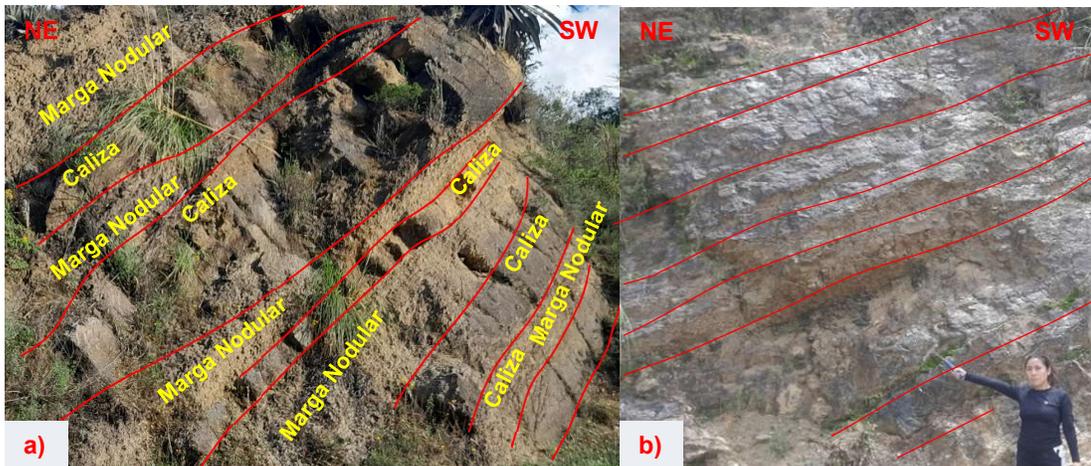


Figura 32. a) Asociación de estratos tipo rítmica de caliza con textura packstone intercalada con marga nodular (N: 9274687, E: 749103, C: 2123msnm). b) Superficie de estratificación neta planar de estratos tabulares de caliza con textura wackestone (N: 9274867, E:749312, C:2119 msnm).

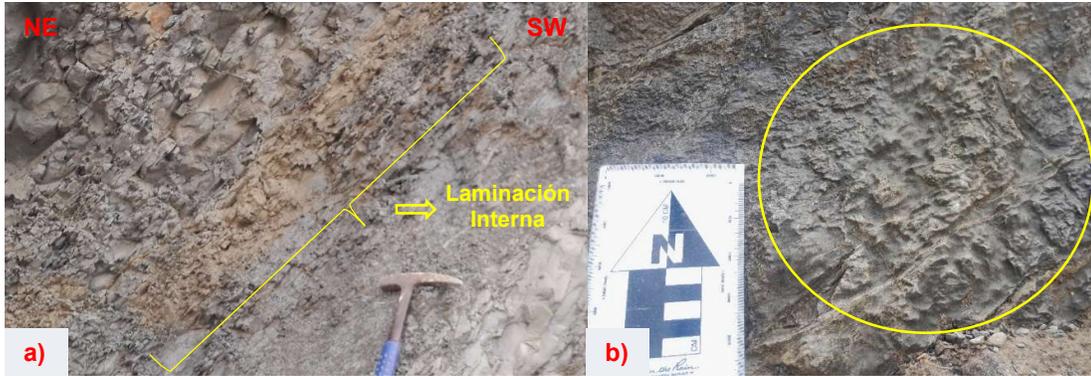


Figura 33. a) Se observa estrato de arcillitas con presencia de laminación interna (N: 9274885, E: 749331, C: 2128msnm). b) Estructura sedimentaria química de disolución de tipo Lapiáz. (N: 9274849, E: 749304, C:2119 msnm).

4.5.3. Ambiente de Sedimentación

El ambiente de formación del Grupo Quilquiñán es marino medio a profundo, porque tiene influencia de aportes terrígenos finos, presente en las intercalaciones rítmicas margas con calizas con texturas packstone y wackestone.

4.6. FORMACIÓN CAJAMARCA

4.6.1. Características Litológicas

La Formación Cajamarca está compuesta por bancos potentes de estratos de caliza con textura mudstone, intercalación de estratos marga con superficie nodular con caliza de superficie plana; en la parte superior consta de intercalación de estratos delgados de arcillitas margosa, margas y calizas.

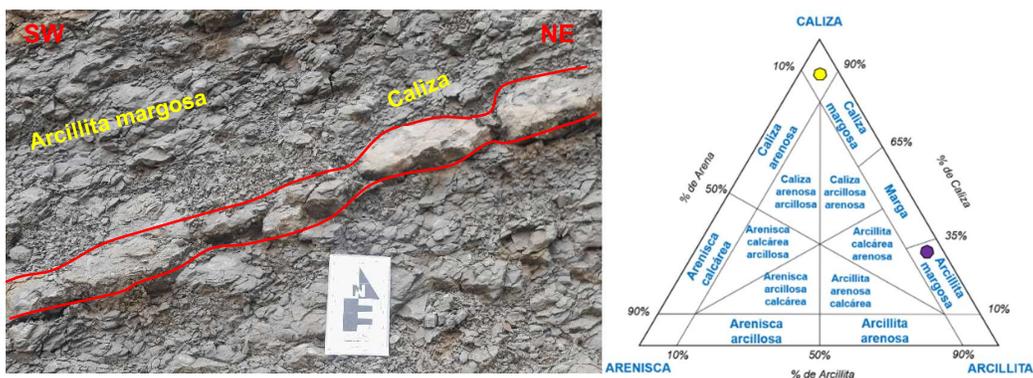


Figura 34. Estratificación lenticular de calizas nodulares con arcillitas margosas Vatan (1967). (N:9274424, E:749628, C:2142 msnm).

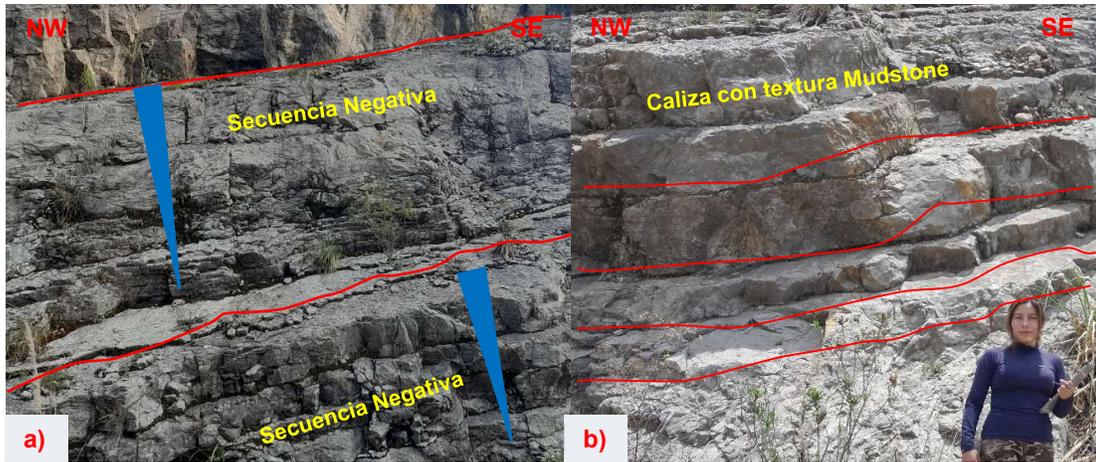


Figura 35. a) Afloramiento de calizas de espesores que varían de 40cm a 80cm en secuencia negativa (N: 9274589, E: 749470, C:2154msnm). b) Estratos de Calizas tabulares con textura mudstone Dunham (1962), (N:9274324, E:749772, C:2147msnm).

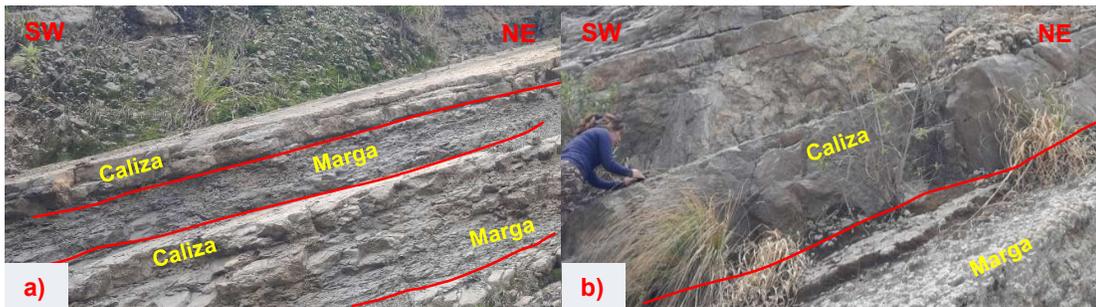


Figura 36. a) Intercalación de estratos de caliza de 25cm a 35cm; con marga espesor (N: 9274341, E: 749752, C: 2156msnm). b) Calizas en contacto nodular con margas (N: 9274312, E: 749788, C:2151 msnm).

4.6.2. Características Estratigráficas

Se observó estructuras sedimentarias orgánicas y químicas, tales como presencia de fósiles de equinodermos y bivalvos, geodas, estilolitas y lapiáz. Además, presenta superficies de contacto planar y nodular, asimismo estratificación tabular y lenticular; asociación de estratos uniformes en calizas con textura mudstone.

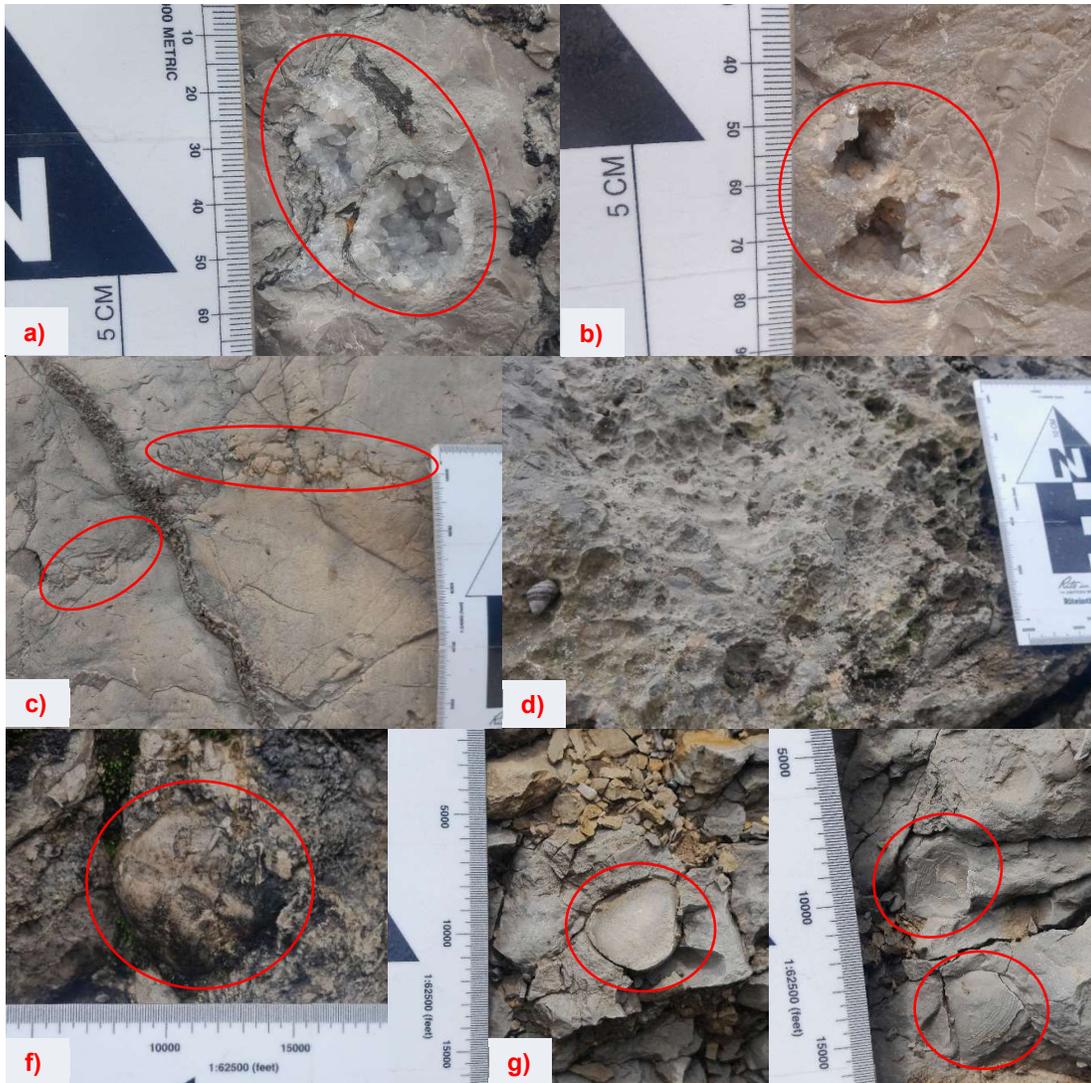


Figura 37. a y b) Estructuras sedimentarias químicas – geodas, las cuales son cavidades revestidas de cristales de calcita en roca caliza mudstone (N:9274398, E:749653, C:2127 msnm). c) Estructuras sedimentarias químicas Estilolitas producidas por la disolución (N:9274633, E:749459, C:2127msnm). d) Estructuras sedimentarias de disolución tipo lapiáz en caliza (N:9274739, E:749395, C:2125 msnm). f) Fósil equinodermo - *Mecaster fourneli* Deshayes según (Ministerio de Cultura, 2014), encontrado en caliza (N:9274521, E:749522, C:2157msnm). g) Fósiles Bivalvos *Inoceramus* sp. según (Romero et al., 1995), encontrados en arcillita margosa (N:9274183, E:749118, C:2150msnm).

4.6.3. Ambiente de Sedimentación

El ambiente de formación de la Formación Cajamarca apunta a un entorno marino de plataforma profunda intermedia, porque las calizas con textura mudstone indican una sedimentación de muy baja energía alejada a la costa; asimismo la formación de geodas se da donde la precipitación química es frecuente.

4.7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 7. Resumen de características litoestratigráficas de las unidades presentes en el área de investigación.

Unidad Lito-estratigráfica	Litología	Estructuras Sedimentarias	Ambiente de Formación
FORMACIÓN INCA	Arcillitas margosas intercaladas con calizas arenosas; estratos delgados de marga intercalados con caliza; muestra estratos de calizas, texturalmente se clasifica como Packstone. (tiene un espesor de 110m).	Estratificación paralela, laminación interna, venillas de calcita y óxidos de hierro, estructuras de carga, icnofósiles y gotas de lluvia	Transgresiva
FORMACIÓN CHÚLEC	Tiene un espesor de 202m, margas con intercalación de arcillitas margosas y calizas con textura packstone y wackestone con abundantes fósiles bivalvos en contacto con margas.	lcnofósiles, contactos nodulares, laminación interna, estratificación paralela.	Plataforma marina somera a media
FORMACIÓN PARIATAMBO	Estratos delgados de caliza intercalados con arcillita margosa, caliza bituminosa lenticular con olor fétido intercaladas con delgados estratos de arcillitas margosas, tiene un espesor de 164m	Laminación interna, superficie de estratificación nodulosa y planar, estratificación lenticular	Plataforma marina externa a media (anóxicas)
GRUPO PULLUICANA	Intercalación de margas con calizas, wackestone a caliza packstone, estratos de caliza fosilífera con arcillita margosa; consta de 440m	Laminación, grietas de desecación, estratificación lenticular, icnofósiles, estrato decreciente.	Plataforma marina somera a media
GRUPO QUILQUIÑÁN	Estratos de mayor espesor de arcillita margosa con estratos delgados de caliza margosa nodular con textura packstone y wackestone, espesor de 180m.	lapiáz, estratificación neta, planar y lenticular, laminación y estilolitas	Plataforma marina media
FORMACIÓN CAJAMARCA	Calizas tabulares con textura mudstone, intercalación de estratos delgados caliza de con marga espesor, estratificación lenticular de calizas nodulares con arcillitas margosas, abarca 178m.	lcnofósiles, lapiáz Estilolitas, geodas, estratificación paralela y lenticular, contactos noduloso	Plataforma marina carbonatada (media a externa)

La investigación está enfocada en realizar la descripción de características litológicas y estratigráficas de las 6 unidades litológicas identificadas en el área de estudio, se procede a realizar una interpretación de datos de campo y del levantamiento de columnas estratigráficas utilizando el software AutoCAD 2025.

Las columnas estratigráficas digitalizadas se encuentran en los anexos: C-1, columna estratigráfica de la Formación Inca; C-2, columna estratigráfica de la Formación Chúlec; C-3, columna estratigráfica de la Formación Pariatambo; C-4, columna estratigráfica del Grupo Pulluicana; C-5, columna estratigráfica del Grupo Quilquiñán; C-6. columna estratigráfica de la Formación Cajamarca.

La interpretación de las unidades litoestratigráficas observadas en el área de estudio permite establecer una correlación coherente con los aportes de diversos autores, enriqueciendo así la comprensión de los ambientes sedimentarios del Cretácico en la región de Cajamarca.

En el caso de la Formación Inca, Rodríguez (2022) la describe como una secuencia transgresiva desarrollada en una plataforma interna con marcada influencia terrígena. Esta interpretación se ve respaldada por INGEMMET (1995) y Benavides (1999), quienes coinciden en señalar un ambiente de plataforma carbonatada somera, con alta actividad biológica y aporte clástico. Se observó en el área de investigación la presencia de arcillitas margosas, calizas arenosas, estratos delgados de marga y estructuras como laminación interna, venillas de calcita y huellas de gotas de lluvia que confirman dicha influencia terrígena y sugieren un ambiente marino somero en fase transgresiva.

Respecto a la Formación Chúlec; Flores (2023), plantea que esta unidad se fue hundiendo progresivamente mientras se acumulaban sedimentos calcáreos, lo que explicaría el aumento de material arcilloso desde la base hacia el techo. Esta evolución vertical se refleja en el área de investigación mediante la existencia de margas intercaladas con arcillitas margosas y calizas con texturas packstone y wackestone, acompañadas de fósiles bivalvos. Las estructuras sedimentarias como contactos nodulares, laminación interna y estratificación paralela refuerzan la interpretación de un ambiente de plataforma marina somera a media. Esta visión es complementada por Jaillard et al. (2006), quienes describen una plataforma epicontinental somera con sedimentación mixta y fauna bentónica abundante, características también presentes en los afloramientos del área de estudio.

La Formación Pariatambo, caracterizada por calizas y limolitas bituminosas con olor fétido, evidencia condiciones anóxicas durante su deposición. Esta interpretación coincide con lo propuesto por Carlotto y Peña (2012), quienes la asocian a un ambiente marino profundo o distal, con preservación de materia orgánica. Las estructuras observadas, como la laminación interna, superficies de estratificación nodulosa y estratificación lenticular, refuerzan esta interpretación. Aunque Flores (2023) sugiere un ambiente marino tranquilo y bien oxigenado, la presencia de materia orgánica y la ausencia de bioturbación en los estratos analizados permiten inclinarse por un ambiente más profundo y con deficiencia de oxígeno.

En el Grupo Pulluicana, existe cierta divergencia entre autores. Mientras Carlotto y Peña (2012), lo describen como una unidad carbonatada de plataforma somera, Díaz (2023), lo interpreta como un ambiente hemipelágico, debido al predominio de sedimentos arcillosos. En el área de estudio, se identificaron intercalaciones de margas con calizas fosilíferas (wackestone a packstone), así como arcillitas margosas, acompañadas de estructuras como laminación, grietas de desecación, estratificación lenticular e icnofósiles. Esta combinación sugiere un ambiente de plataforma somera a media, con influencia hemipelágica, lo que permite integrar ambas posturas.

El Grupo Quilquiñán, por su parte, presenta características que indican un ambiente de plataforma media con condiciones hemipelágicas. En el sector de Pulluicana, dicho grupo se divide en Formación Mujarrún y Romirón que contienen coquinas de exogyras, ammonites y bancos de calizas nodulares (INGEMMET, 2014). En el área de estudio, se identificarán estratos de arcillita margosa con calizas margosas nodulares (packstone y wackestone), junto con estructuras como lapiáz, estilolitas y laminación. Estas evidencias respaldan la interpretación de un mar abierto con aporte mixto carbonatado y terrígeno.

La Formación Cajamarca se caracteriza por calizas tabulares con textura mudstone, intercaladas con margas y calizas nodulares. La presencia de estructuras como estilolitas, geodas, icnofósiles y lapiáz indica un ambiente de plataforma marina media a externa, con condiciones estables y bajo aporte terrígeno.

Esta interpretación coincide con lo señalado por Mantilla (2007), quien menciona que las plataformas carbonatadas se desarrollan en contextos con mínima influencia clástica, lo cual se refleja en el alto contenido de carbonato de las calizas analizadas.

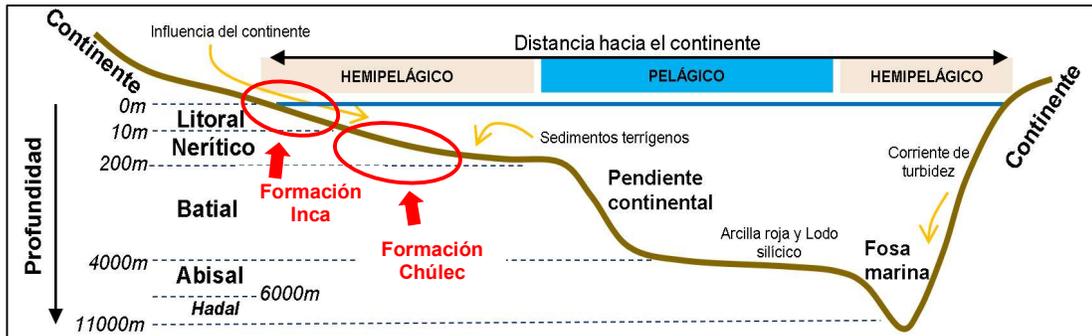


Figura 38. Ambiente Marino / Fm. Inca y Fm. Chulec.
Fuente: Modificado de Griem (1998).

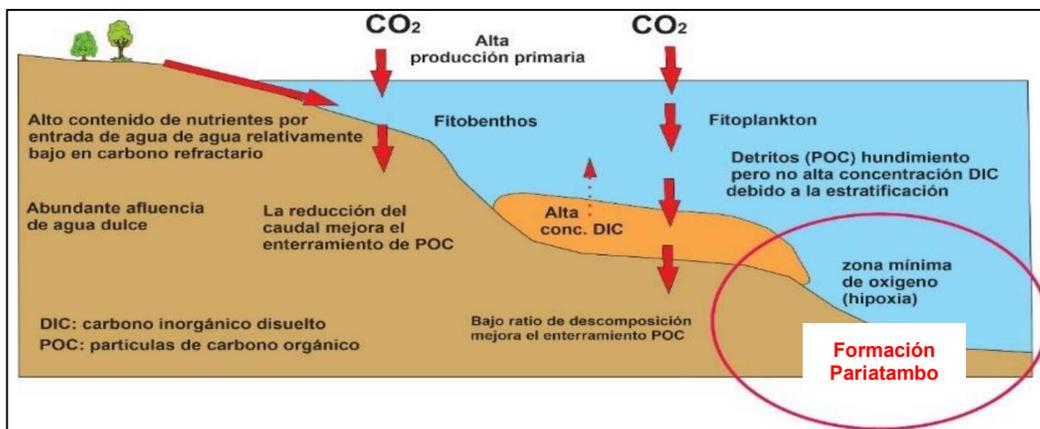


Figura 39. Ambiente de Formación anóxico, ausencia de oxígeno; Fm. Pariatambo.
Fuente: Adaptado de Walker (1980) modificado por Flores (2023).

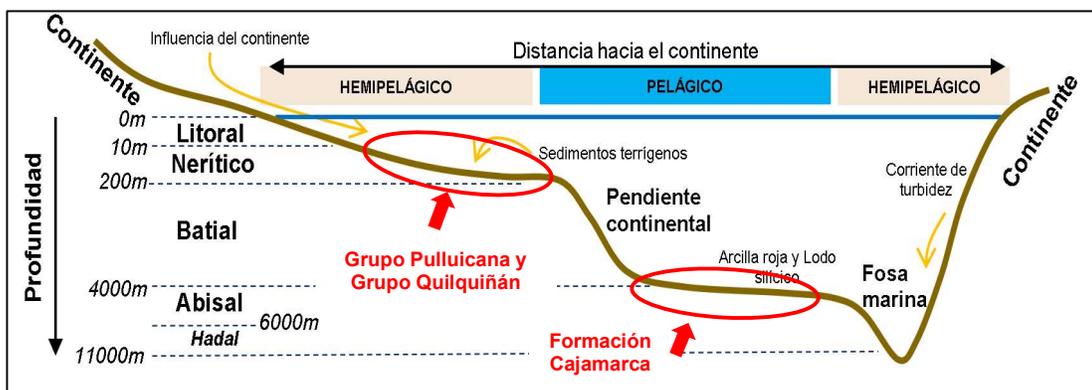


Figura 40. Ambiente Marino / Gpo. Pulluicana, Gpo. Quilquiñán y Fm. Cajamarca.
Fuente: Modificado de Griem (1998).

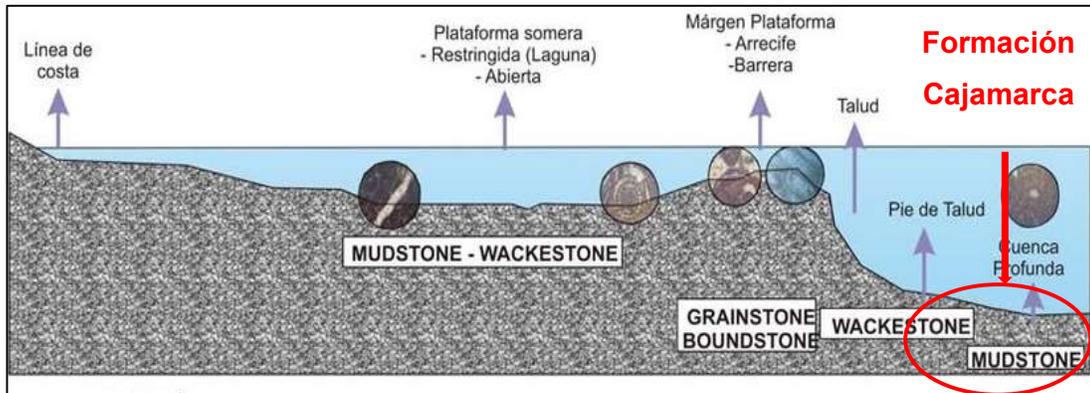


Figura 41. Ambientes sedimentarios de calizas.
Fuente: Modificado de Martínez y Rojas (2011).

4.8. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Como hipótesis mencionamos que: La Caracterización Estratigráfica del Cretácico en el Tramo de la Carretera Km135+800 a Km141+500 en los Distritos de Lajas y Cochabamba, provincia de Chota, pertenece al sistema Cretácico Superior e Inferior correspondiente a un ambiente de sedimentación marino y transicional. Mediante los resultados de la descripción de las características litológicas y estratigráficas, junto con la elaboración del plano geológico, levantamiento de columnas estratigráficas, han permitido identificar el ambiente de sedimentación, la Formación Inca, perteneciente a un ambiente transicional y Formación Chúlec, Formación Pariatambo, Grupo Pullucana, Grupo Quilquiñán y Formación Cajamarca a un Ambiente de formación Marino, por lo que se ha podido determinar que la hipótesis inicialmente planteada es parcialmente correcta.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se caracterizó estratigráficamente las Formaciones pertenecientes al Cretácico en el Tramo de la Carretera PE-3N Km135+800 a Km141+500 en los Distritos de Lajas y Cochabamba, provincia de Chota.

Se identificaron seis unidades litoestratigráficas la Formación Inca con arcillitas margosas, calizas arenosas y marga; la Formación Chúlec, margas con intercalación de arcillitas margosas y calizas; la Formación Pariatambo, se caracteriza por delgados estratos de arcillita margosa y caliza bituminosa; el Grupo Pulluicana, intercalación de margas con calizas y arcillita margosa; el Grupo Quilquiñán, compuesto por caliza, arcillita margosa y caliza margosa; y la Formación Cajamarca, compuesta abundantes estratos caliza uniforme.

Se elaboraron seis columnas litoestratigráficas, alcanzando un total acumulado de 1280 metros. Estas columnas permiten visualizar la secuencia vertical y las variaciones litológicas entre las unidades.

Se reconocieron distintos ambientes de formación, transgresivo en la Formación Inca; marino somero en la Formación Chúlec; marino profundo con deficiencia de oxígeno en la Formación Pariatambo; hemipelágico en los Grupos Pulluicana y Quilquiñán; y marino carbonatado en la Formación Cajamarca. Estas interpretaciones reflejan cambios paleoambientales en el área durante el Cretácico.

Se identificaron estructuras como laminación interna, estilolitas, marcas de gotas de lluvia, grietas de desecación, estratificación lenticular, nodular y planar. También se reconocieron texturas carbonáticas como mudstone, wackestone y packstone, que aportan información sobre la energía del ambiente sedimentario.

5.2. RECOMENDACIONES

A los interesados en la línea de estratigrafía, se les recomienda continuar con los estudios litoestratigráficos del Cretácico en áreas fuera de Cajamarca para obtener una visión más amplia del comportamiento regional.

A los estudiantes de tesis en Ingeniería Geológica o a las entidades públicas como INGEMMET, realizar estudios microscópicos de las rocas sedimentarias de las unidades litoestratigráficas del Cretácico para determinar el área de procedencia de los sedimentos.

A los empresarios del rubro de la minería no metálica (cal), evaluar la calidad del material y realizar campañas de exploración en la Formación Cajamarca, ya que se pudo apreciar estratos uniformes de caliza.

A los investigadores especializados en paleontología, se recomienda hacer estudios bioestratigráficos en las unidades carbonatadas del Cretácico, con el propósito de identificar fósiles guía y afinar la interpretación paleoambiental, asimismo poder correlacionar a escala regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, A., Mackenzie, W., y Guilford, C. 1997. Atlas de rocas sedimentarias. Barcelona, España: Masson. Adams, A., Mackenzie, W., y Guilford, C. 1997. Atlas de Rocas Sedimentaria. Ed MASSON. 104p.
- Arche, A. 2010. Sedimentología del Proceso Físico a la Cuenca. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1290p.
- Aurell, M., y Bádenas, B. 1997. Didáctica de las Ciencias Estratigráficas. Fundamentos Conceptuales y Didácticos. 5p.
- Balcázar, R. 2019. Sedimentología y Estratigrafía de la Formación Carhuáz en el Distrito de la Encañada. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 116p.
- Benavides, V. 1999. Orogénesis de los Andes peruanos (Boletín N° 18). Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Boggs, S. 2006. Principles of sedimentology and stratigraphy (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Caballero, C. 2012. Construcción y medición de columnas estratigráficas. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. 43p.
- Carlotto, V., y Peña, D. 2012. Geología del cuadrángulo de Cajamarca (13-i). Serie A: Carta Geológica Nacional. Lima, Perú: INGEMMET.
- Correns, C. 1949. Einführung in die Mineralogie. 1 ed. Berlín, Springer-Verlag. 282p.
- Dávila, J. 2011. Diccionario geológico. Lima, Perú: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 901p.

- Delleur, J. 1945. Rocas sedimentarias. DYNA, vol. 12, n. ° 54, pp. 58.
- Diaz, F. 2023. Caracterización Estratigráfica y Paleoambiental de las Secuencias Sedimentarias del Cretácico Superior entre los Caseríos de Chetilla y Laguna Chamis. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 109p.
- Dunham, R. 1962. Classification of carbonate Rocks. In Classification of carbonate Rocks texture. Tulsa, OK: American Association of Petroleum Geologists. 108-121p.
- Duque, G. 2003. Manual de geología para ingenieros: Rocas sedimentarias. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 489p.
- Explorock. 2011. Elaboración de una columna estratigráfica. Recuperado de <https://www.explorock.com/elaboracion-de-una-columna-estratigrafica/>
- Flores, A. 2023. Análisis estratigráfico y paleoambiental del Grupo Pulluicana en el sector Conga, Cajamarca. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Flores, Y. 2023. Caracterización Estratigráfica y Paleoambiental de las secuencias sedimentarias del Cretácico Inferior entre las localidades de Huayllapampa y Urubamba. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 117p.
- Gallegos, J. 1995. La Clasificación de las Rocas Sedimentarias: Sugerencias para su Aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 154-163p.
- Griem, H. 1998. Marine Sedimentary Environments and Facies Models. 2nd ed. Wiley & Sons.
- Hernández, M. 1986. Petrografía de las Rocas Sedimentarias. Ciudad de La Habana. Cuba: Ediciones Pueblo y Educación. 62p.

- Huang, W. 2009. Petrología. Ciudad de México, México: Limusa. 525p.
- INGEMMET. 1995. Mapa geológico del cuadrángulo de Chota (12-i). Carta Geológica Nacional. Lima: INGEMMET.
- INGEMMET. 2001. Léxico estratigráfico del Perú. Lima: INGEMMET.
- Jaillard, E., Soler, P., Carlier, G., y López, R. 2006. Geodinámica de los Andes Peruanos: avances y perspectivas. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 101(1), 27–44.
- López, E. 2011. Clasificación y Caracterización Diagenética de Rocas Carbonáticas de mezcla en Falcón Noroccidental a través de un Estudio Petrográfico. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.126p.
- Mantilla, J. 2007. Las plataformas carbonatadas en los Andes del norte: ambiente y evolución. Lima, Perú: INGEMMET.
- Martín, J. 2020. Apuntes de Sedimentología. Tema 5: Rocas sedimentarias. Universidad de Granada.
- Martínez, G. y Rojas, N. 2011. Prospección de fosfatos en el departamento del Huila. Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano. 143p.
- Ministerio de Cultura. 2014. Guía para el reconocimiento de bienes paleontológicos. El Perú contra el Tráfico ilícito de Bienes Culturales. Lima, Perú. 54p.
- Moreno, T. 2019. Facies Sedimentarias de Las Formaciones Carhuaz y Farrat en Los Sectores de San Cirilo, Callacpuma – Chilete. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 80p.
- Navarrete, E. 2003. Apuntes de Estratigrafía y Sedimentación. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). 232p.

- Navarro, J. 2015. Record of Albian to early Cenomanian environmental perturbation in the eastern sub-equatorial Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, ELSEVIER B.V. 15 p.
- Palacios, O.; Sánchez, A.; y Herrera, F. 1995. Geología del Perú. (Boletín 55). Serie A: Carta Geológica Nacional. Lima, Perú: INGEMMET.
- Pérez, A., Aurell, M., Y Bádenas, B. 2021. Estructuras sedimentarias: la interpretación de procesos y ambientes del pasado. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 4(1), 18–24.
- Polanco, P. 2016. Estudio sedimentológico de las formaciones del límite Cretácico Superior/Paleógeno Inferior en secciones de la cuenca Sagua de Tánamo. Tesis profesional. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba.
- Pomar, L. 2001. Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Research*, 13(3), 313–334.
- Ponce, J., Carmona, N., y Montagna, O. 2018. Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas. Buenos Aires, Argentina: Fundación YPF. 165p.
- Quispe, C., y Arapa, A. 2014. Estudio sedimentológico y estratigráfico del Grupo Quilquiñán y la Formación Mujarrún en Puyllucana, Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Reguant, S., y Ortiz, R. 2001. Guía estratigráfica internacional: versión abreviada. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 14(3–4), 347–372.
- Rodríguez, A. 2022. Caracterización Estratigráfica y Sedimentológica del Cretácico en el Distrito La Encañada. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 112p.
- Romero, L., Aldana, M., Rangel, C., Villavicencio, E., y Ramírez, J. 1995. Fauna y flora fósil del Perú (Boletín D 17). Lima, Perú: INGEMMET. 339p.

- Romero, W. 2022. Caracterización Litobioestratigráfica de la Formación Santa en El Centro Poblado La Grama. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 115p.
- Saavedra, J. 2019. Estratigrafía de las Formaciones Santa, Carhuáz y Farrat en El Caserío de Shaullo Chico del Distrito Baños del Inca. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 116p.
- Serrano, F. 2017. Estudio estratigráfico secuencial de la Formación Farrat en Shaullo y Puyllucana. Tesis de titulación. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 87p.
- Soto, M. 2005. Texto Universitario De Petrología. Puno, Perú. Universidad Nacional Del Altiplano Puno. 181p.
- Spikerman, J. 2010. Elementos de geología general. Buenos Aires, Argentina: Fundación de Historia Natural Félix de Azara. 472p.
- Supo, J. 2016. Seminario de investigación científica. Arequipa, Perú: CreateSpace Independent Publishing Platform. 340p.
- Teruggi, M. 1982. Diccionario sedimentológico. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Científicas Argentinas Librart.
- Tucker, M. 2003. Sedimentary Rocks in the Field. Third edition. Department of Geological Sciences University of Durham, UK. 250p.
- Valdivia, W.; Torres, D.; Ramos, W.; Trinidad, I. y Andía, J. 2022. Geología de la cuenca mesozoica sedimentaria peruana occidental entre 13° 30' y 14° 30' (Boletín D N° 37). Lima, Perú: INGEMMET.
- Vatan, A. 1967. Manuel de sédimentologie. París, Francia: Éditions Technip. 397 pp.

Vera, J. 1994. Estratigrafía: principios y métodos. Madrid, España: Editorial Rueda. 829p.

Walker, R. 1980. Facies and Facies Models: General Introduction. Canadá: Geological Association of Canada. Second Edition. 1-7p.

Wilson, J. 1984. Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepén (Boletín A N° 38). Lima, Perú: INGEMMET.

Wilson, J. 1985. Mapa geológico del cuadrángulo de Chota (Hoja 14f). Lima, Perú: INGEMMET.

ANEXOS

ANEXO 01. TABLAS DE CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS

ANEXO 02. PLANOS

P-1. Plano de ubicación

P-2. Imagen Satelital

P-3. Plano geológico

ANEXO 03. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

C-1. Columna estratigráfica de la Formación Inca

C-2. Columna estratigráfica de la Formación Chúlec

C-3. Columna estratigráfica de la Formación Pariatambo

C-4. Columna estratigráfica del Grupo Pulluicana

C-5. Columna estratigráfica del Grupo Quilquiñán

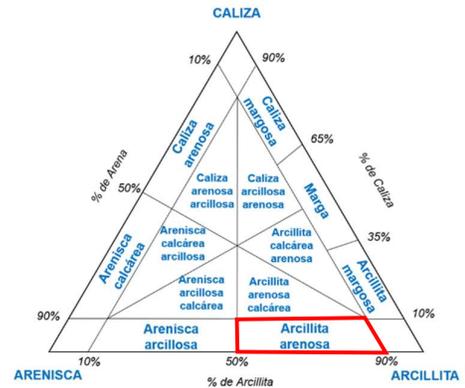
C-6. Columna estratigráfica de la Formación Cajamarca

C-7. Columna estratigráfica del Cretácico

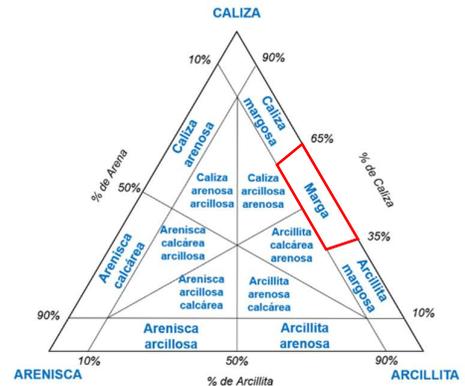
ANEXO 01. TABLAS DE CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS

Por Clasificación de rocas intermedias según Vatan (1967) utilizando la nomenclatura de Teruggi (1982)

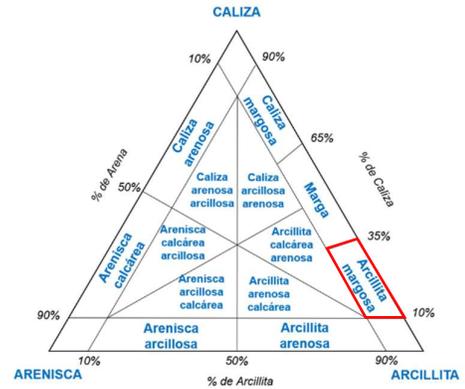
N° de muestra	01	Formación	Ki-in	
Coordenadas	Norte	9276230	Tipo de Roca	Intermedia
	Este	745572	Clasificación	Vatan (1967)
	Cota	2094msnm	Nombre	Arcillita Arenosa



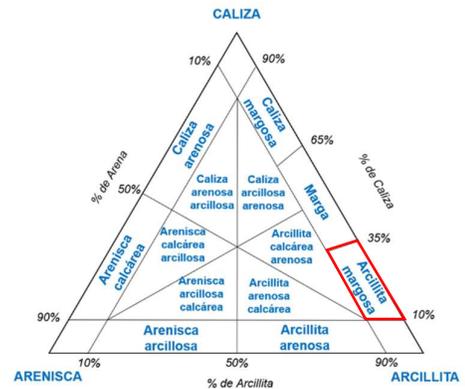
N° de muestra	05	Formación	Gpo. Pulluciana	
Coordenadas	Norte	9274913	Tipo de Roca	Intermedia
	Este	748661	Clasificación	Vatan (1967)
	Cota	2098	Nombre	Marga



N° de muestra	06	Formación	Gpo. Pulluicana	
Coordenadas	Norte	9274790	Tipo de Roca	Intermedia
	Este	748706	Clasificación	Vatan (1967)
	Cota	2131msnm	Nombre	Arcillita Margosa



N° de muestra	07	Formación	Gpo. Quilquiñan	
Coordenadas	Norte	9274678	Tipo de Roca	Intermedia
	Este	749064	Clasificación	Vatan (1967)
	Cota	2120	Nombre	Caliza Margosa



**Por Clasificación de textura depositacional en rocas carbonáticas
modificado de Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971)**

N° de muestra / estación	02	
Coordenadas	Norte	9276148
	Este	745673
	Cota	2093msnm
Formación	Ki-in	
Tipo de Roca	Carbonática	
Clasificación	Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971)	



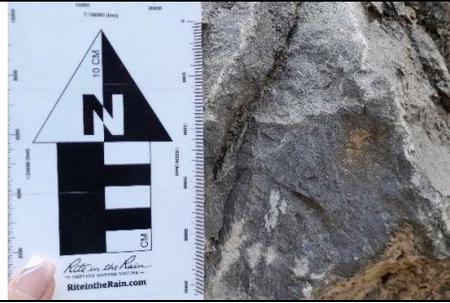
TEXTURA DEPOSICIONAL RECONOCIBLE								TEXTURA DEPOSICIONAL NO RECONOCIBLE
COMPONENTES ORIGINALES NO UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO				COMPONENTES ORIGINALES UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO				Caliza cristalina
Con matriz micrítica		Esqueleto grano-soportado, sin matriz	> 10% granos > 2 mm**		Boundstone			
Esqueleto matriz-soportado < 10% granos	Esqueleto grano-soportado > 10% granos		Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	En grupos separados	Unidos entre sí	Formando una estructura rígida	
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone
Nombre								Caliza Packstone

N° de muestra / estación	03	
Coordenadas	Norte	9275409
	Este	746668
	Cota	2078
Formación	Fm. Chúlec	
Tipo de Roca	Carbonática	
Clasificación	Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971)	



TEXTURA DEPOSICIONAL RECONOCIBLE								TEXTURA DEPOSICIONAL NO RECONOCIBLE
COMPONENTES ORIGINALES NO UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO				COMPONENTES ORIGINALES UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO				Caliza cristalina
Con matriz micrítica		Esqueleto grano-soportado, sin matriz	> 10% granos > 2 mm**		Boundstone			
Esqueleto matriz-soportado < 10% granos	Esqueleto grano-soportado > 10% granos		Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	En grupos separados	Unidos entre sí	Formando una estructura rígida	
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone
Nombre								Caliza Packstone

N° de muestra / estación	04	
Coordenadas	Norte	9275237
	Este	747869
	Cota	2106msnm
Formación	Fm. Pariatambo	
Tipo de Roca	Carbonática	
Clasificación	Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971)	



TEXTURA DEPOSICIONAL RECONOCIBLE							TEXTURA DEPOSICIONAL NO RECONOCIBLE	
COMPONENTES ORIGINALES NO UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO				COMPONENTES ORIGINALES UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO			Caliza cristalina	
Con matriz micrítica		> 10% granos > 2 mm**		Boundstone				
Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	Esqueleto grano-soportado, sin matriz	Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	En grupos separados	Unidos entre sí	Formando una estructura rígida	
< 10% granos	> 10% granos							
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone

Nombre	Caliza Wackestone
---------------	-------------------

N° de muestra / estación	08	
Coordenadas	Norte	9274213
	Este	749765
	Cota	2158msnm
Formación	Fm. Cajamarca	
Tipo de Roca	Carbonática	
Clasificación	Dunham (1962) y Embrie y Klovan (1971)	



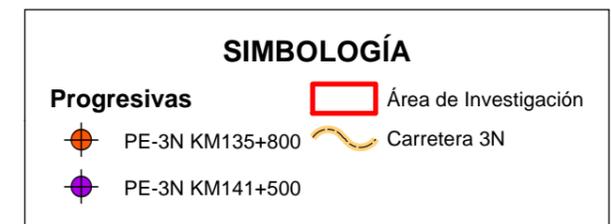
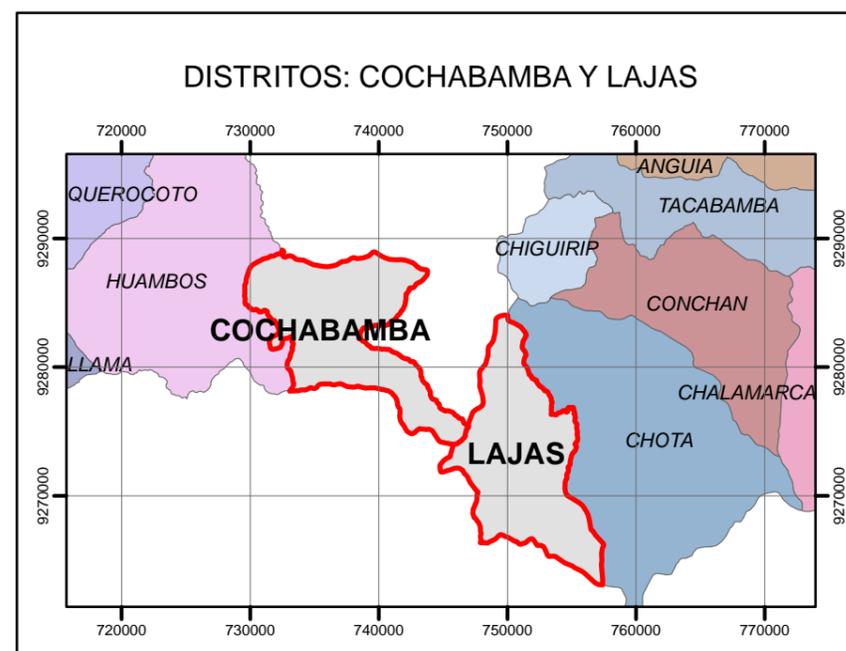
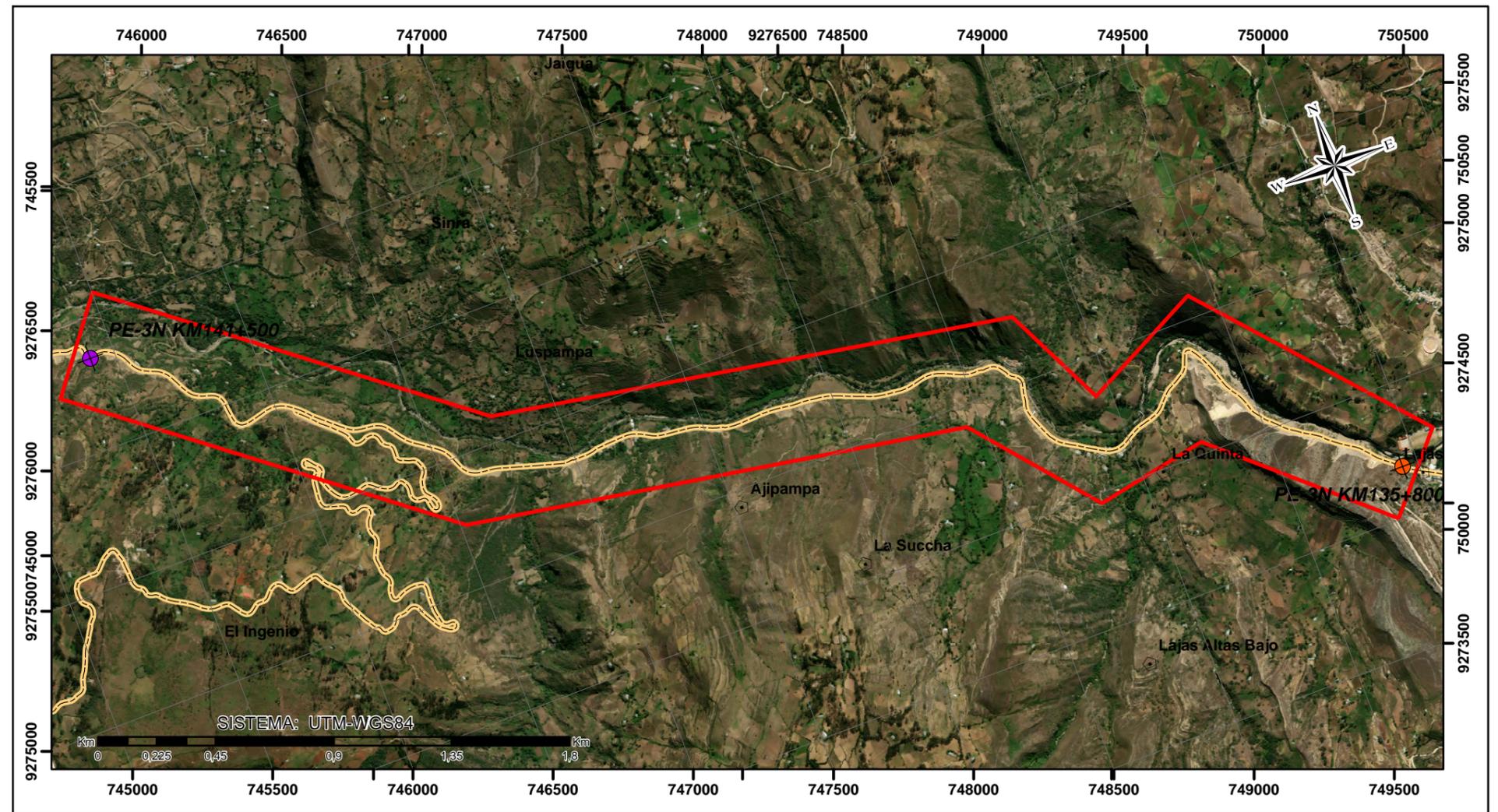
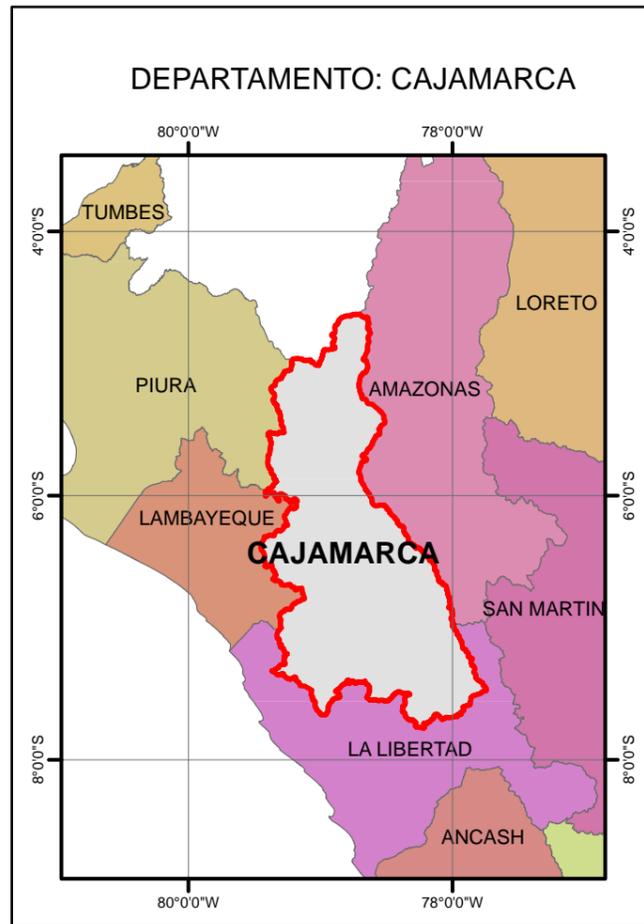
TEXTURA DEPOSICIONAL RECONOCIBLE							TEXTURA DEPOSICIONAL NO RECONOCIBLE	
COMPONENTES ORIGINALES NO UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO				COMPONENTES ORIGINALES UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO			Caliza cristalina	
Con matriz micrítica		> 10% granos > 2 mm**		Boundstone				
Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	Esqueleto grano-soportado, sin matriz	Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	En grupos separados	Unidos entre sí	Formando una estructura rígida	
< 10% granos	> 10% granos							
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone

Nombre	Caliza Mudstone
---------------	-----------------

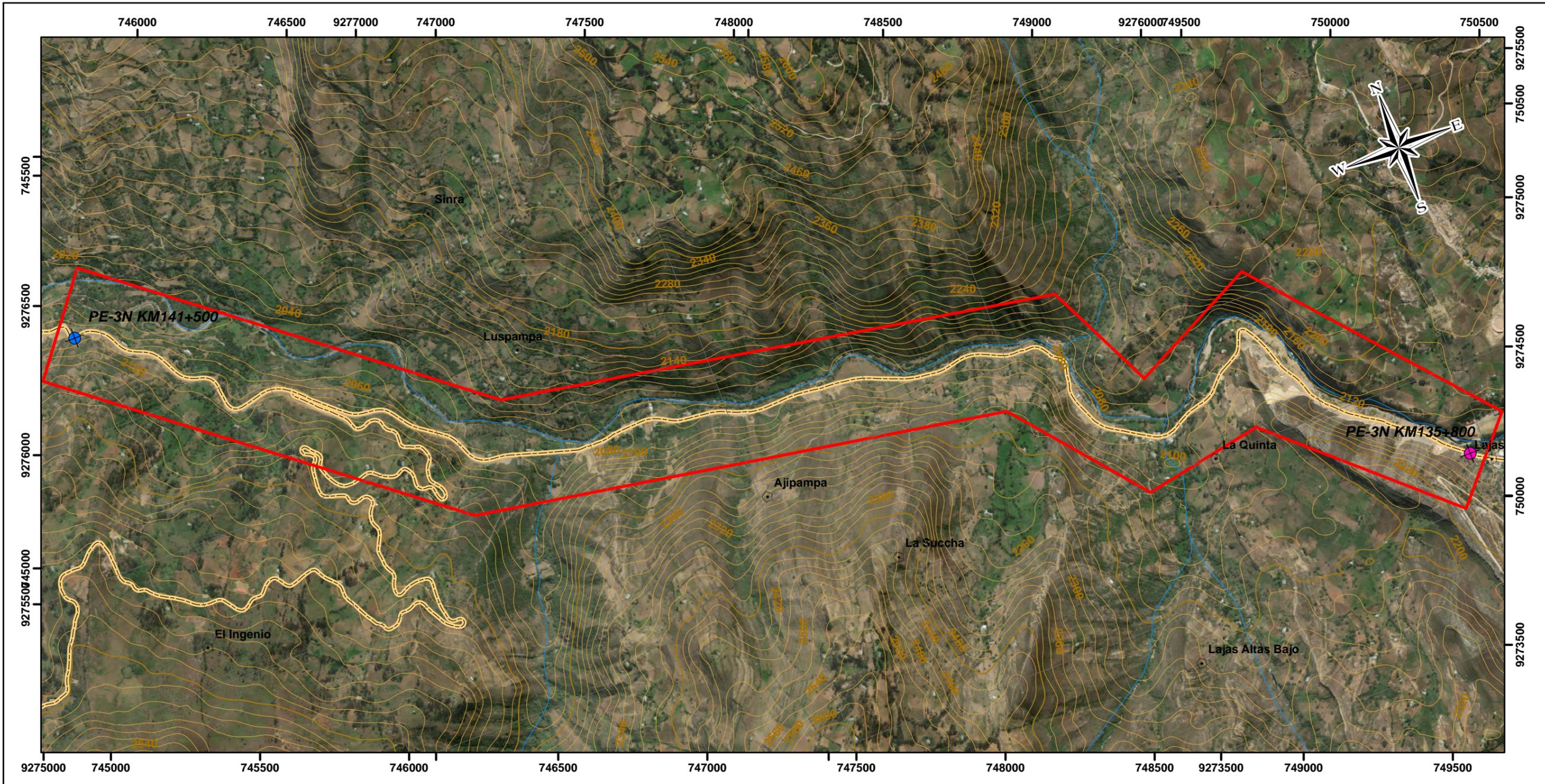
N° de muestra / estación	09	
Coordenadas	Norte	9274368
	Este	749705
	Cota	2148msnm
Formación	Fm. Cajamarca	
Tipo de Roca	Carbonática	
Clasificación	Dunham (1962) y Embrie y Klován (1971)	



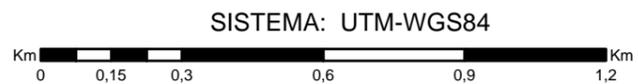
TEXTURA DEPOSICIONAL RECONOCIBLE							TEXTURA DEPOSICIONAL NO RECONOCIBLE		
COMPONENTES ORIGINALES NO UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO				COMPONENTES ORIGINALES UNIDOS DURANTE EL DEPÓSITO					
Con matriz micrítica		> 10% granos > 2 mm**		Boundstone					
Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	Esqueleto grano-soportado, sin matriz	Esqueleto matriz-soportado	Esqueleto grano-soportado	En grupos separados	Unidos entre sí	Formando una estructura rígida	Caliza cristalina	
< 10% granos	> 10% granos								
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone	
Nombre				Caliza Packstone					



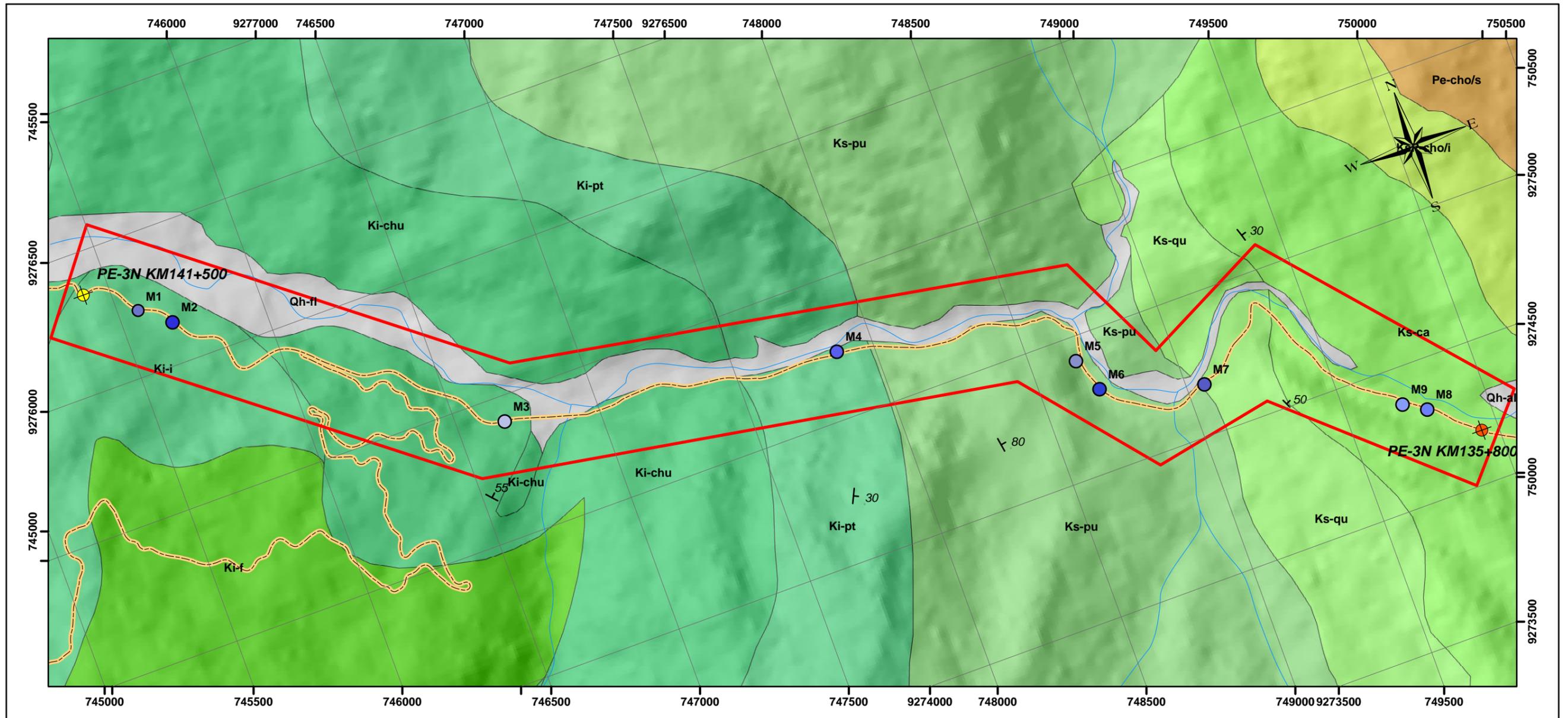
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
	TESIS: CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y	
	PLANO DE UBICACIÓN	
TESISISTA: Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	ESCALA: 1 / 20 000	P-1
ASESOR: Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	FECHA: ENERO 2025	



SIMBOLOGÍA			
Progresivas	Curvas de Nivel	Centros Poblados	Área de Investigación
PE-3N KM135+800	Curvas Menores (20m)	Drenaje	
PE-3N KM141+500	Curvas Mayores (200m)	Carretera 3N	



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
	TESIS: CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y	
PLANO TOPOGRÁFICO - MDE - SATELITAL		PLANO:
TESISISTA: Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	ESCALA: 1 / 15 000	P-2
ASESOR: Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	FECHA: ENERO 2025	



LEYENDA

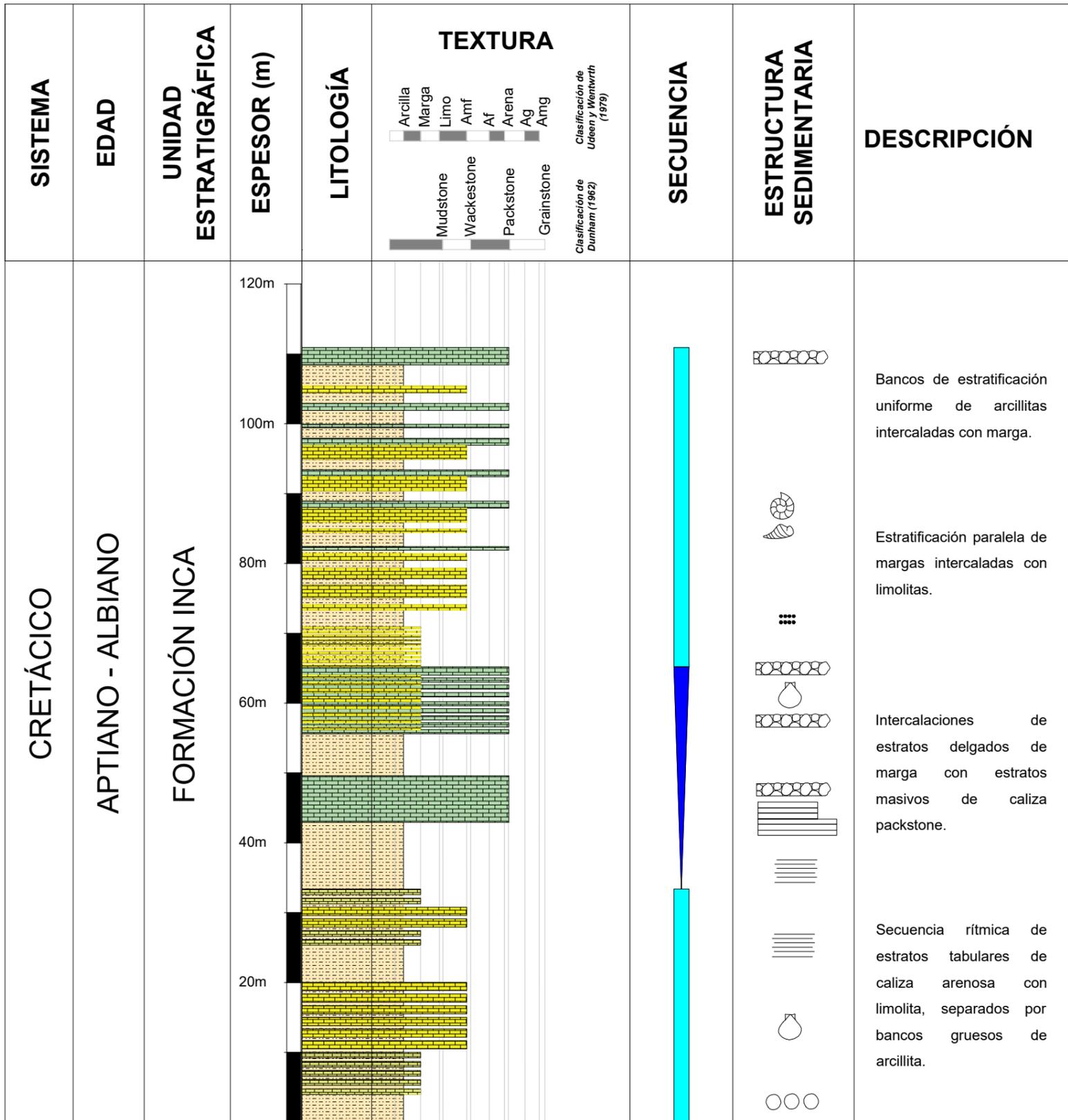
- Qh-al: Depósito aluvial
- Qh-fl: Depósito fluvial
- Pe-cho/s: Formación Chota - Miembro Superior
- KsP-cho/i: Formación Chota - Miembro Inferior
- Ks-ca: Formación Cajamarca
- Ks-qu: Grupo Quilquiñán
- Ks-pu: Grupo Pullucana
- Ki-pt: Formación Pariatambo
- Ki-chu: Formación Chúlec
- Ki-i: Formación Inca
- Ki-f: Grupo Goyllarisquizga - Formación Farrat

SIMBOLOGÍA

- | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Área de Investigación Carretera 3N Drenaje Buzamiento de estratos PE-3N KM135+800 PE-3N KM141+500 | <p>Muestras</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td> M1</td> <td> M6</td> </tr> <tr> <td> M2</td> <td> M7</td> </tr> <tr> <td> M3</td> <td> M8</td> </tr> <tr> <td> M4</td> <td> M9</td> </tr> <tr> <td> M5</td> <td></td> </tr> </table> | M1 | M6 | M2 | M7 | M3 | M8 | M4 | M9 | M5 | |
| M1 | M6 | | | | | | | | | | |
| M2 | M7 | | | | | | | | | | |
| M3 | M8 | | | | | | | | | | |
| M4 | M9 | | | | | | | | | | |
| M5 | | | | | | | | | | | |



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		PLANO: P-3
	FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y			
PLANO GEOLÓGICO			
TESISTA: Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	ESCALA: 1 / 15 000		
ASESOR: Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	FECHA: ENERO 2025		

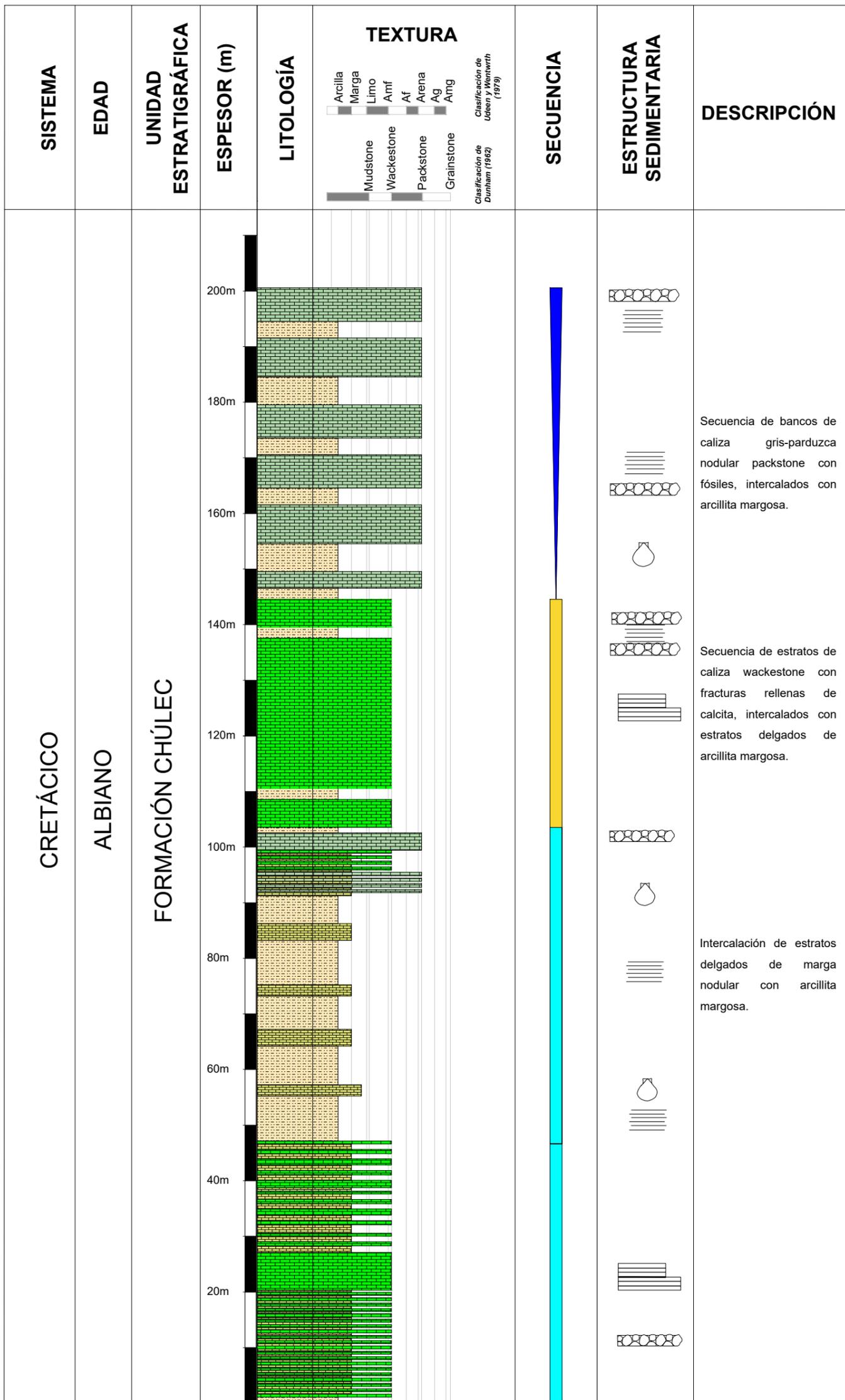


	Laminación Interna
	Nódulos
	Estructuras de carga
	Estilolitas
	Bivalvo
	Gasterópodo
	Amonite
	Equinodermo
	Granodecreciente
	Gotas de lluvia
	Grietas de disecación
	Geoda
	Lapiaz
	Superficie Nodulosa
	Estratificación lenticular
	Estratificación tabular

	Arcillita margosa
	Marga
	Caliza Arenosa
	Caliza Packstone

	Secuencia Rítmica		Secuencia Negativa
	Secuencia Uniforme		Secuencia Positiva

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA	
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
	CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS	
	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - FORMACIÓN INCA	
Tesista : Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	Escala : 1/700	C-1
Asesor : Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	Fecha : Enero 2025	

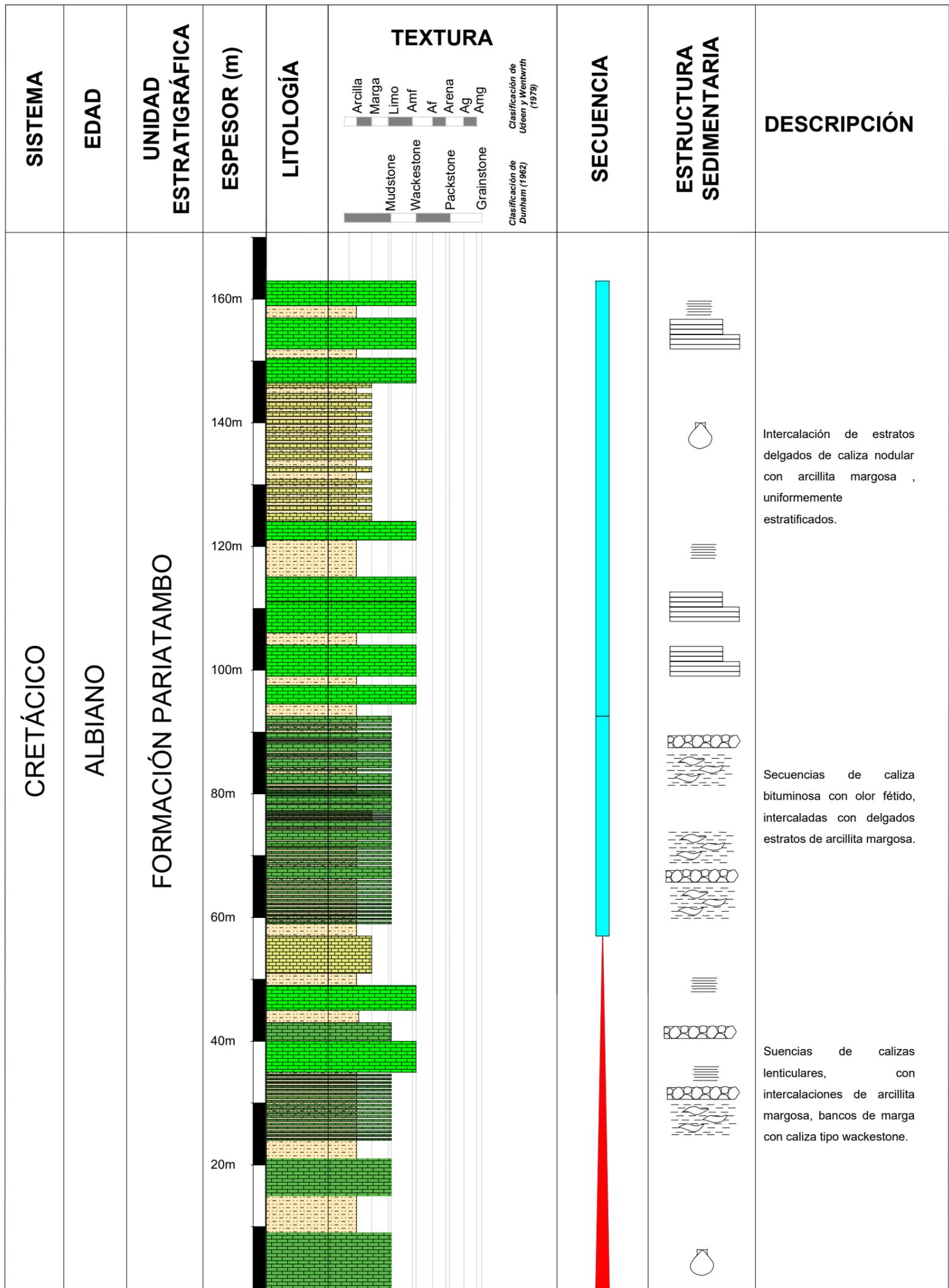


	Laminación Interna
	Nódulos
	Estructuras de carga
	Estiloilitas
	Bivalvo
	Gasterópodo
	Amonite
	Equinodermo
	Granodecreciente
	Gotas de lluvia
	Grietas de disecación
	Geoda
	Lapiaz
	Superficie Nodulosa
	Estratificación lenticular
	Estratificación tabular

	Arcillita margosa
	Marga
	Caliza Wackestone
	Caliza Packstone

	Secuencia Rítmica		Secuencia Negativa
	Secuencia Uniforme		Secuencia Positiva

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA	
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
	CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS	
	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA – FORMACIÓN CHULEC	
Tesista : Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	Escala : 1/800	Plano C-2
Asesor : Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	Fecha : Enero 2025	

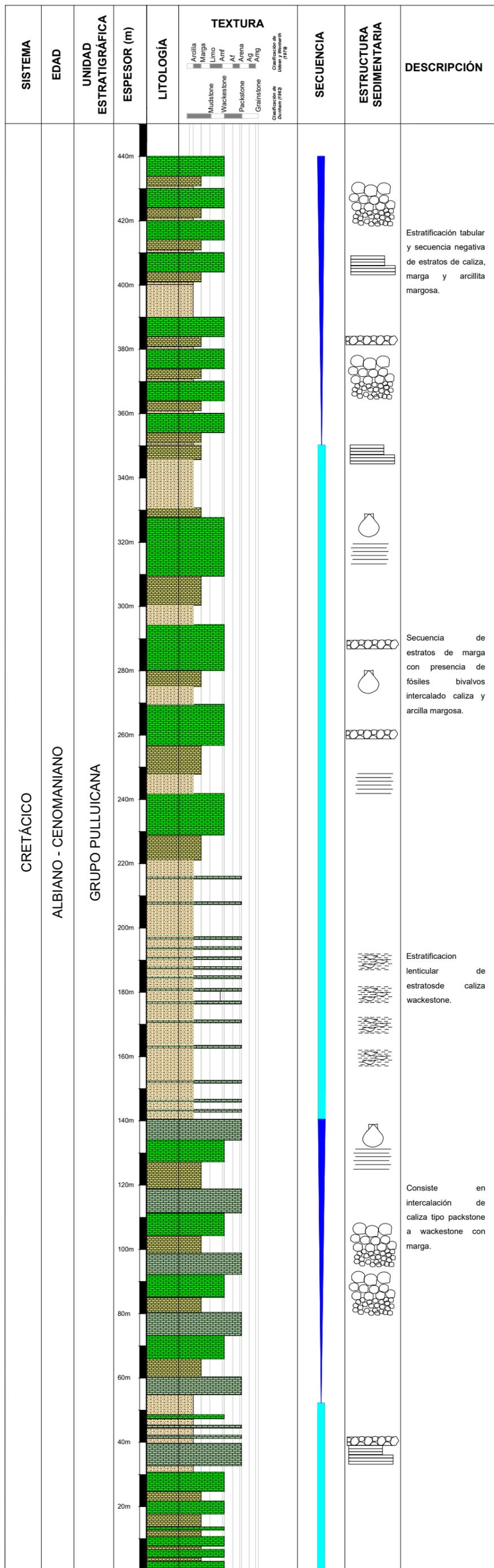


	Laminación Interna
	Nódulos
	Estructuras de carga
	Estilolitas
	Bivalvo
	Gasterópodo
	Amonite
	Equinodermo
	Granodrecreinte
	Gotas de lluvia
	Grietas de disecación
	Geoda
	Lapiaz
	Superficie Nodulosa
	Estratificación lenticular
	Estratificación tabular

	Arcillita margosa
	Marga
	Caliza Mudstone
	Caliza Wackestone

	Secuencia Rítmica		Secuencia Negativa
	Secuencia Uniforme		Secuencia Positiva

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA		
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
	CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS		
	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - FORMACIÓN PARIATAMBO		
Tesista :	Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	Escala :	1/700
Aesor :	Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	Fecha :	Enero 2025
Plano			C-3

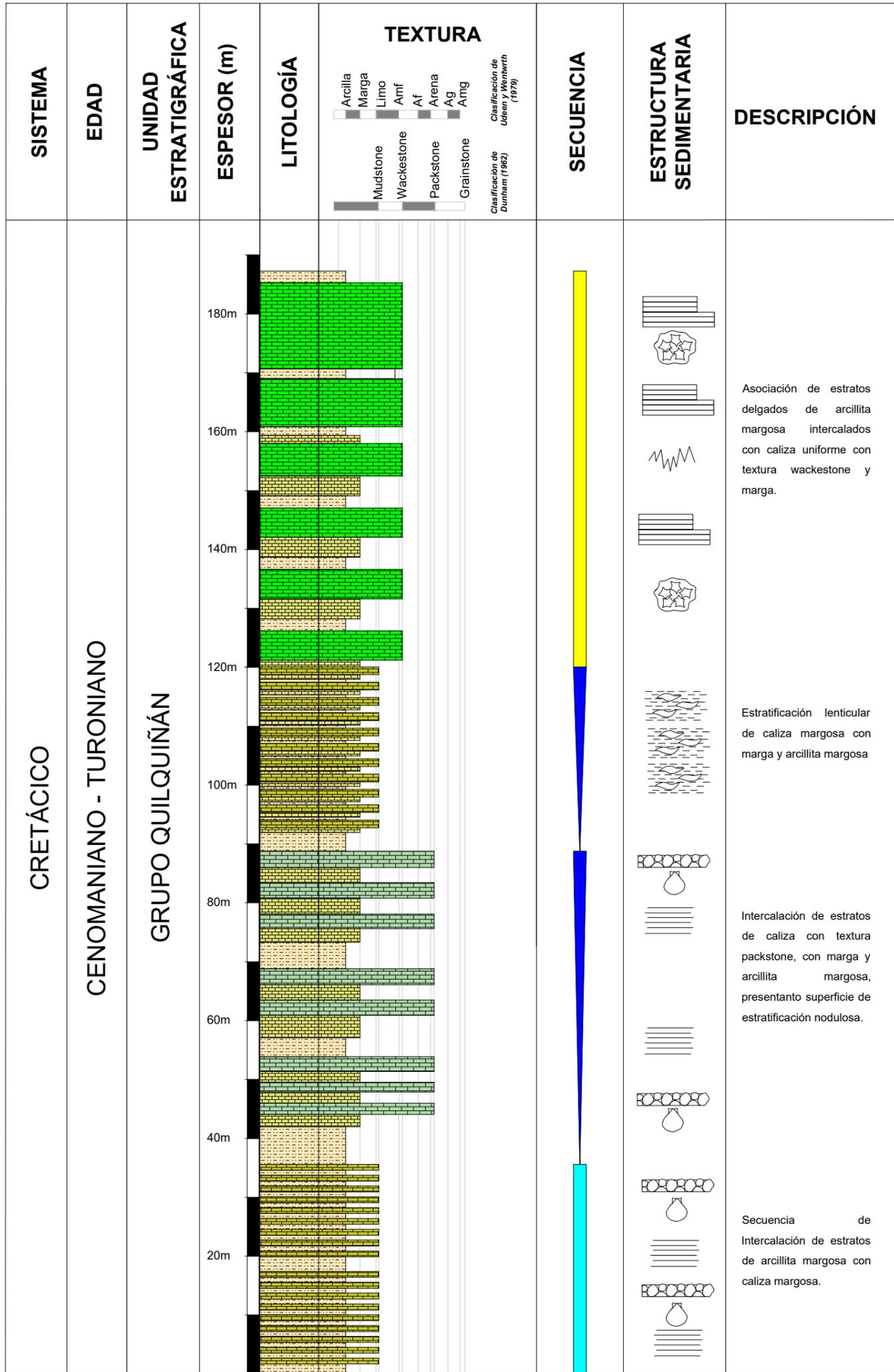


	Secuencia Rítmica		Secuencia Negativa
	Secuencia Uniforme		Secuencia Positiva

	Laminación Interna
	Nódulos
	Estructuras de carga
	Estilolitas
	Bivalvo
	Gasterópodo
	Amonite
	Equinodermo
	Granodecreciente
	Gotas de lluvia
	Grietas de disecación
	Geoda
	Lapiaz
	Superficie Nodulosa
	Estratificación lenticular
	Estratificación tabular

	Arcillita Margosa
	Marga
	Caliza Wackestone
	Caliza Packstone

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA	
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
	CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS	
	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - GRUPO PULLUICANA	
Tesista : Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	Escala : 1/1300	Plano C-4
Asesor : Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	Fecha : Enero 2025	

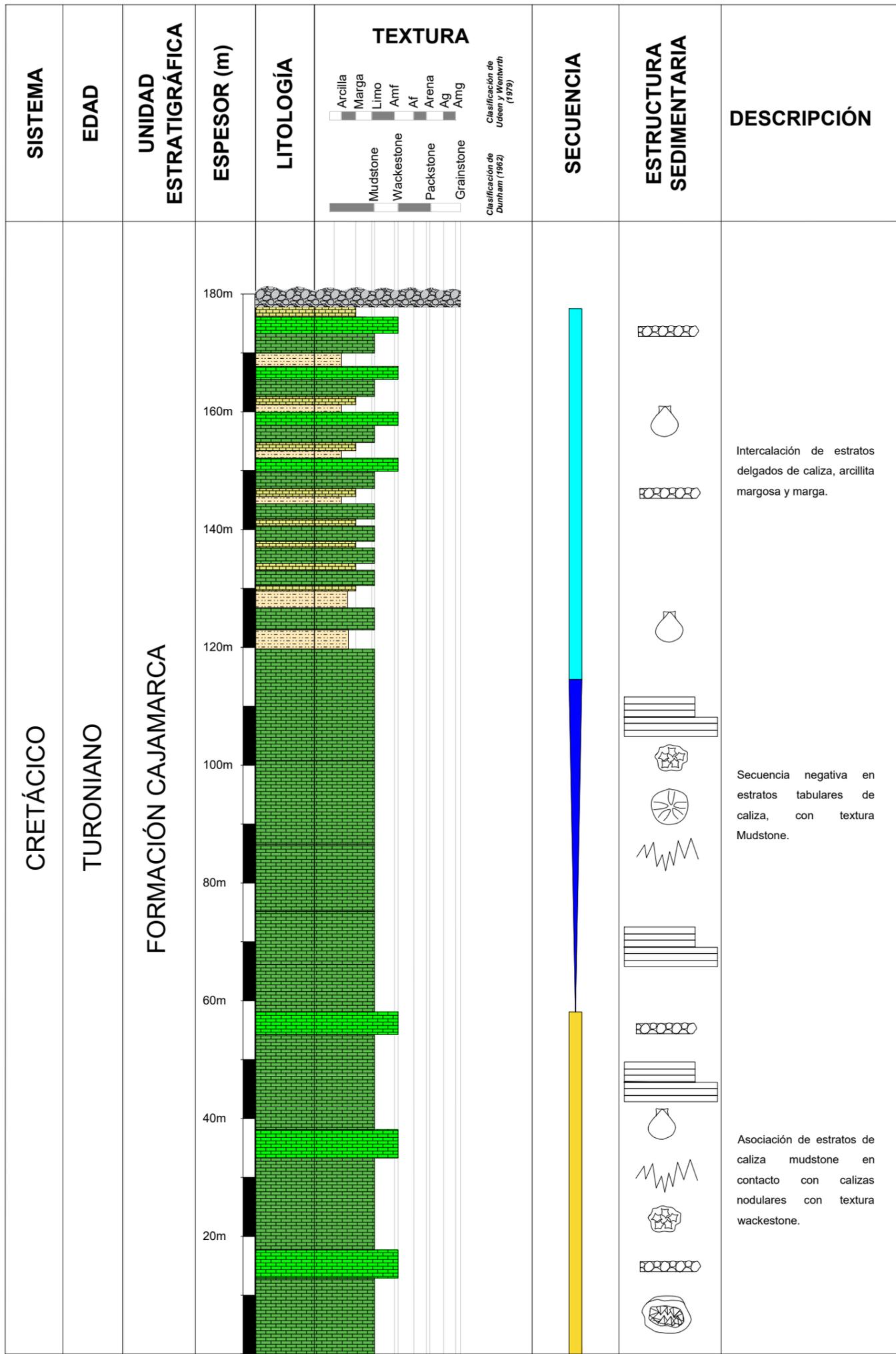


	Laminación Interna
	Nódulos
	Estructuras de carga
	Estilolitas
	Bivalvo
	Gasterópodo
	Amonite
	Equinodermo
	Granodecreciente
	Gotas de lluvia
	Grietas de desecación
	Geoda
	Lapiaz
	Superficie Nodulosa
	Estratificación lenticular
	Estratificación tabular

	Arcillita Margosa
	Marga
	Caliza Margosa
	Caliza Wackestone
	Caliza Packstone

	Secuencia Rítmica		Secuencia Negativa
	Secuencia Uniforme		Secuencia Positiva

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA	
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS		Plano
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA – GRUPO QUILQUIÑÁN		C-5
Tesista : Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	Escala : 1/800	
Asesor : Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	Fecha : Enero 2025	

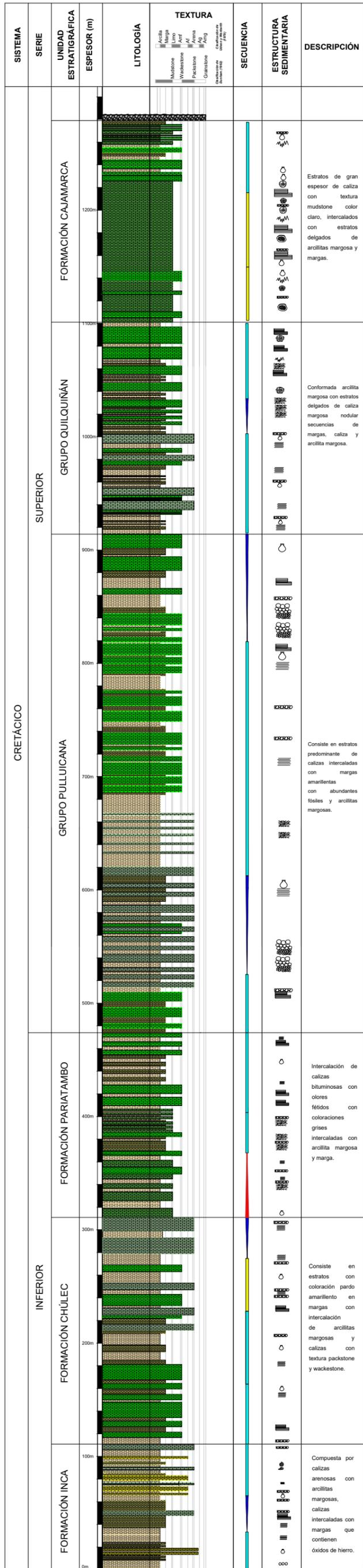


	Laminación Interna
	Nódulos
	Estructuras de carga
	Estilolitas
	Bivalvo
	Gasterópodo
	Amonite
	Equinodermo
	Granodecreciente
	Gotas de lluvia
	Grietas de disecación
	Geoda
	Lapiaz
	Superficie Nodulosa
	Estratificación lenticular
	Estratificación tabular

	Depósito Fluvial
	Marga
	Limolita Margosa
	Caliza Mudstone
	Caliza Wackestone

	Secuencia Rítmica		Secuencia Negativa
	Secuencia Uniforme		Secuencia Positiva

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	
	CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS	Plano C-6
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA – FORMACIÓN CAJAMARCA		
Tesista : Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN	Escala : 1/800	
Asesor : Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN	Fecha : Enero 2025	



[Círculo azul]	Secuencia Rítmica	[Triángulo azul invertido]	Secuencia Negativa
[Círculo amarillo]	Secuencia Uniforme	[Triángulo rojo invertido]	Secuencia Positiva

[Líneas horizontales]	Laminación Interna
[Círculos]	Nódulos
[Línea ondulada]	Estructuras de carga
[Línea zigzag]	Estilolitas
[Forma bivalvo]	Bivalvo
[Forma gasterópodo]	Gasterópodo
[Forma amonite]	Amonite
[Forma equinodermo]	Equinodermo
[Forma granodreciente]	Granodreciente
[Forma gotas de lluvia]	Gotas de lluvia
[Forma grietas de disección]	Grietas de disección
[Forma geoda]	Geoda
[Forma lapiaz]	Lapiaz
[Forma superficie nodulosa]	Superficie Nodulosa
[Forma estratificación lenticular]	Estratificación lenticular
[Forma estratificación tabular]	Estratificación tabular

[Patrón de depósitos]	Depósito Fluvial
[Patrón de arcillita]	Arcillita Margosa
[Patrón de marga]	Marga
[Patrón de caliza mudstone]	Caliza Mudstone
[Patrón de caliza arenosa]	Caliza Arenosa
[Patrón de caliza wackestone]	Caliza Wackestone
[Patrón de caliza packstone]	Caliza Packstone

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA		Plano C-7
	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
	CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N KM135+800 A KM141+500 EN LOS DISTRITOS DE COCHABAMBA Y LAJAS		
	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL CRETÁCICO		
Tesis : Bach. LINARES SAMAMÉ MARLYTH EVELYN		Escala : 1/1800	
Asesor : Dr. QUISPE MAMANI CRISPÍN ZENÓN		Fecha : Mayo 2025	